

**Efektywność  
energetyczna  
w rolnictwie  
europejskim  
– studium  
przypadków**



# **Efektywność energetyczna w rolnictwie europejskim – studium przypadków**

**pod redakcją  
Janusza  
Gołaszewskiego**



Kolegium Wydawnicze UWM  
Przewodniczący  
ZBIGNIEW CHOJNOWSKI

Zespół autorów (alfabetycznie)

JUKKA AHOKAS, ATHANASIOS BALAFOUTIS, FÁTIMA BAPTISTA, DEMETRES BRIASSOULIS,  
ZBIGNIEW BRODZIŃSKI, FRIDTJOF DE BUISSONJE, TOMMY DALGAARD, HILKO ELLEN,  
JUSSI ESALA, JANUSZ GOŁASZEWSKI, TAPANI JOKINIEMI, HASAN JUBAER, ARIE KLOP,  
MHRIO LOURO, CLAUDIA LUTSYUK, CARLOS MARQUES, ANDREAS MEYER-AURICH,  
HANNU MIKKOLA, ANTONIS MISTRIOTIS, DINA MURCHO, RYSZARD MYHAN,  
EWELINA OLBA-ZIĘTY, PANAGIOTIS PANAGAKIS, GEORGIOS PAPADAKIS, JOSÉ OLIVEIRA PECA,  
MARI RAJANIEMI, LUKAS SCHOLZ, JOAO SERRANO, JOSÉ RAFAEL SILVA, LUIS LEOPOLDO SILVA,  
CECILIA STANGHELLINI, MARIUSZ STOLARSKI, CHRIS DE VISSER, MARCEL VAN DER VOORT,  
HARM WEMMENHOVE, HANNU YLI-KOJOLA, THOMAS ZIEGLER

Zespół edytorski

JANUSZ GOŁASZEWSKI, MARIUSZ STOLARSKI, EWELINA OLBA-ZIĘTY, ZBIGNIEW BRODZIŃSKI,  
RYSZARD MYHAN, MARIUSZ DUBICKI

Recenzent

ANNA GRZYBEK

Monografia została opracowana w ramach projektu  
„Agriculture and Energy Efficiency” – 289139  
7 Program Ramowy  
FP-KBBE-2011-5

**ISBN 978-83-7299-845-3**

© Copyright by Wydawnictwo UWM • Olsztyn 2013

Wydawnictwo UWM  
ul. Jana Heweliusza 14, 10-718 Olsztyn  
tel. 89 523 36 61, fax 89 523 34 38  
[www.uwm.edu.pl/wydawnictwo/](http://www.uwm.edu.pl/wydawnictwo/)  
e-mail: [wydawca@uwm.edu.pl](mailto:wydawca@uwm.edu.pl)

---

Ark. wyd. 28,62; ark. druk. 24,25  
Druk: Zakład Poligraficzny UWM w Olsztynie, zam. 548

## Spis treści

Słowniczek pojęć i znaczenie skrótów/symboli/jednostek stosowanych w tekście	11
Od Redaktora .....	15
<b>Aktualny stan efektywności energetycznej w rolnictwie Unii Europejskiej</b>	19
Streszczenie .....	19
Przedmowa .....	22
1.1. Wprowadzenie .....	22
1.2. Rolnictwo w gospodarce krajowej państw partnerskich .....	23
1.3. Rolnictwo w krajowym zużyciu energii .....	25
1.4. Energia zakumulowana w środkach produkcji rolniczej .....	26
1.5. Metodyka .....	29
1.5.1. Bezpośrednie nakłady energetyczne .....	31
1.5.2. Pośrednie nakłady energetyczne .....	32
1.5.3. Energia zakumulowana w produktach rolniczych .....	33
1.6. Nakłady energetyczne w subsektorach produkcji rolniczej .....	34
1.6.1. Produkcja roślinna – punkty kluczowe .....	34
1.6.2. Pszenica .....	37
1.6.3. Burak cukrowy .....	40
1.6.4. Ziemniak .....	41
1.6.5. Słonecznik .....	43
1.6.6. Bawełna .....	45
1.6.7. Produkcja szklarniowa – punkty kluczowe .....	46
1.6.8. Pomidor .....	48
1.6.9. Ogórek .....	49
1.6.10. Papryka .....	51
1.6.11. Produkcja roślin wieloletnich – punkty kluczowe .....	51
1.6.12. Oliwka .....	53
1.6.13. Winorośl .....	54
1.6.14. Produkcja zwierzęca – punkty kluczowe .....	56
1.6.15. Bydło mleczne .....	58
1.6.16. Trzoda chlewna .....	59
1.6.17. Brojlery .....	60
1.7. Całkowite zużycie energii pierwotnej w sektorach rolnictwa .....	62
1.8. Bibliografia .....	63
1.9. Załączniki .....	68
Załącznik 1. Warianty systemów produkcji rolniczej w zależności od nakładów energetycznych .....	68
Załącznik 2 – Ekwiwalenty energetyczne .....	73

<b>Rolnictwo a efektywność energetyczna – analiza makro i mikrootoczenia</b>	75
2.1. Wprowadzenie .....	75
2.2. Cel i metoda .....	75
2.3. Rolnictwo w Polsce .....	76
2.4. Siły sprawcze poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie .....	78
2.4.1. Czynniki polityczne i legislacyjne .....	80
2.4.2. Czynniki demograficzne .....	81
2.4.3. Czynniki społeczne .....	82
2.4.4. Czynniki ekonomiczne .....	84
2.4.4.1. Ceny produktów rolniczych .....	84
2.4.4.2. Ceny gruntów rolnych .....	84
2.4.4.3. Niewłaściwe użytkowanie gruntów .....	85
2.4.4.4. Ceny energii .....	85
2.4.4.5. Zarobki w rolnictwie .....	86
2.4.4.6. Dopłaty .....	86
2.4.5. Czynniki gospodarcze a potencjał efektywności ekonomicznej .....	86
2.4.6. Czynniki technologiczne .....	87
2.4.7. Czynniki sfery badawczo-rozwojowej .....	88
2.4.8. Czynniki ekologiczne .....	90
2.4.9. Znaczenie czynników makrootoczenia w perspektywie krótko- i długoterminowej .....	90
2.5. Podmioty, grupy wpływów .....	92
2.6. Bariery .....	97
2.6.1. Bariery natury ogólnej .....	97
2.6.1.1. Niekorzystne uwarunkowania kursowe .....	97
2.6.1.2. Przeszarżały sektor energetyczny .....	98
2.6.1.3. Brak dywersyfikacji źródeł dostaw paliw .....	98
2.6.1.4. Niedopasowanie na rynku pracy .....	99
2.6.2. Bariery we wprowadzaniu efektywności energetycznej w rolnictwie ...	99
2.6.2.1. Infrastruktura energetyczna na obszarach wiejskich .....	99
2.6.2.2. Infrastruktura społeczna .....	100
2.6.2.3. Brak właściwej informacji o polityce efektywności energetycznej	100
2.6.2.4. Bariery finansowe .....	100
2.6.2.5. Potencjał ludzki .....	101
2.6.2.6. Słaby rozwój lokalnych usług technicznych .....	101
2.6.2.7. Ograniczone wsparcie polityczne .....	101
2.6.2.8. Rozdrobnienie gospodarstw .....	102
2.6.3. Inne bariery .....	102
2.7. Bibliografia .....	102
2.8. Załączniki .....	102
Załącznik 3: Otwarta lista potencjalnych podmiotów otoczenia wdrażania efektywności energetycznej w rolnictwie w Polsce .....	102
Załącznik 4: Lista innych ograniczeń poprawy efektywności energetycznej i oszczędności energii w praktyce rolniczej .....	109

<b>Otoczenie zewnętrzne efektywności energetycznej w rolnictwie Unii Europejskiej – studium przypadków</b> .....	111
3.1. Finlandia .....	111
3.2. Niemcy .....	112
3.3. Grecja .....	113
3.4. Holandia .....	115
3.5. Polska .....	118
3.6. Portugalia .....	121
<b>Miary oszczędności energii w rolnictwie</b> .....	123
Wnioski kluczowe .....	123
Streszczenie .....	124
4.1. Wprowadzenie .....	126
4.2. Dane .....	128
4.3. Wyniki badań .....	131
4.3.1. Ogólna kategoryzacja miar oszczędności .....	131
4.3.2. Działania energooszczędne według działów rolnictwa .....	136
4.3.3. Działania energooszczędne w uprawie roślin jednorocznych .....	139
4.3.4. Działania energooszczędne w uprawie roślin wieloletnich .....	141
4.3.5. Działania energooszczędne w produkcji szklarniowej .....	142
4.3.6. Działania energooszczędne w produkcji zwierzęcej .....	144
4.4. Podsumowanie .....	145
4.5. Załączniki .....	146
Załącznik 5: Raporty krajowe – kategoryzacja miar oszczędności energii .....	146
Raport 1: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Finlandii .....	148
Raport 2: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Niemczech .....	151
Raport 3: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Grecji .....	156
Raport 4: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Holandii .....	168
Raport 5: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Polsce .....	181
Raport 6: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Portugalii .....	188
<b>Analiza ekonomiczna i środowiskowa działań z zakresu efektywności energetycznej w rolnictwie</b> .....	195
Streszczenie .....	195
5.1. Wstęp .....	199
5.2. Miary efektywności energetycznej w rolnictwie .....	200
5.2.1. Uproszczona uprawa roli i system sterowania ruchem maszyn rolniczych (Controlled Traffic Farming CTF) .....	201

5.2.2. Waloryzacja strumienia odpadów i produktów ubocznych .....	201
5.2.3. Miary oszczędności energii w procesach magazynowania, suszenia, wentylacji i chłodzenia płodów rolnych .....	202
5.2.4. Systemy nawadniania .....	203
5.2.5. Gospodarka nawozowa (mniejsze dawki, rolnictwo precyzyjne) .....	204
5.2.6. Budynki (lekka konstrukcja, izolacja) .....	204
5.2.7. Usprawnianie efektywności energetycznej w systemach produkcji zwierzęcej .....	204
5.3. Metodyka analizy miar oszczędności energii w kontekście poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie oraz powiązania z ekonomiką produkcji i oddziaływaniem na środowisko .....	205
5.3.1. Modelowanie systemów rolniczych w ocenie kosztów alternatywnych w analizowanych studiach przypadków .....	205
5.3.2. Oceny oszczędności energii i redukcji emisji gazów cieplarnianych w powiązaniu z miarami oszczędności energii .....	207
5.3.3. Oceny oszczędności kosztów w powiązaniu z miarami oszczędności energii .....	207
5.4. Studia przypadków .....	207
5.4.1. Studium przypadków – polowa produkcja roślinna .....	208
5.4.1.1. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy w Niemczech	208
5.4.1.2. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy w Finlandii ..	213
5.4.1.3. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy w Polsce (warunki województwa warmińsko-mazurskiego) .....	220
5.4.1.4. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy, buraka cukrowego i ziemniaka w Holandii .....	226
5.4.1.5. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy w Portugalii	235
5.4.1.6. Miary oszczędności energii w systemie zmianowania pszenicabawełna w Grecji .....	244
5.4.1.7. Posumowanie analizy efektów alternatywnych w studiach przypadków roślinnej produkcji polowej .....	255
5.4.2. Systemy produkcji mleka i wołowiny – studium przypadków w analizie efektywności energetycznej .....	256
5.4.2.1. Miary oszczędności energii w produkcji mleka w Polsce .....	256
5.4.2.2. Działania energooszczędne w produkcji mleka w Holandii ....	260
5.4.2.3. Miary efektywności energetycznej w produkcji bydła mlecznego w Portugalii .....	264
5.4.2.4. Działania energooszczędne w produkcji mleka w Finlandii ...	270
5.4.2.5. Posumowanie analizy efektów alternatywnych w studiach przypadków dotyczących produkcji mleka .....	274
5.4.3. Studia przypadków – systemy produkcji trzody chlewnej i drobiu ....	275
5.4.3.1. Studium przypadków związane z miarami oszczędności energii w produkcji brojlerów w Polsce .....	275
5.4.3.2. Analiza przypadków – systemy produkcji trzody chlewnej i drobiu w Holandii .....	279



5.4.3.3. Analiza przypadków – systemy produkcji trzody chlewnej i drobiu w Portugalii .....	285
5.4.3.4. Miary efektywności energetycznej w produkcji mięsa drobiowego i wieprzowego w Finlandii .....	293
5.4.3.5. Podsumowanie analizy efektów alternatywnych (trade-off) wynikającej ze studiów przypadków systemów produkcji żywca wieprzowego i drobiowego .....	303
5.4.4. Studia przypadków – systemy produkcji szklarniowej .....	308
5.4.4.1. Studia przypadków – systemy produkcji szklarniowej w Holandii	308
5.4.4.2. Miary oszczędności energii w produkcji szklarniowej w Grecji ..	315
5.4.4.3. Względny udział różnych miar efektywności energetycznej w zużyciu energii, kosztach produkcji i emisji gazów cieplarnianych	325
5.4.4.4. Miary efektywności energetycznej w produkcji szklarniowej pomidora w Portugalii .....	328
5.4.4.5. Posumowanie analizy efektów alternatywnych (trade-off) w produkcji szklarniowej .....	336
5.4.5. Studia przypadków – systemy produkcji w uprawach wieloletnich .....	338
5.4.5.1. Miary efektywności energetycznej produkcji winorośli w Niemczech .....	338
5.4.5.2. Działania energooszczędne w winnicach Grecji .....	340
5.4.5.3. Działania energooszczędne w winnicach Portugalii .....	350
5.4.5.4. Miary efektywności energetycznej w gajach oliwnych w Grecji	357
5.4.5.5. Miary efektywności energetycznej w produkcji oliwek w Portugalii	367
5.4.5.6. Posumowanie analizy efektów alternatywnych (trade-off) w systemach produkcji roślin wieloletnich .....	374
5.5. Podsumowanie i wnioski .....	376
5.6. Bibliografia .....	379



## Słowniczek pojęć i znaczenie skrótów/symboli/ jednostek stosowanych w tekście

Energia	Energy	Wszystkie formy produktów energetycznych (elektryczność, ciepło, paliwa palne, energia odnawialna, i inne formy energii).
Konsumpcja energii pierwotnej	Primary energy consumption	Zużycie energii zawartej w pierwotnych nośnikach energii pozyskiwanych z zasobów kopalnych lub odnawialnych.
Konsumpcja energii pierwotnej w rolnictwie	Primary energy consumption (PEC) in agriculture	Energia wykorzystana w procesie produkcji rolniczej (w obrębie działalności gospodarstwa rolniczego), w tym energia wszystkich pośrednich nakładów energetycznych.
Konsumpcja energii finalnej	Final energy consumption	Energia lub paliwa zużyte w procesie produkcji; może być pierwotna (np. gaz ziemny, węgiel, biomasa) lub przetworzona (np. elektryczność, diesel).
Całkowite nakłady energetyczne	Total energy input	Obejmuje bezpośrednie i pośrednie nakłady energetyczne poniesione w procesie produkcji.
Bezpośrednie nakłady energetyczne	Direct energy input	Zużycie energii elektrycznej i ciepłej oraz paliw transportowych.
Pośrednie nakłady energetyczne	Indirect energy input	Zużycie energii zakumulowanej w środkach produkcji, w tym m.in. w nawozach syntetycznych i pestycydach stosowanych w produkcji roślinnej, lub też m.in. w wyprodukowanych paszach, dodatkach paszowych i środkach weterynaryjnych wykorzystanych w produkcji zwierzęcej.
Specyficzne nakłady energetyczne	Specific energy input	Iloraz całkowitych nakładów energetycznych w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, np. GJ ha <sup>-1</sup> , lub na wytworzenie jednostki produktu, np. GJ t <sup>-1</sup> .
Energochłonność	Embodied energy	Relacja nakładów energetycznych do efektów produkcyjnych.
Efektywność energetyczna	Energy efficiency	Iloraz między efektem produkcyjnym, usługowym, towarowym lub energetycznym do nakładu energetycznego.
Poprawa efektywności energetycznej	Energy efficiency improvement	Wzrost efektywności wykorzystania energii finalnej jako wynik zmian technologicznych, behawioralnych i/lub ekonomicznych.
Poprawa efektywności energetycznej w rolnictwie	Energy efficiency in agriculture improvement	Obniżenie zużycia energii pierwotnej na produkcję jednostki produktu rolniczego (wyrażoną w jednostkach masy lub objętości) w obrębie gospodarstwa.
Oszczędność energii	Energy saving	Ilościowa redukcja specyficznego nakładu energetycznego na wytworzenie produktu lub usługi.
Miara oszczędności energii	Energy saving measure	Działanie mające na celu oszczędność energii.
Użytki rolne	UAA – Utilized Agricultural Area	Wszystkie tereny (grunty) wykorzystywane do produkcji roślinnej, ogrodniczej i zwierzęcej.

Ocena cyklu życia	LCA – Life Cycle Analysis	Technika oceny cyklu życia produktu/procesu mająca na celu ocenę zagrożeń środowiskowych.
Model analizy nakładów „do bramy wyjazdowej z gospodarstwa”	Model „pre-farm gate”	Model analizy nakładów ograniczający analizę do nakładów na wyprodukowanie surowca/produktu rolniczego na poziomie gospodarstwa rolniczego („do bramy wyjazdowej z gospodarstwa”) – nie uwzględnia przetwórstwa rolno-spożywczego.
Jednostka/układ kogeneracyjny	CHP – Combined Heat and Power	Jednostka/układ generujący energię elektryczną i ciepłą jednocześnie.
SD	LU – Livestock Unit	Sztuka Duża – jednostka przeliczeniowa inwentarza.
PKB – Produkt Krajowy Brutto	GDP – Gross Domestic Product	Produkt Krajowy Brutto – wartość dóbr i usług końcowych wytworzonych na terenie kraju w ciągu roku.
WDB – Wartość dodana brutto	GVA – Gross Value Added	Wartość dodana brutto jest przyrostem wartości dóbr jako efekt działalności produkcyjnej. Wyliczana jest jako różnica między PKB a podatkami i subsydiami produkcji.
J, kJ, MJ, GJ, TJ, PJ, EJ		Dżul – J: jednostka pracy, energii i ciepła w układzie SI (1 J=0.238846 cal; 1 J=0.278·10 <sup>-6</sup> kWh), Wielokrotności: kilodżul – kJ=10 <sup>3</sup> J, megadżul – MJ=10 <sup>6</sup> J, gigadżul – GJ=10 <sup>9</sup> J, teradżul – TJ=10 <sup>12</sup> J, petadżul – PJ=10 <sup>15</sup> J, eksadżul – EJ=10 <sup>18</sup> J.
toe	Tonne of oil equivalent	tona ekwiwalentna ropy naftowej – jednostka energii odpowiadająca spaleniu jednej tony ropy naftowej (41.97 GJ). W odniesieniu do paliw odnawialnych (tpe – tonne petroleum equivalent): 45.217 GJ.
Środowisko sprzyjające/pro-efektywnościowe	Enabling environment	Kompetentne i mające moc sprawczą środowisko rozwoju i wdrażania efektywności energetycznej w rolnictwie.
Otoczenie zewnętrzne	Enabling external environment	Obejmuje elementy mikrootoczenia (podmioty, grupy wpływu), analizę w kontekście mezootoczenia (regiony) oraz makrootoczenia (czynniki rozwojowe).
Mikrootoczenie	Enabling micro-environment	Analiza mikrootoczenia, które stanowią podmioty gospodarcze i grupy wpływu krajowe i ponadnarodowe, w tym m.in. dostawcy, pośrednicy, lokalne samorządy, lokalne społeczności, agencje, organizacje, zrzeszenia, itp.
Mezootoczenie	Enabling mezo-environment	Analiza otoczenia na poziomie regionalnym.
Makrootoczenie	Enabling macro-environment	Analiza makrootoczenia obejmuje m.in. czynniki demograficzne, ekonomiczne, polityczne, prawne, społeczne, kulturowe, technologiczne, techniczne, przyrodnicze, klimatyczne, itd.

### Skróty:

- AgrEE – Rolnictwo i Efektywność Energetyczna (akronim projektu)
- AMS – Automatyczny System Udoju
- WPR (CAP) – Wspólna Polityka Rolna (Common Agricultural Policy)
- CFD – Computational Fluid Dynamics

CHPP	- Combined Heat and Power Plant
CTF	- Controlled Traffic Farming
CVT	- Continuously Variable Transmission
EE	- Efektywność Energetyczna
EL	- Grecja
EM	- Effective Microorganisms
ENGAGE	- European Network for Advanced Engineering in Agriculture and Environment
EU	- Unia Europejska
EurAgEng	- European Society of Agricultural Engineers
FI	- Finlandia
GHG	- Greenhouse Gas Emission
GPS	- Global Positioning System
GNSS	- Global Navigation Satellite System
HDPE	- High-Density PolyEthylene
ICT	- Information and Communication Technology
ISO	- International Organization for Standardization
K	- Potas
KBBE	- Knowledge-Based Bio-Economy
LDPE	- Low-Density PolyEthylene
N	- Azot
NE	- North-East (Północny Wschód)
NPK	- Azot-Fosfor-Potas
NW	- North-West (Północny Zachód)
P	- Fosfor
PAR	- Photosynthetically Active Radiation
PDO	- Protected Designation of Origin
PEC	- Zużycie Energii Pierwotnej
PP	- Polipropylen
PRODER	- Programa de Desenvolvimento Rural
PTO	- Power-Take-Off
SCAR	- Standing Committee on Agricultural Research
SE	- South-East (Południowy Wschód)
SPEC	- Specific Primary Energy Consumption
SW	- South-West (Południowy Zachód)
TMR	- Total Mixed Ration
UAA	- Utilized Agricultural Area

**Jednostki:**

°C	- stopnie Celsjusza
% w/v	- koncentracja masy (mass/volume mass in g in 100 ml solution)
CO <sub>2</sub> e	- ekwiwalent dwutlenku węgla
EUR lub €	- euro
h	- godzina
ha	- hektar = 10 000 m <sup>2</sup>
hp	- koni mechanicznych = 746 W
g	- gram = 10 <sup>-3</sup> kg
GJ	- giga dżul = 109 J
J	- dżul
K	- Kelvin
kg	- kilogram
kWh	- kilowatogodzina = 3.6 MJ
L	- litr = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
DJP/SD (LU)	- Duża Jednostka Przeliczeniowa lub Sztuka Duża (Livestock Unit)

m	- metr
ml	- millilitr = $10^{-3}$ L
MJ	- mega dżul = $10^6$ J
mg	- miligram
PJ	- peta dżul = $10^{15}$ J
PLN	- złoty polski
RPM	- liczba obrotów na minutę
t	- tona metryczna = 1000 kg
W	- wat

## Od redaktora

Efektywność energetyczna jest istotnym elementem ekonomizacji produkcji oraz zrównoważonego rozwoju gospodarczego. Z poprawą efektywności energetycznej wiąże się ograniczenie zużycia energii na wytworzenie jednostki produkcji lub usługi oraz niższe rachunki za energię i pozytywne efekty środowiskowe. O ile zagadnienie poprawy efektywności energetycznej jest powszechnie kojarzone i rozwijane w odniesieniu do sektorów przemysłu, budownictwa, energetyki lub transportu, to jak dotychczas brak jest spójnej polityki generowania oszczędności energii w rolnictwie.

Efektywność energetyczna w rolnictwie europejskim nie jest nowym tematem debaty politycznej. W 1983 roku Unia Europejska, skupiająca wtedy 9 krajów, w dokumencie „Green Europe” wskazała na systematycznie rosnące bezpośrednie i pośrednie (zakumulowane) nakłady energetyczne na produkcję rolniczą. Konsumpcja energii przez sektor rolniczy stanowiła wówczas ok. 4% zużycia energii w gospodarce EU-9. W zależności od rodzaju produkcji rolniczej udział bezpośrednich nakładów energetycznych oszacowano na 9-33%, zaś potencjał oszczędności energii na 10-15%. Wskazywano na konieczność minimalizacji nakładów energii m.in. poprzez racjonalizację wykorzystania sprzętu rolniczego, izolację termiczną budynków gospodarskich, odzysk ciepła oraz generowanie energii z odpadów na poziomie gospodarstwa. W 1994 roku w ramach europejskiego programu JOULE II określono te składowe badań i rozwoju technologii produkcji, które warunkują największe efekty oszczędnościowe. Wskazując na potencjalne źródła oszczędności energetycznych w rolnictwie zwrócono uwagę na: operacje polowe, nawadnianie, suszenie i kondycjonowanie, maszyny, urządzenia i metody zarządzania produkcją oraz integrację procesów produkcji w skali lokalnej i regionalnej. W 2009 roku, zgodnie z dyrektywą unijną 2006/32/EC, kraje członkowskie Unii Europejskiej przedstawiły narodowe programy rozwoju efektywności energetycznej (NEEAP – National Energy Efficiency Action Plan), przy czym w żadnym z nich nie przedstawiono spójnej polityki względem sektora rolnictwa. Według danych statystycznych z 2008-2009 roku rolnictwo EU-27 konsumuje 1.1 EJ energii pierwotnej. Stanowi to 2,4% ogólnego zużycia energii w gospodarce unijnej, przy dużym zróżnicowaniu między krajami Unii Europejskiej w przedziale między 0,6% a 8,1%. Wysoki odsetek nakładów energii pierwotnej na produkcję rolniczą jest silnie zróżnicowany geograficznie. Przykładowo, wysoki jest poziom bezpośrednich nakładów energetycznych w produkcji szklarniowej

w Europie Zachodniej i Północnej, na nawadnianie w krajach Europy Południowej oraz procesy suszenia i kondycjonowania płodów w Europie Północnej.

Postęp biologiczny, techniczny i technologiczny dokonujący się w produkcji rolniczej przyczynia się do zwiększenia efektywności produkcji, ale sprawia że rosną także nakłady energetyczne związane przede wszystkim z konsumpcją energii zakumulowanej w środkach produkcji. W efekcie, korzystny bilans ekonomiczny intensywnej produkcji rolniczej nie musi przekładać się na korzystny bilans energetyczny i środowiskowy (emisje). Oznacza to potrzebę budowania takiej polityki efektywności energetycznej w rolnictwie, w której efekty produkcyjne rozważane są z punktu widzenia racjonalizacji nakładów energetycznych i minimalizacji oddziaływań środowiskowych zgodnie z zasadą „win-win” (sytuacja, w której nie ma przegranych).

Poziom konsumpcji energii i wdrażanie oszczędności energetycznych na poziomie gospodarstwa rolniczego warunkowane są wieloma czynnikami. Mogą one wynikać z decyzji rządowych dotyczących całej gospodarki, określających cele oszczędnościowe oraz poziom redukcji emisyjności gazów cieplarnianych, ale także z rynkowych uwarunkowań technologicznych i socjoekonomicznych. Przykładowo, ograniczenie zużycia energii może wynikać z wprowadzania innowacji technologicznych, co powinno przekładać się na zwiększenie wydajności produkcji i poprawę efektywności energetycznej. Na rozwój techniczny i technologiczny produkcji rolniczej mają wpływ uwarunkowania rynkowe produkcji, w tym ceny energii, środków produkcji oraz produktów i usług rolniczych. Wymiar społeczny efektywności energetycznej produkcji rolniczej wynika z działalności wielu podmiotów w łańcuchu powiązań rynkowych, ale także z działalności różnego rodzaju instytucji otoczenia, w tym banków, jednostek badawczo-rozwojowych, czy też organizacji pozarządowych. Zatem, w dążeniu do poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie istotne są zarówno wymienione determinanty rozwojowe, jak i wszyscy potencjalni partnerzy rynku produkcji i produktów rolniczych.

Podstawą niniejszego opracowania były dane i materiały źródłowe zawarte w raportach z realizacji projektu AgrEE – Agriculture & Energy Efficiency, w tym dotyczące analizy: stanu efektywności energetycznej w rolnictwie, miar oszczędności energetycznej w rolnictwie, podmiotów rynku wdrażania efektywności energetycznej w rolnictwie oraz studium przykładów praktycznych budowania oszczędności energetycznej analizowanych w kontekście energetycznym, ekonomicznym i środowiskowym. W szczególności opracowanie zawiera:

- 1) analizę stanu efektywności energetycznej w rolnictwie Unii Europejskiej z uwzględnieniem kluczowych i jednocześnie najbardziej energochłonnych sektorów produkcji rolniczej oraz specyfiki produkcji w różnych warunkach klimatycznych,

- 2) przegląd potencjalnych miar oszczędności energii w produkcji rolniczej skategoryzowanych z punktu widzenia rodzaju nakładów energetycznych,



ważności w kontekście potencjału oszczędności, prac badawczych i możliwości implementacji, a także kosztów inwestycyjnych i okresu zwrotu,

3) podmiotów rynkowych uczestniczących w kreowaniu środowiska sprzyjającego wdrażaniu efektywności energetycznej w rolnictwie,

4) studium przypadków – przykłady implementacji oszczędności energetycznej w praktyce krajów Unii Europejskiej wraz z analizą energetyczną, ekonomiczną i środowiskową w relacjach „win-win” oraz efektami subsydiowania (trade-off).

Budowanie polityki w zakresie efektywności energetycznej w rolnictwie oraz określenie platformy współpracy potencjalnych partnerów tworzących środowisko sprzyjające wdrażaniu oszczędności energii w rolnictwie jest istotnym elementem zrównoważonego rozwoju rolnictwa. Wnioski wynikające z niniejszego opracowania określają potencjał efektywności energetycznej w rolnictwie Unii Europejskiej w perspektywie krótko- i długookresowej oraz w powiązaniu z efektami ekonomicznymi i środowiskowymi:

- wykorzystanie energii w rolnictwie jest zagadnieniem o dużo większym znaczeniu, aniżeli wynika to z oficjalnych statystyk Unii Europejskiej dotyczących zużycia energii w rolnictwie,

- są zasadnicze różnice w intensywności energetycznej rolnictwa między krajami Unii Europejskiej oraz w nakładach energetycznych na określoną produkcję rolniczą,

- w produkcji roślinnej duże znaczenie mają pośrednie nakłady energetyczne związane z nawożeniem azotowym, zaś w produkcji zwierzęcej – nakłady związane z wytwarzaniem pasz,

- w produkcji szklarniowej krajów Europy Północno-Zachodniej zasadniczym źródłem poprawy efektywności energetycznej jest redukcja bezpośrednich nakładów energii,

- analiza zinventaryzowanych miar oszczędności energetycznej wskazuje na wysoki potencjał poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie, przy czym większość tych miar jest powiązana z procesem produkcyjnym, inwestycjami kapitałowymi i systemem produkcji rolniczej,

- implementacja wielu miar oszczędności energetycznej wymaga relatywnie małych nakładów inwestycyjnych,

- wśród czynników poprawy efektywności energetycznej dominują czynniki ekonomiczne (poziom i relacje cen), zaś oszczędności energetyczne wymagają rozważania w kategoriach relacji 1) „win-win” – korzystnej z punktu widzenia opłacalności produkcji, racjonalizującej nakłady energetyczne i minimalnego oddziaływania na środowisko oraz 2) trade-off – obrazującej substytucyjność między efektami nakładów energetycznych a stroną ekonomiczną i środowiskową produkcji rolniczej.

*Janusz Gołaszewski*



# Aktualny stan efektywności energetycznej w rolnictwie Unii Europejskiej

Janusz Gołaszewski,	University of Warmia and Mazury
Chris de Visser	Wageningen UR
Zbigniew Brodziński, Ryszard Myhan, Ewelina Olba-Zięty, Mariusz Stolarski	University of Warmia and Mazury
Fridtjof de Buissonje, Hilko Ellen, Cecilia Stanghellini, Marcel van der Voort	Wageningen UR
Fátima Baptista, Luís Leopoldo Silva, Dina Murcho	University of Evora
Andreas Meyer-Aurich, Thomas Ziegler	Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim
Jukka Ahokas, Tapani Jokiniemi, Hannu Mikkola, Mari Rajaniemi	University of Helsinki
Athanasios Balafoutis, Demetres Briassoulis, Antonis Mistriotis, Panagiotis Panagakis, Georgios Papadakis	Agricultural University of Athens

## Streszczenie

Nadrzędnym celem wysiłków podejmowanych w kierunku ograniczenia zużycia energii niezbędnej do wytworzenia produktów i usług jest poprawa efektywności energetycznej. W rolnictwie, ogólny termin 'efektywność energetyczna' jest wypadkową zmian w technologii produkcji, w zarządzaniu produkcją rolną, uwarunkowaniach klimatycznych zarówno w szerszej, globalnej skali jak i w skali lokalnej, a także zmian wynikających z polityki efektywności energetycznej kreowanej przez poszczególne kraje unijne i przez Unię Europejską, łącznie ze Wspólną Polityką Rolną. Nie ma uniwersalnego wskaźnika lub miary oszczędności energetycznej charakteryzującej efektywność energetyczną. Wręcz przeciwnie, przy sporządzaniu bilansu energetycznego w kontekście efektywności energetycznej, przydatne są liczne i różnorodne wskaźniki.

Wyniki badań zawarte w niniejszym opracowaniu dotyczą specyficznych nakładów energii pierwotnej na jednostkę powierzchni ( $\text{GJ ha}^{-1}$ ), oraz

nakładów energii pierwotnej na tonę produktu rolniczego ( $\text{GJ t}^{-1}$ ). Wszelkie działania, których podjęcie pozwoli ograniczyć zużycie energii pierwotnej przyczynią się do poprawy efektywności energetycznej, co z kolei ma bezpośrednie przełożenie na ograniczanie emisji gazów cieplarnianych.

Analiza stanu efektywności energetycznej w Unii Europejskiej opiera się na danych dostarczonych przez 6 państw: Finlandię, Niemcy, Grecję, Holandię, Polskę i Portugalię. Wybrano podejście zgodne z oceną cyklu życia (LCA – Life Cycle Assessment), zakładając, że granicą systemu jest brama wyjazdowa z farmy, w ten sposób wykluczając z analizy przetwarzanie surowców rolnych do produktów konsumpcyjnych. Specyficzne nakłady energii zostały ustalone w odniesieniu do tych produktów rolniczych, które odgrywają kluczową rolę w produkcji żywności w Unii Europejskiej:

- produkcja roślinna: pszenica, burak cukrowy, ziemniak, bawełna i słonecznik,
- produkcja szklarniowa: pomidor, ogórek i papryka,
- produkcja roślin wieloletnich: winorośl i oliwka,
- produkcja zwierzęca: bydło mleczne, trzoda chlewna i brojlery.

Analiza efektywności energetycznej opiera się na średnich danych statystycznych nakładów lub na danych szacunkowych (jeśli średnie statystyczne były niedostępne). W kilku przypadkach zgromadzono dane odnoszące się do różnych systemów produkcji wewnątrz tego samego kraju i dlatego rozpisano więcej niż jeden scenariusz, lecz maksymalnie trzy scenariusze, biorąc pod uwagę niskie, średnie i wysokie zużycie energii pierwotnej w trakcie procesów produkcyjnych.

## **Punkty kluczowe**

(1) Bieżące zużycie energii w rolnictwie europejskim podawane w statystykach Eurostatu jest zaniżone (Tabela 1), głównie dlatego, że według Eurostatu energia, która jest potrzebna do wyprodukowania środków produkcji w rolnictwie i paliw nie jest w pełni uwzględniona, lub też nie jest ujęta w całości w sektorze „rolnictwo/leśnictwo”, np. energia pierwotna zużyta na produkcję nawozów mineralnych lub też zużycie paliw, które jest ujęte w sektorze „transport”. Efektywność wykorzystania energii w rolnictwie jest specyficzna dla poszczególnych krajów Unii Europejskiej i ich położenia geograficznego. Całkowite i specyficzne zużycie energii istotnie różnicuje podsektory produkcji rolniczej w Europie. Przyczyny tego zróżnicowania zostały określone a następnie omówione w kontekście sposobu prowadzenia produkcji, stosowanych maszyn rolniczych, uzyskiwanego poziomu plonów w produkcji roślinnej i surowców z produkcji zwierzęcej na tle odmiennych warunków klimatycznych.

Tabela 1. Całkowite zużycie energii pierwotnej (PEC) w poszczególnych działach rolnictwa w porównaniu z danymi Eurostatu (zużycie finalne FEC, 2008)

	Finlandia	Niemcy	Grecja	Holandia	Polska	Portugalia
Liczba subsektorów rozważanych w opracowaniu	4	10	6	9	6	7
Całkowite PEC (PJ) dla subsektorów w opracowaniu	18,8	223,9	83,0	158,4	169,6	16,9
Całkowite FEC (PJ) w rolnictwie/leśnictwie (Eurostat 2008)	35,0	42,0	46,0	132,0	152,0	15,0

(2) Główny nakład energii w produkcji polowej wynika ze stosowania nawozów mineralnych oraz zużycia oleju napędowego. Często istotne są też nakłady na nawadnianie, suszenie i/lub magazynowanie płodów rolnych, ale to także zależy od położenia geograficznego produkcji i związanego z nim klimatu oraz intensywności produkcji.

(3) Produkcja szklarniowa warzyw w Europie Środkowej i Północnej cechuje się bardzo intensywnymi nakładami energii bezpośredniej, i jest znacząco odmienna od systemów takiej produkcji w krajach południowoeuropejskich. W szklarniach na południu Europy, bezpośrednie nakłady energetyczne są niewielkie lub nawet zerowe w przypadku produkcji warzywnej z roślin wysadzanych bezpośrednio do gruntu; wyższe bezpośrednie nakłady energetyczne są niezbędne jedynie w systemach hydroponicznych.

(4) Plantacje gajów oliwnych prowadzone są jedynie w krajach Europy Południowej, przy czym nakłady energetyczne na produkcję oliwek są wyższe w Europie Południowo-Zachodniej aniżeli w Europie Południowo-Wschodniej.

(5) W chowie bydła mlecznego oraz brojlerów odnotowano bardzo duże różnice między poszczególnymi krajami w ilości zużytej energii zakumulowanej w paszach. Natomiast konsumpcja energii w paszach stosowanych w chowie świń jest podobna niezależnie od kraju, dlatego też znaczne różnice w nakładach energetycznych na produkcję trzody chlewnej wynikają głównie z poziomu bezpośrednich nakładów energetycznych.

(6) Potencjalne możliwości podsektorów produkcji rolniczej w generowaniu oszczędności energii są specyficzne dla poszczególnych państw. Zużycie energii pierwotnej w rolnictwie analizowanych państw osiąga najwyższy poziom w następujących działach produkcji:

- Finlandia: bydło mleczne, trzoda chlewna;
- Niemcy: bydło mleczne, pszenica, trzoda chlewna;
- Grecja: bawełna;
- Holandia: bydło mleczne, trzoda chlewna, ziemniak, pomidor, papryka;
- Polska: bydło mleczne, pszenica, trzoda chlewna, ziemniak;
- Portugalia: bydło mleczne, oliwki, brojlery.

## Przedmowa

W miarę jak zużycie energii nieustannie rośnie, a dalsza eksploatacja paliw kopalnych łączy się z poważnym zagrożeniem dla środowiska, potrzeba usprawnienia wydajności energetycznej w rolnictwie staje się oczywistym elementem bieżącej polityki. W coraz większym stopniu podmioty gospodarcze uczestniczące we wszystkich ogniwach łańcucha zaopatrzenia w żywność, ale także i całe społeczeństwo, będą zainteresowani taką produkcją rolniczą, w której energia jest wykorzystywana z maksymalną efektywnością a niekorzystne oddziaływania środowiskowe są minimalizowane. Jednocześnie, wysoka efektywność energetyczna pozwoli na zwiększenie konkurencyjności producentów na rynku produktów żywnościowych.

W niniejszym rozdziale przedstawiono analizę bieżącego stanu konsumpcji energii i efektywności energetycznej w rolnictwie z uwzględnieniem różnych stref agro-klimatycznych Europy. Scharakteryzowano wydajność energetyczną w istotnych sektorach europejskiego rolnictwa – produkcji roślin jednorocznych, roślin wieloletnich i warzyw szklarniowych oraz produkcji zwierzęcej. W analizach porównawczych wykorzystano oryginalne dane źródłowe dotyczące nakładów energetycznych na produkcję rolniczą z sześciu krajów Unii Europejskiej: Finlandii, Niemiec, Grecji, Holandii, Polski i Portugalii.

### 1.1. Wprowadzenie

Jednym w głównych celów Unii Europejskiej w kontekście zmian klimatycznych jest osiągnięcie 20% wzrostu efektywności energetycznej do roku 2020. Szacuje się, że w ciągu kolejnych dziesięcioleci zużycie energii będzie systematycznie wzrastało i w efekcie będzie miało zasadniczy wpływ na efektywność gospodarki unijnej, włącznie z sektorem rolnictwa. Oznacza to, że coraz większe znaczenie będą miały badania i innowacje, które przełożą się na bardziej wydajne energetycznie technologie produkcji rolniczej. Zatem, poprawa efektywności energetycznej staje się takim celem, któremu podporządkowuje się wszelkie działania zmierzające do ograniczenia zużycia energii potrzebnej gospodarce do wytworzenia produktów i usług.

Rolnictwo jest istotnym sektorem gospodarki Unii Europejskiej, a unijna Wspólna Polityka Rolna (WPR) nie tylko określa wolumen i jakość produkcji rolniczej, ale ma także wpływ na rozwój gospodarczy obszarów wiejskich oraz na kwestie związane z ochroną środowiska. Wszystkie równoległe formułowane cele polityczne dotyczące wielkości produkcji rolnej, ekonomiki produkcji oraz środowiska oddziałują na siebie wzajemnie, będąc jednocześnie silnie powiązаныmi z konsumpcją energii. W działalności rolniczej, energia jako

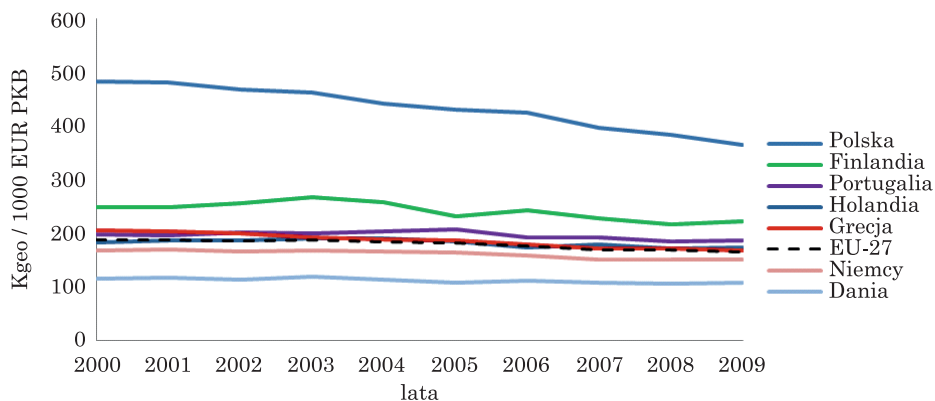
nakład produkcyjny może determinować dochodowość produkcji rolniczej, co z kolei może wpływać na poziom inwestycji w gospodarstwach rolniczych służących doskonaleniu systemów produkcji. Można przyjąć, że działania prowadzące do poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie i w efekcie do zmniejszania kosztów produkcji są konieczne zarówno z ekonomicznego punktu widzenia, jak i środowiskowego poprzez redukcję emisji dwutlenku węgla do atmosfery.

Produkcja rolnicza korzysta nie tylko z energii słonecznej akumulowanej w biomase roślin w procesie fotosyntezy, ale w dużej mierze wymaga nakładów energii pochodzącej z paliw kopalnych, czy to bezpośrednio poprzez zużycie paliw i prądu, czy też pośrednio, stosując maszyny rolnicze, nawozy i środki ochrony roślin. Dyskusja na temat wykorzystywania energii w rolnictwie najczęściej skupia się na bezpośrednim zużyciu energii. Warto jednak zauważyć, że 50% lub więcej całkowitego zużycia energii wynika z produkcji nawozów azotowych lub też z innych działań, które w sposób pośredni rzutują na wysokość nakładów energetycznych (Woods i in. 2010, Pelletrier i in. 2011). Różne systemy produkcji rolniczej w różnych warunkach środowiska wykazują różną energochłonność i potencjał oszczędności energetycznej. Obrazuje to niniejsza analiza systemów produkcji rolnej w wybranych krajach europejskich.

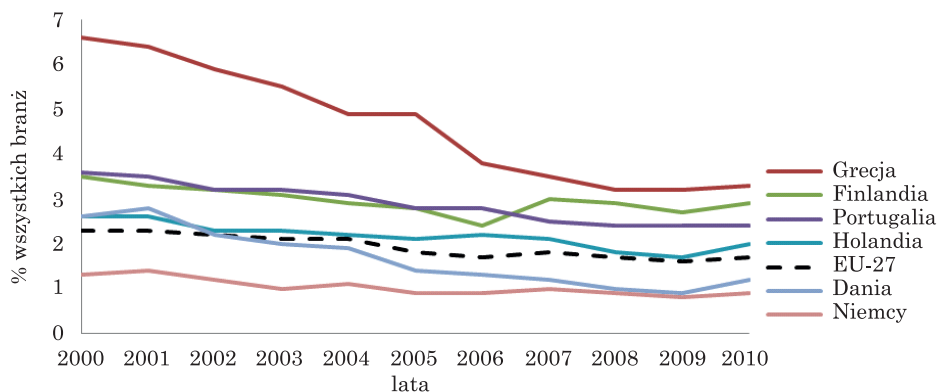
## 1.2. Rolnictwo w gospodarce krajowej państw partnerskich

Wyjściowym wskaźnikiem efektywności energetycznej gospodarki Unii Europejskiej jest jej energochłonność wyrażona w jednostkach energii zużytej na jednostkę PKB. W analizowanym dziesięcioleciu 2000-2009, energochłonność gospodarki Unii Europejskiej zmniejszyła się z poziomu 0,187 toe/euro w 2000 roku do 0,165 toe/euro w 2009 roku (Rys. 1). Wśród analizowanych krajów, największą energochłonnością charakteryzowała się gospodarka Polski, gdzie wskaźnik 0,365 toe/euro był niemal dwukrotnie wyższy aniżeli w pozostałych krajach (0,175-0,250 toe/euro). Jednocześnie, utrzymywała się tendencja stalego zmniejszania energochłonności w każdym z badanych państw, przy czym o ile w Holandii odnotowano niewielki spadek o 5%, o tyle w Grecji odnotowano spadek o 18%, a w Polsce o 25%.

W latach 2000-2010 udział rolnictwa, leśnictwa i rybactwa w wartości dodanej brutto gospodarek krajowych zmniejszył się istotnie, przy czym najwyższy spadek odnotowano w Grecji i Danii o 50%, a relatywnie najmniejszy w Finlandii o 17% (Rys. 2).



Rys. 1. Intensywność energetyczna gospodarki w Unii Europejskiej i wybranych krajach  
 Źródło: EUROSTAT



Rys. 2. Wartość dodana brutto rolnictwa (1999-2010), myślistwa i rybactwa, w % wszystkich branż  
 Źródło: EUROSTAT

Udział procentowy rolnictwa w wartości dodanej brutto gospodarki odnosi się do produktu krajowego brutto (PKB) w danym państwie oraz do liczby osób zatrudnionych w rolnictwie (Tabela 2). Sektor rolniczy w Unii Europejskiej angażuje 11 milionów miejsc pracy, co stanowi 5,1% zatrudnionych w całej gospodarce unijnej. Jednocześnie, w 2010 roku wartość dodana brutto połączonych sektorów rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa wyniosła zaledwie 1,7%, przy czym między poszczególnymi krajami Unii Europejskiej występują duże różnice. Przykładowo, w Grecji i w Polsce udział zatrudnienia w rolnictwie jest stosunkowo wysoki (odpowiednio 13,0% i 12,5%), co przekłada się na względnie wysoki udział rolnictwa/leśnictwa/rybołówstwa w wartości dodanej brutto gospodarki (odpowiednio 3,3% i 3,5%). Z drugiej strony, w Niemczech zatrud-



nienie w rolnictwie stanowi zaledwie 1,4% wszystkich osób pracujących w gospodarce, a udział rolnictwa/leśnictwa/rybołówstwa w wartości dodanej brutto gospodarki wynosi 1,5%.

Tabela 2. Produkt Krajowy Brutto (PKB), procentowy udział rolnictwa w Wartości Dodanej Brutto (WDB) oraz zatrudnienie w rolnictwie (2010)

Kraj	Produkt Krajowy Brutto (KPB) w PPS <sup>a</sup>	Liczba osób zatrudnionych <sup>b</sup>	Liczba osób zatrudnionych w rolnictwie <sup>c</sup>	Procentowy udział rolnictwa, łowiectwa i rybołówstwa w Wartości Dodanej Brutto (WDB) <sup>d</sup>	
				x1000	x1000
UE 27	100	216 405,4	11 028,2	5,1	1,7
Dania	125	2717,6	54,1	2,0	1,2
Finlandia	115	2447,5	82,1	3,4	2,9
Niemcy	118	38 737,8	536,0	1,4	0,9
Gracja	90	4388,6	568,8	13,0	3,3
Holandia	133	8370,2	177,7	2,1	2,0
Polska	63	15 960,5	1993,6	12,5	3,5
Portugalia	80	4978,2	383,0	7,7	2,4

Eurostat: <sup>a</sup> PPS – Power Purchasing Standard [tec00114]

<sup>b</sup> Employment (main characteristics and rates) – Annual averages [lfsi\_emp\_a]

<sup>c</sup> Agricultural Labour Input Statistics: absolute figures (1000 annual work units) [aact\_ali01]

<sup>d</sup> Gross value added – agriculture, hunting and fishing, % of all branches [tec00003]

### 1.3. Rolnictwo w krajowym zużyciu energii

Według europejskich statystyk dotyczących energii<sup>1</sup>, w 2008 roku całkowite zużycie energii finalnej w 27 krajach Unii Europejskiej wynosiło 49 205 PJ<sup>2</sup>, przy czym w sektorze *rolnictwo/leśnictwo* odpowiednio 1 071 PJ, co odpowiadało 2,2% całkowitego zużycia energii końcowej w Unii Europejskiej. W analizowanych krajach, udział procentowy zużycia energii finalnej w sektorze *rolnictwo/leśnictwo* wahał się od 0,4% do 6,2% w 2008 r. (Tabela 3).

Analizując dane Eurostatu wyszczególnione w tabeli 3 stwierdzono, że są one niewystarczające do opisu zużycia energii przez rolnictwo europejskie z kilku wymienionych poniżej powodów.

(1) W statystykach Eurostatu energia finalna niezbędna do wytworzenia produktów rolniczych nie jest w całości przypisywana sektorowi *rolnictwo/*

<sup>1</sup> [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/energy/data/main\\_tables](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/energy/data/main_tables).

<sup>2</sup> Wartości przeliczone z ton ekwiwalentu ropy (toe) na PJ według wskaźnika 1000 toe = 0,041868 PJ.

Tabela 3. Całkowite zużycie energii końcowej (FEC) w gospodarce i w rolnictwie (łącznie z leśnictwem) w latach 1998 i 2008 według danych Eurostatu

Kraj	Całkowity FEC PJ		FEC w rolnictwie PJ		FEC w rolnictwie % całkowitego FEC	
	1998	2008	1998	2008	1998	2008
UE 27	46 658	49 205	1257	1071	2,7	2,2
Dania	630	649	31	29	5,0	4,5
Finlandia	1005	1083	30	35	3,0	3,2
Niemcy	9428	9386	114	42	1,2	0,4
Gracja	761	890	45	46	6,0	5,1
Holandia	2082	2139	157	132	7,5	6,2
Polska	2526	2606	198	152	7,8	5,8
Portugalia	2526	2606	25	15	1,0	0,6

*/leśnictwo*. Przykładowo, w Niemczech zużycie energii finalnej na produkcję nawozów umieszczane jest w sektorze *przemysł*. W 2008 roku zużycie energii finalnej na produkcję nawozów w Niemczech wyniosło 83,7 PJ<sup>3</sup>, co w przybliżeniu było ilością dwukrotnie przewyższającą nakłady energii finalnej konsumowane przez rolnictwo niemieckie według danych Eurostatu.

(2) Wytwarzanie produktów rolniczych wymaga różnorodnych form energii, np. energii cieplnej z biomasy, energii elektrycznej lub paliw transportowych z surowców kopalnych, itp. Wykorzystywanie energii związane z tymi nośnikami jest większe, gdy uwzględni się koszty ich wytworzenia. Dlatego też w niniejszym opracowaniu przyjęto, że podstawą analizy efektywności energetycznej w rolnictwie europejskim będzie zużycie energii pierwotnej.

(3) Wykorzystanie energii w produkcji rolniczej zostało oszacowane na podstawie areалу lub wielkości produkcji i poniesionych, zarówno bezpośrednich jak i pośrednich, nakładów energetycznych. Uwzględniając wolumen wytworzonej produkcji lub zaangażowany areal oszacowano całkowite zużycie energii w wytworzenie głównych plodów rolnych.

## 1.4. Energia zakumulowana w środkach produkcji rolniczej

Wydajność energetyczna produkcji pasz lub żywności zależy od wielu pośrednich nakładów energetycznych, np. na wyprodukowanie nawozów mineralnych i pestycydów, na wytworzenie materiału siewnego, na wyprodukowanie dodatków paszowych dla zwierząt, itd. Spośród wymienionych pośrednich nakładów energetycznych istotny udział w całkowitym zużyciu energii na

<sup>3</sup> W. Bayer, Federalny Urząd Statystyczny Niemiec. Department E 207, komunikat, 8 grudnia 2011 roku.

wytworzenie płodów rolnych stanowi energia związana z wyprodukowaniem nawozów i środków ochrony roślin.

Powierzchnia użytków rolnych i powierzchnia zasiewów zależą od położenia geograficznego i są znacznie zróżnicowane pomiędzy krajami (Tabela 4). Przykładowo, produkcja rolnicza jest w dużej mierze determinowana przez dominujący udział gruntów ornych w strukturze użytków rolnych w Danii (92%) i Finlandii (98%), znacznie mniejszy jest udział gruntów ornych w Polsce (76%), Niemczech (70%) i Holandii (55%), natomiast w krajach Europy Południowej, w Grecji i Portugalii, grunty orne stanowią odpowiednio 52% i 31% powierzchni użytków rolnych.

Tabela 4. Procentowy udział roślin jednorocznych i wieloletnich na użytkowanych gruntach rolnych (UAA – Utilized Agricultural Area) – 2007

Kraj	Wykorzystywane tereny rolnicze (UAA)					Plantacje oliwek (produkcja oleju)	Winnice (jakość surowca winiarskiego)	Trwałe użytki zielone i łąki
	x1000 ha	Zboża %	Ziemniak %	Burak cukrowy %	Słonecznik %			
Dania	2662	26,0	1,55	1,48				7,6
Niemcy	16 931	17,7	1,63	2,39	0,11		0,57	28,6
Grecja	4076	4,4	0,58	0,34	0,30	18,10	0,37	20,1
Holandia	1914	7,4	8,21	4,29				42,9
Polska	15 477	13,6	3,55	1,60				21,1
Portugalia	3472	1,6	0,58	0,07	0,43	8,19	3,05	51,3
Finlandia	2292	8,9	1,20	0,70				1,7

Struktura wykorzystania użytków rolnych jest zróżnicowana między krajami (Tabela 4). W Danii, Niemczech i w Polsce, największą część gruntów ornych stanowią zasiewy pszenicy; w Holandii na znacznym areale gruntów ornych uprawiane są ziemniaki i buraki cukrowe; w Grecji użytki rolne pod uprawami wieloletnimi są zdominowane przez plantacje oliwki a w Portugalii – przez oliwkę i winorośl. Duży udział procentowy użytków rolnych pod trwałymi użytkami zielonymi (pastwiska i łąki) jest charakterystyczny dla Portugalii (51,3%), Holandii (42,9%) i Niemiec (28,6%). Z kolei w Finlandii stanowi to zaledwie 1,7% użytków rolnych. W wymienionych krajach, przedstawiona struktura wykorzystania użytków rolnych jest warunkowana przez lokalne środowisko naturalne, które w dużym stopniu określa dominujące kierunki produkcji rolnej i strumienie wykorzystania energii w rolnictwie.

W produkcji roślinnej, najważniejsze nakłady energii dotyczą energii zakumulowanej w nawozach i środkach ochrony roślin. Całkowite średnie zużycie azotu, fosforu i potasu w Unii Europejskiej szacowane jest na 91 kg na ha

(Tabela 5). Szacunkowe średnie zużycie azotu w Unii Europejskiej wynosi 65,2 kg ha<sup>-1</sup>, wahając się w zakresie od 21,8 kg ha<sup>-1</sup> w Portugalii do 136,6 kg ha<sup>-1</sup> w Holandii. Średnie zużycie fosforu osiąga 8 kg ha<sup>-1</sup> w Unii Europejskiej, od 5,2 kg ha<sup>-1</sup> w Danii do 13 kg ha<sup>-1</sup> w Polsce, a zużycie nawozów potasowych osiąga średnio 17,8 kg ha<sup>-1</sup> w Unii Europejskiej, od 7,6 kg ha<sup>-1</sup> w Portugalii i 9,5 kg ha<sup>-1</sup> w Grecji do 28,8 kg ha<sup>-1</sup> w Polsce, 25,0 kg ha<sup>-1</sup> w Niemczech i 23,1 kg ha<sup>-1</sup> w Finlandii. Niektóre kraje Unii Europejskiej, np. Holandia, Niemcy i Dania, mają duże pogłowie zwierząt hodowlanych, co oznacza wysokie zużycie obornika. Tym samym, znaczna część azotu i fosforu w bilansie nawozowym pochodzi z tego źródła<sup>4</sup>.

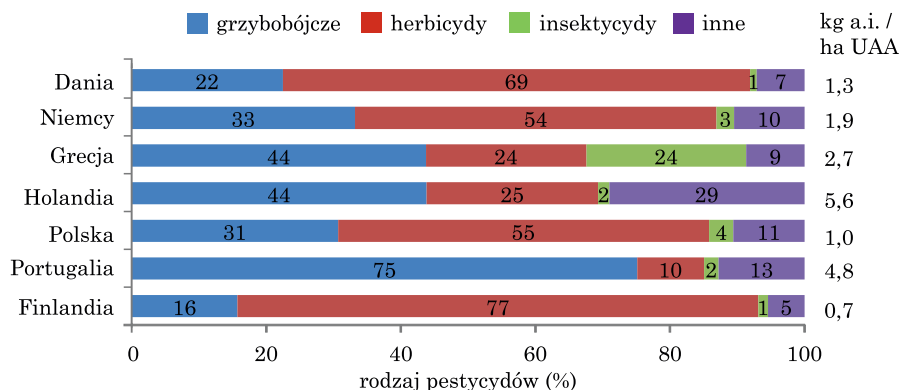
Tabela 5. Całkowite roczne zużycie nawozów nieorganicznych (2007)

Kraj	Azot <sup>a</sup>		Fosfor <sup>b</sup>		Potas <sup>c</sup>		NPK
	t	kg ha <sup>-1</sup> UAA	t	kg ha <sup>-1</sup> UAA	t	kg ha <sup>-1</sup> UAA	kg ha <sup>-1</sup> UAA
EU 27	9 743 534	65,2	797 543	8,0	1 686 363	17,8	91,0
Dania	190 129	82,7	7444	5,2	26 854	22,5	110,4
Niemcy	1 551 212	106,7	76 016	8,2	148 388	25,0	139,9
Grecja	148 840	49,4	27 857	8,2	33 348	9,5	67,1
Holandia	239 028	136,6	10 789	9,1	24 143	18,2	163,8
Polska	1 094 713	73,8	163 642	13,0	355 653	28,8	115,6
Portugalia	72 005	21,8	12 105	5,6	20 334	7,6	35,0
Finlandia	137 977	68,8	10 726	7,6	29 080	23,1	99,5

Eurostat: <sup>a</sup> – [tag00090], <sup>b</sup> – [tag00091], <sup>c</sup> [tag00091]

Całkowite zużycie substancji czynnych w pestycydach w przeliczeniu na hektar użytkowanych rolniczo gruntów jest wyraźnie zróżnicowane pomiędzy badanymi krajami europejskimi, wahając się od 0,7 kg w Finlandii do 4,8 kg w Portugalii i 5,6 kg w Holandii (Rys. 3). Udział procentowy zużycia pestycydów i całkowita ilość substancji aktywnych pestycydów na ha użytkowanych gruntów rolnych. (Eurostat: 2008 – DK, DE, PL, PT; 2007 – NL; 2006 – FI; 2001 – EL). Zużycie środków chwastobójczych przeważa w Finlandii (77%), Danii (69%), Polsce (55%) i w Niemczech (54%). W Portugalii dominują preparaty grzybobójcze (ponad 75% całkowitego zużycia środków ochrony roślin), natomiast w Grecji stosunkowo dużą część stanowią środki owadobójcze (24%), podczas gdy pozostałe rodzaje środków ochrony roślin, takie jak regulatory wzrostu i zaprawy nasion są powszechnie stosowane w Holandii (29%).

<sup>4</sup> Eurostat.



Rys. 3. Udział procentowy zużycia pestycydów i całkowita ilość substancji aktywnej (a.i.) pestycydów na ha użytkowanych gruntów rolnych (UAA). (Eurostat: 2008 – DK, DE, PL, PT; 2007 – NL; 2006 – FI; 2001 – EL)

## 1.5. Metodyka

Zużycie energii w rolnictwie obejmuje bezpośrednią i pośrednią konsumpcję energii ujętą we wszelkich nakładach energetycznych ponoszonych na produkcję rolniczą. W niniejszym opracowaniu przedstawiono przeglądowe omówienie całkowitego zużycia energii w najważniejszych sektorach produkcji rolniczej. Wybrano podejście wzorowane na analizie cyklu życia LCA, lecz ograniczone do działalności prowadzonej wyłącznie w obrębie gospodarstwa rolniczego (pre-farm gate), w ten sposób wyłączając wszelkie czynności przetwarzania surowców rolniczych w produkty konsumpcyjne. Wskaźnik efektywności energetycznej najlepiej wyraża stosunek energii zużytej na jednostkę powierzchni uprawy ( $GJ ha^{-1}$ ) lub energii zużytej na jednostkę produktu ( $GJ t^{-1}$ ).

Zużycie energii i produktywność zostały wyznaczone dla tych surowców/produktów rolniczych, które odgrywają decydującą rolę w produkcji żywności w Unii Europejskiej:

- uprawy polowe pszenicy, ziemniaka, buraka cukrowego, bawełny i słonecznika,
- uprawy szklarniowe pomidora, papryki i ogórka,
- uprawy roślin wieloletnich: winorośl i oliwka,
- produkcja zwierzęca: bydło mleczne, trzoda chlewna i brojlery.

Zużycie energii ustalono w oparciu o dane statystyczne dotyczące wskaźników ilościowych produkcji lub w przypadku, gdy dane statystyczne były niedostępne przyjęto oszacowania eksperckie z danych krajów. Dla każdego rodzaju produkcji określono wielkość nakładów fizycznych wraz z zużyciem energii pierwotnej i finalnej. Ekwiwalenty energetyczne, które wykorzystano

do przekształcenia nakładów fizycznych w nakłady energetyczne pochodziły głównie z bazy danych BioGrace ([www.biogarce.net](http://www.biogarce.net)). W przypadku analiz krajowych, w których system określonej produkcji rolniczej był specyficzny dla kraju, podano stosowne źródła odniesienia literaturowego. Ostatecznie, zastosowane ekwiwalenty energetyczne pozwoliły na przekształcenie nakładów fizycznych i uzyskanie danych liczbowych określających zużycie energii finalnej i pierwotnej. Niektóre z przyjętych ekwiwalentów energetycznych były również specyficzne dla kraju, np. konsumpcja energii pierwotnej w formie energii elektrycznej zależy w dużej mierze od krajowego miks paliwowego wykorzystanego do generowania prądu elektrycznego.

Jeśli w danym kraju występowały różne systemy produkcji, a uśredniony system produkcji nie oddawał rzeczywistości, opracowano dwa lub maksymalnie trzy scenariusze. W ten sposób analizowano warianty niskiej, średniej i wysokiej energochłonności procesu produkcyjnego (przykładowo, czynnikiem różnicującym energochłonność produkcji roślinnej mógł być poziom uprawy roli: zredukowany, przeciętny lub konwencjonalny). W tabeli 22 zamieszczono przegląd i charakterystykę przyjętych scenariuszy.

W analizach uwzględniono następujące miary/wskaźniki energetyczne:

- bezpośrednie nakłady energetyczne ( $E_b$ ) – energia paliw kopalnych wykorzystana w produkcji rolniczej będąca sumą zużytego prądu elektrycznego oraz paliw stałych, płynnych i gazowych ( $GJ ha^{-1}$ ,  $GJ SD^{-1}$ );
- pośrednie nakłady energetyczne ( $E_p$ ) – energia zakumulowana w środkach produkcji zużyta w trakcie produkcji rolniczej ( $GJ ha^{-1}$ ,  $GJ SD^{-1}$ );
- całkowity nakład energetyczny – suma nakładów energii bezpośredniej i pośredniej w przeliczeniu na jednostkę produkcji rolniczej ( $GJ ha^{-1}$ ,  $GJ SD^{-1}$ ) ( $E = E_b + E_p$ );
- specyficzny nakład energii pierwotnej – całkowita konsumpcja energii pierwotnej w procesie produkcji rolniczej w przeliczeniu na jednostkę powierzchni uprawy ( $GJ ha^{-1}$ ) lub tonę produktu rolniczego ( $GJ t^{-1}$ ).

Dane dotyczące procesów produkcyjnych zostały wyrażone w skali odpowiadającej poziomowi produkcji w danym kraju, tak aby wyrazić zużycie energii pierwotnej na poziomie krajowym w odniesieniu do różnych procesów produkcyjnych. Nakłady energetyczne uwzględnione w obliczeniach obejmowały:

Procesy produkcyjne	Nakłady energetyczne uwzględnione w obliczeniach
Pszonica, burak cukrowy, ziemniak, słonecznik, bawełna	materiał siewny, nawozy mineralne, w tym NPK, transport nawozów, pestycydy, nawadnianie i zużycie wody, olej napędowy do ciągników i maszyn rolniczych, konserwacja/przechowywanie/suszenie plodów rolnych
Winorośl, oliwka	nawozy mineralne, w tym: NPK, transport nawozów, pestycydy, nawadnianie i zużycie wody, zużycie oleju napędowego, wykorzystanie ciągników i maszyn rolniczych do prac polowych (przycinanie krzewów i drzewek, zbiory, itp.), materiały (np. płótno wykorzystywane przy zbiorze oliwek)

Procesy produkcyjne	Nakłady energetyczne uwzględnione w obliczeniach
Pomidor, ogórek, papryka	nawozy mineralne, w tym NPK, pestycydy, olej napędowy do ciągników i maszyn, zużycie energii na ogrzewanie szklarni (gaz ziemny, prąd elektryczny), materiały (ekrany termiczne, materiały termoplastyczne, w tym folia LDPE)
Bydło mleczne, trzoda chlewna, brojlery	spożycie pasz, energia potrzebna na utrzymanie produkcji (ściółka, woda, amortyzacja budynków), zużycie oleju napędowego, bezpośrednie zużycie energii

Wymienione powyżej nakłady reprezentują bezpośrednio i pośrednio nakłady energetyczne poniesione na każdy z uwzględnionych rolniczych procesów produkcyjnych.

### 1.5.1. Bezpośrednie nakłady energetyczne

Bezpośrednie nakłady energetyczne obejmują wszystkie nośniki energii wykorzystane bezpośrednio w procesie produkcji rolniczej, włącznie z elektrycznością, produktami rafinacji ropy (olej napędowy i inne paliwa ciekłe), paliwa otrzymywane z gazu ziemnego, a także paliwa odnawialne, takie jak zrębki drzewne.

- Elektryczność (kWh na jednostkę przeliczone na MJ na jednostkę) – zużycie energii elektrycznej w transporcie i innych operacjach w gospodarstwie, na oświetlenie, energię zużytą przez sprzęt elektryczny, automatyzację procesów i zarządzanie gospodarstwem:
  - Rośliny zbożowe: kondycjonowanie i magazynowanie ziarna, wentylatory zasilane energią elektryczną oraz/lub grzejniki, system nawadniania.
  - Ziemniak: zaprawianie sadzeniaków, wentylacja w magazynach.
  - Bawełna: system nawadniania.
  - Produkcja szklarniowa: sprzęt sterujący produkcją, ogrzewanie, oświetlenie, wentylacja, system nawadniania.
  - Uprawy wieloletnie: kondycjonowanie, wentylacja w magazynach.
  - Bydło mleczne: sprzęt do produkcji – automaty do przygotowywania i zadawania pasz, dojarki, wydajalnie, schładzalniki do mleka, system zarządzania produkcją, oświetlenie i wentylacja w oborach i stodołach (siano), wytwarzanie gorącej wody do czyszczenia pomieszczeń (sanitacja).
  - Produkcja trzody chlewnej i brojlerów: zautomatyzowane zadawanie pasz wraz z kompleksowym przygotowywaniem mieszanek i automatycznym porcjowaniem, kontrolowany mikroklimat w pomieszczeniach, zarządzanie produkcją.
- Paliwa pochodzące z rafinacji ropy (w L na jednostkę przeliczone na MJ na jednostkę) – zużycie paliw na prace polowe, ogrzewanie i generatory energii, oleje i smary do maszyn rolniczych:

- Rośliny zbożowe, okopowe i wieloletnie: prace polowe (ciągniki, maszyny samobieżne), ogrzewanie (suszenie, magazynowanie), transport (nawozy organiczne, płody), nawadnianie.
- Produkcja szklarniowa: ogrzewanie, generowanie energii.
- Bydło mleczne, trzoda chlewna i brojlery: transport pasz, generowanie energii.
- Gaz ziemny, gaz płynny, propan – używane do zasilania takich urządzeń jak suszarnie i systemy nawadniania. Tego typu paliwo jest także wykorzystywane w szklarniach do wytwarzania ciepła i elektryczności w układach kogeneracyjnych CHP (Combined Heat and Power).
- Paliwa stałe, łącznie z paliwami z biomasy (np. zrębki drzewne) – wykorzystywane do ogrzewania budynków, np. w produkcji zwierzęcej, a także w niektórych szklarniach.

### 1.5.2. Pośrednie nakłady energetyczne

Do pośrednich nakładów energetycznych wliczamy nośniki energii wykorzystane do wytworzenia środków produkcji, łącznie z nawozami, pestycydami, maszynami rolniczymi i budynkami gospodarczymi, a także z produkcją materiału siewnego i pasz<sup>5</sup>. W niniejszym opracowaniu pośrednie nakłady energetyczne związane z budynkami/budowlami i maszynami rolniczymi zostały wyłączone z badań. Wynika to z faktu, iż budynki w gospodarstwach rolnych są bardzo zróżnicowane konstrukcyjnie, zaś w pracach polowych i procesach produkcji rolniczej wykorzystuje się ogromną różnorodność maszyn i sprzętu rolniczego. Ponadto, ograniczeniem w tego typu szczegółowych kalkulacjach jest brak precyzyjnych danych określających zużycie energii na budowę wielu maszyn i urządzeń rolniczych. Inną przesłanką do wyłączenia energii zakumulowanej w budynkach i środkach technicznych produkcji było to, iż pośrednie nakłady energetyczne wynikające z budowy i eksploatacji budynków i maszyn rolniczych wykazują mały potencjał budowania istotnych oszczędności w zużyciu energii w produkcji rolniczej.

#### Produkcja roślinna

- Nawozy – energia zużyta na produkcję nawozów, transport surowców do fabryki (np. fosforanów), konfekcjonowanie gotowych wyrobów i ich przewóz do sprzedawców detalicznych w celu rozprowadzenia wśród rolników. Pośrednie nakłady energetyczne powiązane z tymi działaniami zostały wyliczo-

---

<sup>5</sup> Są podejścia badawcze, w których energia konsumowana w produkcji nasiennej (materiał siewny) oraz pasz dla inwentarza żywego nie jest ujęta w bilansie energetycznym produkcji. Z kolei, są inne podejścia badawcze, w których tego typu pośrednie nakłady energetyczne uwzględnia się w analizach (np. Stirling i Kun, 1992).



ne szacunkowo poprzez przemnożenie jednostek fizycznych zastosowania produktu ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) przez ekwiwalenty energetyczne wyrażające ilość energii na jednostkę fizyczną ( $\text{MJ kg}^{-1}$ ), i w rezultacie uzyskano nakłady energetyczne na 1 hektar.

- Środki ochrony roślin – energia zużyta na wyprodukowanie pestycydów wyrażona w  $\text{kg}$  substancji czynnej na 1 hektar została przekształcona na  $\text{MJ}$  z wykorzystaniem standaryzowanych parametrów dostępnych w bazie danych BioGrace ([www.biograce.net](http://www.biograce.net)).
- Inne nakłady, takie jak nasiona, podłoża organiczne w produkcji szklarniowej lub pośrednie nakłady energii związane z zużyciem wody zostały także uwzględnione dzięki ujęciu wymaganej wielkości nakładu oraz parametru konwertującego ten fizyczny nakład w liczbę wyrażającą zużycie energii.

#### Produkcja zwierzęca

- Pasze – ilość energii potrzebna do wyprodukowania paszy oraz surowców do jej produkcji (pasze świeże, koncentraty, dodatki paszowe, itd.). Także w tym przypadku ilość zużytej energii wynikała z wielkości fizycznych nakładów pomnożonych przez standaryzowany parametr.
- Inne specyficzne pośrednie nakłady energetyczne są związane z wykorzystaniem słomy na ściółkę, pojeniem zwierząt, utrzymaniem budynków, odnową stada, wylęgiem piskląt, itp.

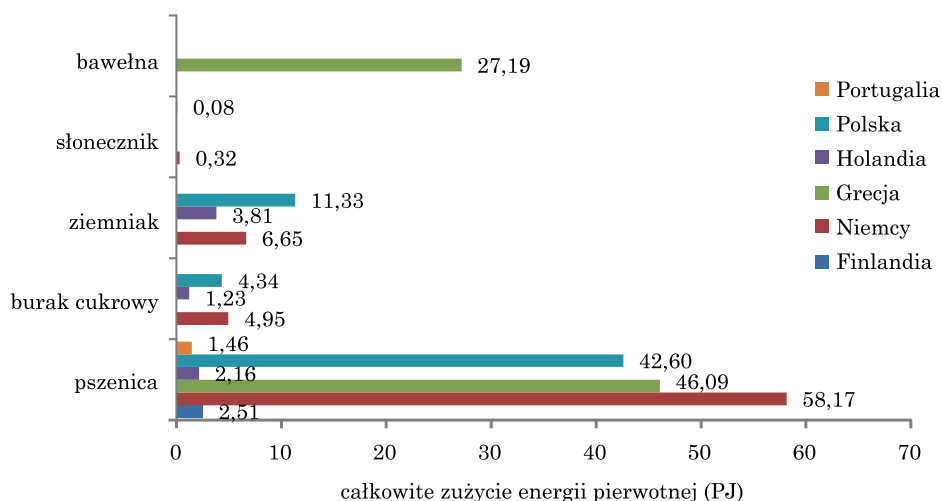
### 1.5.3. Energia zakumulowana w produktach rolniczych

Wymienione powyżej nakłady energetyczne definiowane są w oparciu o miarę hektara (upraw jednorocznych, w szklarniach lub pod plantacjami roślin wieloletnich), kilograma mięsa (trzoda chlewna, drób) lub ilości mleka w tonach przypadające na jedną sztukę przeliczeniową rocznie (sztuka duża). Uwzględniając dla danego kraju całkowity areal określonej produkcji roślinnej w hektarach lub całkowitą liczbę pogłowia bydła mlecznego, trzody chlewnej i brojlerów oszacowano całkowite nakłady energetyczne w wyszczególnionych sektorach produkcji rolniczej w skali kraju. W efekcie uzyskano dane obrazujące krajowe zużycie energii w zasadniczych procesach produkcji rolniczej, a tym samym informację o potencjale oszczędności energii w poszczególnych sektorach rolniczych danego kraju.

## 1.6. Nakłady energetyczne w subsektorach produkcji rolniczej

### 1.6.1. Produkcja roślinna – punkty kluczowe

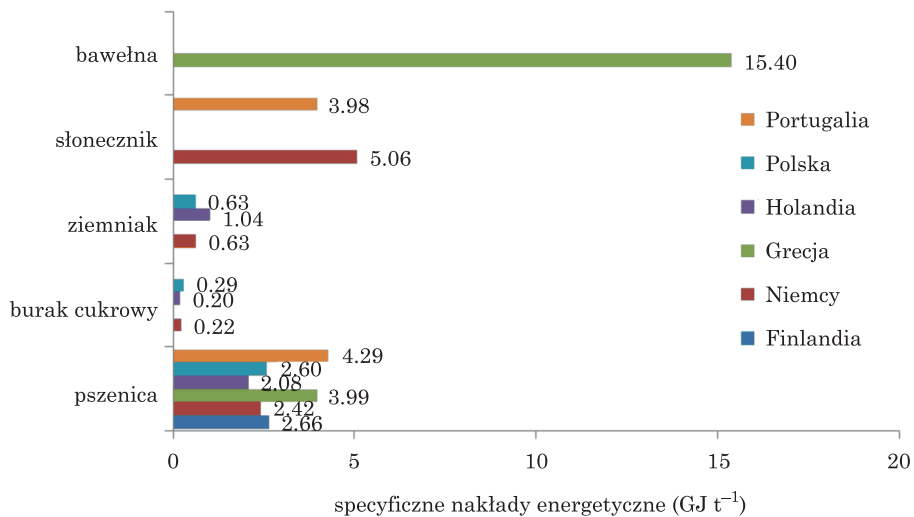
W skali Unii Europejskiej, najwyższe nakłady energii pierwotnej w produkcji roślinnej są związane z produkcją pszenicy w Niemczech (58,17 PJ), Grecji (46,09 PJ) i w Polsce (42,60 PJ) (Rys. 4). Kolejna energochłonna uprawa to bawełna uprawiana w Grecji (27,19 PJ), a następnie ziemniak w Polsce (11,33 PJ) i Niemczech (6,65 PJ), oraz kolejno burak cukrowy w Niemczech (4,95 PJ) i Polsce (4,34 PJ). Całkowite zużycie energii na produkcję słonecznika jest stosunkowo niskie: 0,32 PJ w Niemczech i 0,08 PJ w Portugalii.



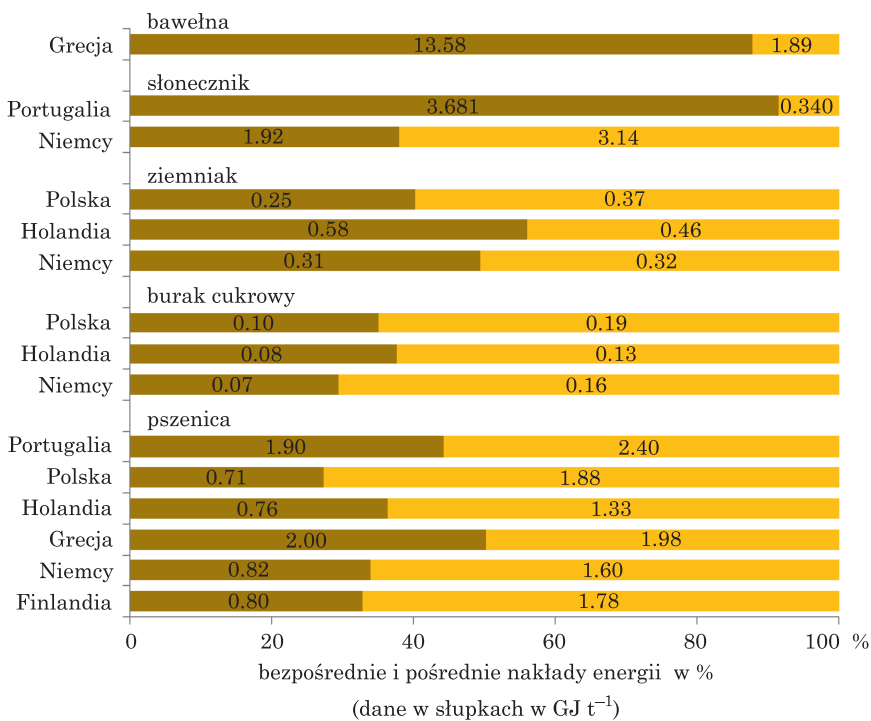
Rys. 4. Całkowite zużycie energii pierwotnej (średnie ważone ze scenariuszy) w produkcji roślinnej w poszczególnych krajach

Specyficzne nakłady energetyczne na produkcję roślinną w Unii Europejskiej są istotnie zróżnicowane (Rys. 5) i zawierają się w przedziałach: pszenica: 2,08-4,29 GJ t<sup>-1</sup>, burak cukrowy: 0,20-0,29 GJ t<sup>-1</sup>, ziemniak: 0,63-0,87 GJ t<sup>-1</sup>, słonecznik: 3,98-5,06 GJ t<sup>-1</sup> i bawełna 15,4 GJ t<sup>-1</sup>.

Struktura bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych może odzwierciedlać potencjał oszczędności zużycia energii. W produkcji pszenicy, buraka cukrowego oraz ziemniaka a także słonecznika w Niemczech, bezpośrednie nakłady energetyczne stanowią 30-50% całkowitego zużycia energii (Rys. 6). To oznacza, że potencjał oszczędności energii wraz ze zmniejszaniem pośrednich nakładów energetycznych jest niewiele większy aniżeli potencjalna



Rys. 5. Specyficzne nakłady energetyczne ( $GJ t^{-1}$ ) w produkcji roślinnej w poszczególnych krajach (scenariusze średniego zużycia energii)



Rys. 6. Bezpośrednie (ciemniejszy kolor) i pośrednie nakłady energetyczne w produkcji roślinnej w poszczególnych krajach (scenariusze średniego zużycia energii)

oszczędność energii wynikająca z redukcji bezpośrednich nakładów energii. Wyjątkowo wysoki jest poziom bezpośrednich nakładów energii na uprawę słonecznika w Portugalii oraz bawełny w Grecji (ponad 90%), co wskazuje, że w tych dwóch przypadkach ograniczanie nakładów kojarzonych z bezpośrednim zużyciem nośników energii może skutkować istotnymi oszczędnościami energetycznymi.

**Pszenica.** Wskaźniki efektywności energetycznej w produkcji pszenicy są odmienne w trzech geograficznych obszarach Unii Europejskiej. Stosunkowo niskie nakłady energii na produkcję pszenicy są typowe dla krajów znajdujących się w Europie centralnej: Holandii:  $2,07 \text{ GJ t}^{-1}$  i Niemczech:  $2,43 \text{ GJ t}^{-1}$ . Średnie nakłady energii na produkcję pszenicy są wyższe w krajach północno-wschodniej Europy: Finlandii ( $2,66 \text{ GJ t}^{-1}$ ) i Polsce ( $2,60 \text{ GJ t}^{-1}$ ), a relatywnie wysokie w krajach Europy południowej: Grecji ( $3,99 \text{ GJ t}^{-1}$ ) i Portugalii ( $4,29 \text{ GJ t}^{-1}$ ). Pomiędzy 44,0% (Grecja) a 65,4% (Portugalia) całkowitego zużycia energii pierwotnej w produkcji pszenicy pochłanianie nawozów. Zużycie oleju napędowego w całkowitych nakładach energii pierwotnej zawiera się w przedziale między 14,1% (Finlandia) a 50,4% (Grecja). Proces suszenia ziarna stanowi 12,4% w Niemczech oraz 18,8% w Finlandii całkowitego zużycia energii pierwotnej.

**Rośliny okopowe.** Struktura nakładów energii na produkcję buraka cukrowego i ziemniaka w krajach Europy Środkowej i Wschodniej jest podobna, lecz wykazuje odmienną efektywność energetyczną. Produkcję roślin okopowych w Europie wschodniej reprezentowanej w badaniach przez Polskę cechują niższe plony i niższe nakłady energii niż w krajach środkowej Europy, w Holandii i Niemczech. W porównaniu z wysoko wydajną produkcją buraka cukrowego w Holandii ( $0,204 \text{ GJ t}^{-1}$ ) oraz produkcją ziemniaka w Polsce ( $0,627 \text{ GJ t}^{-1}$ ) i Niemczech ( $0,634 \text{ GJ t}^{-1}$ ), specyficzne nakłady energetyczne wynoszą  $0,286 \text{ GJ t}^{-1}$  na uprawę buraka cukrowego w Polsce, oraz  $0,893 \text{ GJ t}^{-1}$  na uprawę ziemniaka w Holandii.

**Słonecznik.** W produkcji słonecznika, poziom plonów, specyficzne nakłady energetyczne oraz struktura nakładów energii są wyraźnie odmienne między krajami znajdującymi się w Europie Środkowej a tymi na południu kontynentu. Specyficzny nakład energii w Niemczech wynosi  $5,06 \text{ GJ t}^{-1}$  podczas gdy w Portugalii plony nasion w przedziale  $0,72\text{-}0,80 \text{ t ha}^{-1}$  są uzyskiwane przy specyficznych nakładach energetycznych z przedziału  $2,31\text{-}4,05 \text{ GJ ha}^{-1}$ .

**Bawełna.** Bawełna jest uprawiana wyłącznie na południu Europy. Bilans energetyczny między nakładami energii a energią zakumulowaną w plonach jest ujemny, głównie ze względu na dominujący udział zużycia energii na nawadnianie. Wysoki specyficzny nakład energii oszacowano na  $15,4 \text{ GJ t}^{-1}$  przy przeciętnych plonach na poziomie 4,5 t.

## 1.6.2. Pszenica

Pszenica zajmuje największy obszar upraw wśród roślin zbożowych w Europie. W 2008 roku, procentowy udział pól zasianych pszenicą zwyczajną i twardą w analizowanych krajach wahał się od 2,4% w Portugalii do 18,9% w Niemczech (Tabela 6). Najwyższe plony z 1 hektara odnotowano w Holandii i w Niemczech, a najniższe w krajach Europy Południowej – w Grecji i Portugalii. Generalnie, specyficzne nakłady energetyczne na 1 hektar powierzchni pola pod uprawą pszenicy są znacznie zróżnicowane pomiędzy krajami Unii Europejskiej.

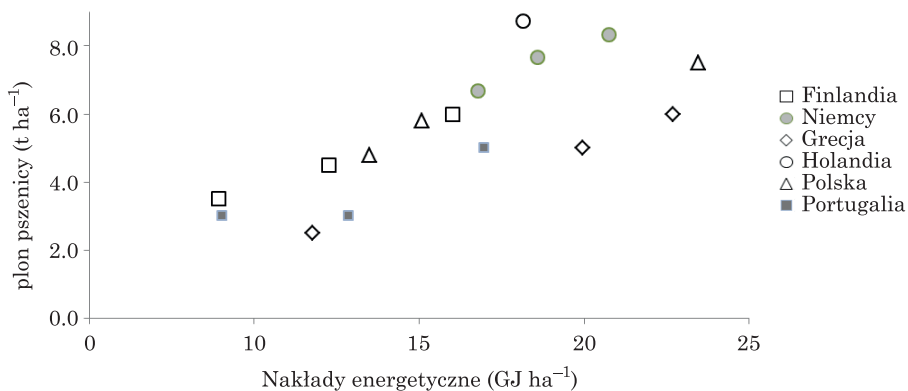
Tabela 6. Nakład energii pierwotnej (PEC) w produkcji pszenicy w poszczególnych krajach (scenariusze średniego zużycia energii)

Kraj	Powierzchnia produkcyjna x 1000 ha	Udział w EU-27 (%)	Wydajność t ha <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energetyczne		Całkowity PEC PJ
				GJ ha <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Finlandia	196,7	9,6	4,50	12,0	2,7	2,4
Niemcy	3087,0	18,9	7,66	18,6	2,4	57,4
Grecja	2346,2	16,5	5,00	19,9	4,0	46,8
Holandia	119,3	8,1	8,73	18,1	2,1	2,2
Polska	2346,2	14,6	5,80	15,1	2,6	35,4
Portugalia	106,2	2,4	3,00	12,9	4,3	1,4

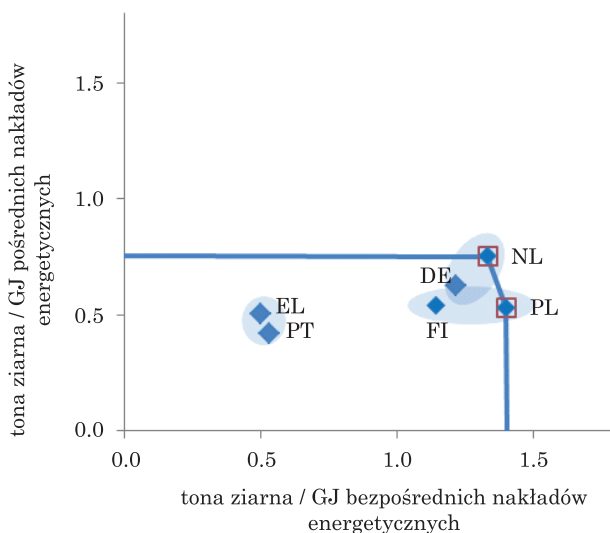
Specyficzne nakłady energii w analizowanych krajach wahały się od 2,1 GJ do 4,3 GJ na 1 tonę ziarna. Taki zakres wartości wynikał ze stosunkowo umiarkowanego zróżnicowania w zużyciu energii w przeliczeniu na 1 hektar od 12,0 GJ do 19,9 GJ oraz ze stosunkowo wysokich różnic w osiąganych plonach od 2,5 t ha<sup>-1</sup> do 8,7 t ha<sup>-1</sup>. Stwierdzono, że wraz z większymi nakładami energetycznymi uzyskuje się wyższe plony, co ilustruje rysunek 7, na którym ujęto wszystkie scenariusze systemów produkcji pszenicy o niskich, średnich i wysokich nakładach energetycznych wyszczególnione w załączniku 1.

Na rysunku 8 przedstawiono wyniki analizy efektywności energetycznej metodą DEA (Data Envelopment Analysis)<sup>6</sup> przyjmując efektywność bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych określone dla krajowych scenariuszy zakładających przeciętne nakłady energetyczne. Z analizy DEA wynika, że efektywność energetyczną produkcji pszenicy w sześciu badanych krajach można podzielić na trzy grupy. Pierwsza grupa zawiera kraje Europy

<sup>6</sup> Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. 1978. *Measuring the efficiency of decision making units*, European Journal of Operational Research, 2: 429-444.



Rys. 7. Relacja całkowitych nakładów energii w GJ · ha<sup>-1</sup> do plonów w t ha<sup>-1</sup>

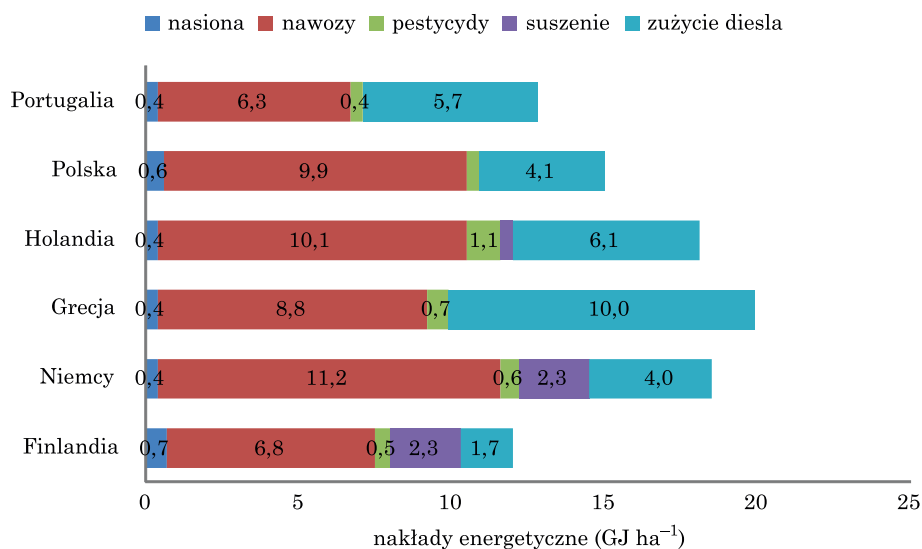


Rys. 8. Efektywność energetyczna w stosunku do tony ziarna na GJ bezpośrednich i pośrednich nakładów energii

Środkowej: Holandię z najwyższą efektywnością energetyczną – 100% oraz Niemcy – 83% względem efektywności produkcji pszenicy w Holandii. Drugą grupę stanowią kraje Europy Północno-Wschodniej: Finlandia i Polska z efektywnością odpowiednio dla wymienionych krajów 72% i 70%. Trzecią grupę stanowią kraje Europy Południowej: Grecja – 67% i Portugalia 55%.

W produkcji pszenicy, główny nakład energetyczny jest powiązany ze stosowaniem nawozów, co odzwierciedlają dane przedstawione na rysunku 9. Nakłady energii zużytej z nawozami wahały się od 6,3 GJ ha<sup>-1</sup> w Portugalii do 11,2 GJ ha<sup>-1</sup> w Niemczech. Drugim co do wielkości źródłem zużycia energii

było paliwo wykorzystane w pracach polowych. Pozostałe bezpośrednio i pośrednio nakłady energetyczne były w znacznej mierze charakterystyczne dla lokalizacji geograficznej uprawy. W krajach Europy Centralnej i Północno-Wschodniej, czyli w Niemczech, Holandii i Polsce (jedynie w scenariuszu zakładającym wysoki poziom nakładów energii) oraz w Finlandii, dodatkowe nakłady energetyczne w produkcji pszenicy były powodowane koniecznością suszenia ziarna, natomiast w krajach południowych: Portugalii i Grecji – z nawadnianiem pól.

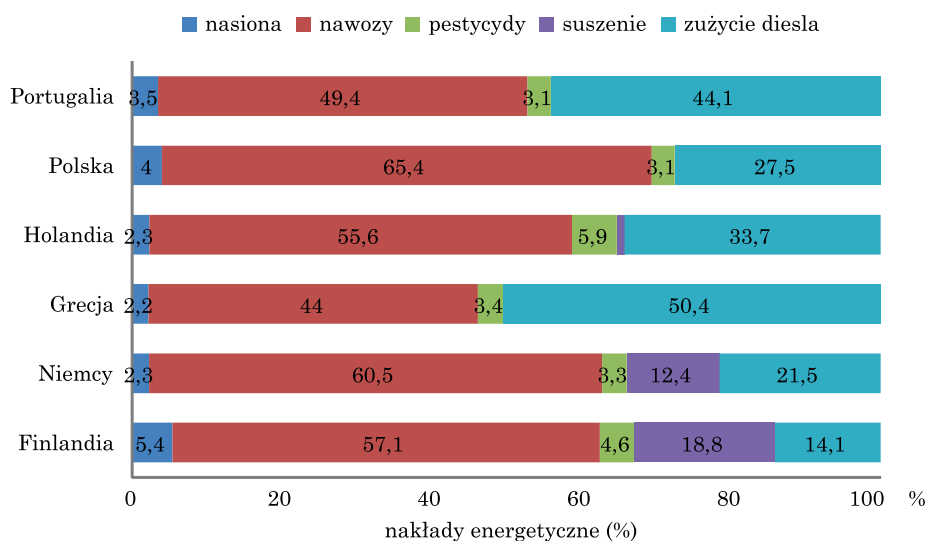


Rys. 9. Struktura nakładów energii w produkcji pszenicy in  $GJ \cdot ha^{-1}$

Zużycie energii w nakładach pośrednich stanowi znaczną część całkowitego zużycia energii w produkcji pszenicy. W zależności od kraju waha się od 50% do 72% i wynika głównie ze różnicowania w ilości stosowanych nawozów mineralnych.

Procentowy rozkład zużycia energii pierwotnej w produkcji pszenicy według strumieni nakładów został przedstawiony na rysunku 10. Specyficzne nakłady energetyczne w  $GJ$  na  $1$  ha i  $GJ$  na  $1$  tonę dla różnych strumieni nakładów można wyliczyć z danych zawartych w tabeli 6 i na rysunku 9. Na przykład, w Finlandii, Niemczech i Holandii nakłady energii na suszenie ziarna wynoszą odpowiednio 18,8%, 12,4% i 2,5%. Wyrażone jako specyficzne nakłady energetyczne, liczby te wynoszą  $0,50 GJ t^{-1}$ ,  $0,30 GJ t^{-1}$  i  $0,05 GJ t^{-1}$  pszenicy w obrocie towarowym w tych trzech krajach. Wyższa wartość w przypadku Finlandii wynika z wyższej wilgotności ziarna w czasie zniw. Jedynie

w scenariuszach zakładających wysokie nakłady energii ujęto nakłady na suszenie ziarna w Polsce, lub na nawadnianie pól pszenicy w Grecji i Portugalii.



Rys. 10. Procentowa struktura nakładów energii pierwotnej (PEC, w GJ · t<sup>-1</sup>) w uprawie pszenicy (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

### 1.6.3. Burak cukrowy

Powierzchnia uprawy buraka cukrowego w Niemczech, Polsce i Holandii w 2008 roku wynosiła odpowiednio 364,7, 247,4 i 89,5 tys. hektarów (Tabela 7). Wśród tych krajów, najwyższe plony korzeni buraka uzyskuje się w Holandii (67,1 t ha<sup>-1</sup>), przy jednocześnie najniższych nakładach energii na 1 hektar (13,7 GJ ha<sup>-1</sup>) i najwyższych nakładach energii na 1 tonę produktu (0,204 GJ t<sup>-1</sup>). W Niemczech i w Polsce poziom plonów korzeni jest podobny (60,3 i 60,0 t ha<sup>-1</sup>), ale uzyskany przy różnych nakładach energetycznych.

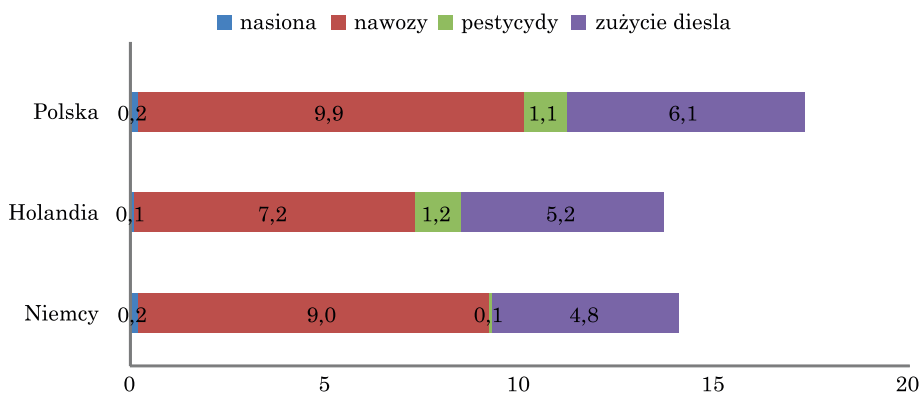
Tabela 7. Nakład energii (PEC) na produkcję buraka cukrowego w poszczególnych krajach (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

Kraj	Powierzchnia produkcyjna x 1000 ha	Wydajność t ha <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energetyczne		Całowity PEC PJ
			GJ ha <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Niemcy	364,1	60,9	14,0	0,231	5,11
Holandia	89,5	67,1	13,7	0,204	1,23
Polska	247,4	60,0	17,2	0,286	4,25



W Niemczech całkowite zużycie energii wynosiło  $14,0 \text{ GJ ha}^{-1}$  przy nakładzie  $0,235 \text{ GJ}$  na 1 tonę otrzymanych korzeni buraka, podczas gdy w Polsce całkowite zużycie energii wynosiło  $17,2 \text{ GJ ha}^{-1}$ , co odpowiada specyficznemu nakładowi  $0,286 \text{ GJ t}^{-1}$ , (o 22% więcej).

Niezależnie od kraju, struktura nakładów energii na produkcję buraka była podobna (Rys. 11). Ponad 50% całkowitego zużycia energii wynikało ze stosowania nawozów mineralnych: odpowiednio w Niemczech, Holandii i w Polsce:  $9,0 \text{ GJ ha}^{-1}$ ,  $7,2 \text{ GJ ha}^{-1}$ , oraz  $9,9 \text{ GJ ha}^{-1}$ . Pewne różnice między krajami były związane z nakładami energii na pestycydy, które w Niemczech osiągnęły wielkość  $0,1 \text{ GJ ha}^{-1}$ , w Holandii  $1,2 \text{ GJ ha}^{-1}$ , a w Polsce  $1,1 \text{ GJ ha}^{-1}$ . Drugim, pod względem nakładów energii było zużycie oleju napędowego, od  $4,8 \text{ GJ ha}^{-1}$  w Niemczech,  $5,2 \text{ GJ ha}^{-1}$  w Holandii, do  $6,1 \text{ GJ ha}^{-1}$  w Polsce. Można przyjąć, że większa efektywność energetyczna (niższe nakłady energii) w produkcji buraka cukrowego w Holandii w porównaniu z pozostałymi dwoma krajami wynikała z relatywnie mniejszego zużycia nawozów.



Rys. 11. Struktura nakładów energii w produkcji buraka cukrowego

#### 1.6.4. Ziemiak

Ziemiak w produkcji towarowej jest uprawiany na znacznym obszarze w Polsce, Niemczech i Holandii (odpowiednio 523, 244, i 73 tys. ha) (Tabela 8). Podobny poziom efektywności energetycznej produkcji cechuje Polskę i Niemcy, gdzie jedna tona bulw ziemniaka wymagała wykorzystania nakładów energii w wysokości odpowiednio  $0,627 \text{ GJ}$  i  $0,634 \text{ GJ}$ . W Holandii plon bulw był o  $8 \text{ t ha}^{-1}$  wyższy niż w Niemczech, lecz uzyskanie tego poziomu plonowania wymagało dużych nakładów energii,  $44,8 \text{ GJ ha}^{-1}$ . Każda tona

wyprodukowanych bulw ziemniaka w Holandii wymagała 0,893 GJ energii, czyli średnio o 41% wyższych nakładów energii aniżeli w Niemczech. Zupełnie odmienne wartości wskaźników otrzymano w przypadku produkcji ziemniaka w Polsce, gdzie poziom plonów stanowił 55% plonów uzyskiwanych w Holandii i 66% plonów uzyskiwanych w Niemczech, ale równocześnie zużycie energii wynosiło zaledwie 16,9 GJ ha<sup>-1</sup>.

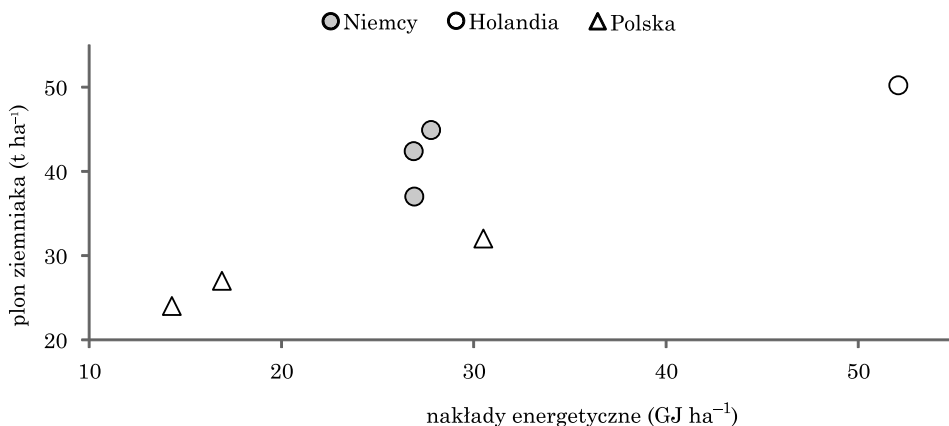
Tabela 8. Nakład energii (PEC) na produkcję ziemniaka w poszczególnych krajach (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

Kraj	Powierzchnia produkcyjna x 1000 ha	Wydajność t ha <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energetyczne		Całowyty PEC PJ
			GJ ha <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Niemcy	244,400	42,4	26,9	0,634	6,57
Holandia	73,053	50,2	44,8	0,893	3,27
Polska	529,500	27,0	16,9	0,627	8,95

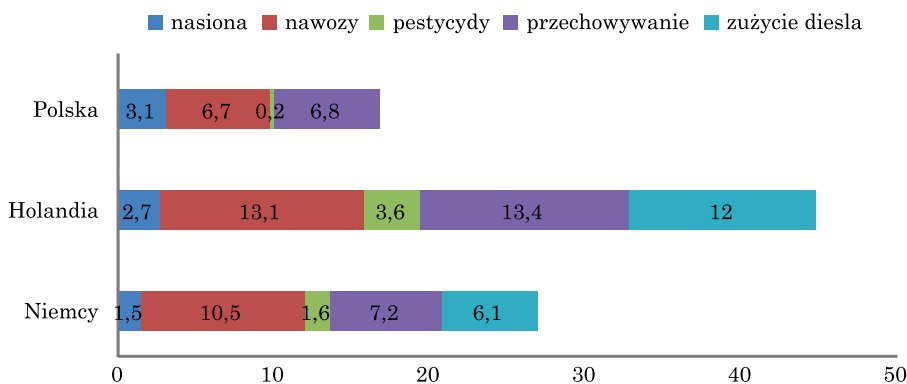
W porównaniu z Holandią i Niemcami niskie plony ziemniaka w Polsce przy niskim nakładzie energii na tonę otrzymanego produktu wynikają przede wszystkim z faktu, iż produkcja jest zlokalizowana na glebach lekkich we wschodnich i środkowych regionach Polski. Gleby te dominują w uprawach ziemniaka i wymagają relatywnie niskich nakładów energetycznych. W przeciwieństwie do Holandii typowa produkcja ziemniaka w Polsce nie zakłada zużycia energii związanej z magazynowaniem/przechowywaniem bulw. Jedynie w nielicznych gospodarstwach, które specjalizują się w produkcji ziemniaka do sprzedaży detalicznej, magazynowanie bulw jest standardem, co ujęto w scenariuszu zakładającym wysokie nakłady energii. Podobnie jest w Niemczech, gdzie jedynie scenariusz wysokich nakładów energetycznych zakładał duże zużycie energii na magazynowanie ziemniaków. Dysproporcje między danymi z poszczególnych krajów oraz relacje między rosnącymi nakładami energii a otrzymywanymi w rezultacie wyższymi plonami ziemniaka w scenariuszach zakładających różny poziom nakładów energetycznych przedstawiono na rysunku 12.

Strukturę nakładów energetycznych na produkcję ziemniaka ilustruje rysunek 13. Pomiedzy poszczególnymi krajami są zasadnicze różnice, w tym:

- w Polsce nie występują nakłady energii na magazynowanie ziemniaka (nakład taki jest wymieniany tylko w scenariuszu systemu produkcji zakładającym wysokie nakłady energii),
- bardzo wysokie zużycie oleju napędowego w Holandii: 222 L na ha, w porównaniu do 145 L w Polsce i 146 L w Niemczech,
- stosunkowo wysokie zużycie nawozów oraz nakłady energetyczne na magazynowanie bulw w Holandii.



Rys. 12. Stosunek całkowitych nakładów energii w in GJ ha<sup>-1</sup> i plonów w t ha<sup>-1</sup>



Rys. 13. Struktura nakładów energii w produkcji ziemniaka (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

### 1.6.5. Słonecznik

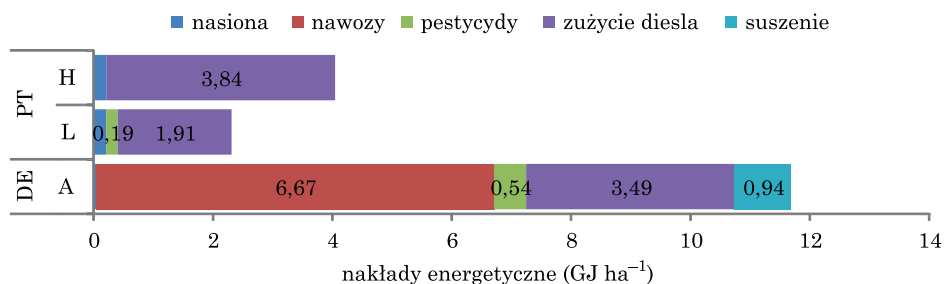
Nakłady energii na produkcję słonecznika reprezentują dane z dwóch krajów: Niemiec i Portugalii (Tabela 9). W tych krajach powierzchnia zajęta przez uprawy słonecznika w 2008 roku wynosiła odpowiednio 26,5 oraz 24,9 tys. ha. W Niemczech na uzyskanie średniego plonu na poziomie 2,31 t ha<sup>-1</sup> nakład energetyczny w przeliczeniu na 1 hektar i 1 tonę wynosił odpowiednio 11,7 GJ ha<sup>-1</sup> oraz 5,06 GJ t<sup>-1</sup>. Dane z Portugalii przedstawiono w dwóch scenariuszach – z niskimi i wysokimi nakładami energii. Odpowiadają one systemom uprawy zerowej i tradycyjnej. Plony w poszczególnych systemach uprawy wynosiły odpowiednio 0,72 t ha<sup>-1</sup> i 0,85 t ha<sup>-1</sup>, będąc prawie

Tabela 9. Zużycie energii (PEC) w uprawie słonecznika w poszczególnych krajach w relacji do przyjętych scenariuszy nakładów energetycznych

Kraj	Wariant	Powierzchnia produkcyjna x 1000 ha	Wydajność t ha <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energetyczne		Całkowity PEC PJ
				GJ ha <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Niemcy	średnie	26,5	2,31	11,69	5,06	0,310
Portugalia	niskie	24,0	0,72	2,31	3,20	0,056
	wysokie		0,85	4,05	4,76	0,097

trzykrotnie niższe niż w Niemczech, ale uzyskiwano je przy mniejszych nakładach energii: 3,20 GJ t<sup>-1</sup> w pierwszym i 4,76 GJ t<sup>-1</sup> w drugim systemie uprawy.

W Niemczech, zmienną częścią nakładów energii w przyjętych scenariuszach były nakłady bezpośrednie na suszenie i zużycie oleju napędowego dochodzące do 3,49 GJ ha<sup>-1</sup>, podczas gdy pośrednie nakłady energii utrzymywały się na podobnym poziomie. Zmienność wynikała z różnych nakładów na suszenie nasion z przedziału od 0,2 GJ ha<sup>-1</sup> do 2,0 GJ ha<sup>-1</sup>. Dużą dysproporcję w ilości energii zużytej na hektar uprawy oraz różnice w strukturze nakładów energii między Niemcami a Portugalią przedstawiono na rysunku 14. W Portugalii występował tylko jeden znaczny wydatek energii związany z zużyciem oleju napędowego, który w scenariuszu niskich nakładów energii stanowił 84% a w scenariuszu wysokich nakładów energii 95% całkowitych nakładów energetycznych. W rozważanych scenariuszach, nakłady energii pośredniej nie miały istotnego wpływu na energochłonność produkcji słonecznika, ponieważ dotyczyły jedynie materiału siewnego i stosowania herbicydów w systemie uprawy zerowej, czyli w scenariuszu zakładającym niskie zużycie energii.



Rys. 14. Struktura nakładów energetycznych w produkcji słonecznika (L, A, H – odpowiednio, scenariusze małego, średniego i dużego zużycia energii)

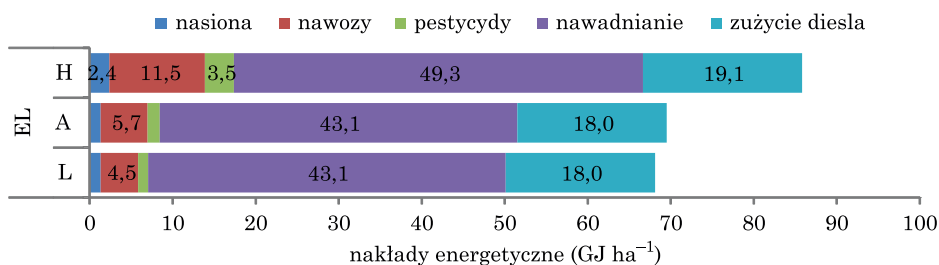
## 1.6.6. Bawełna

Wśród omawianych krajów produkcję bawełny prowadzi jedynie Grecja, gdzie uprawy tej rośliny zajmują powierzchnię 370 tys. hektarów. W scenariuszu zakładającym średnią energochłonność, całkowite zużycie energii oszacowano na 69,5 GJ ha<sup>-1</sup>, a w scenariuszach systemów produkcji z niskimi i wysokimi nakładami energii odpowiednio 68,1 GJ ha<sup>-1</sup> i 85,8 GJ ha<sup>-1</sup> (Tabela 10). W porównaniu z innymi uprawami, ten poziom zużycia energii w uprawie bawełny jest bardzo wysoki. Plon włókna bawełny w zależności od scenariusza waha się w przedziale od 3,2 t ha<sup>-1</sup> do 4,5 t ha<sup>-1</sup>, natomiast specyficzne nakłady energetyczne w przeliczeniu na 1 tonę plonu wahają się od 15,4 GJ t<sup>-1</sup> w scenariuszu średniej energochłonności do 26,8 GJ t<sup>-1</sup> w scenariuszu zakładającym duże zużycie energii. Należy zauważyć, że w systemie uprawy uwzględniającym wysokie nakłady energii plony były stosunkowo niskie: 3,2 t · ha<sup>-1</sup>.

Tabela 10. Zużycie energii (PEC) na produkcję bawełny w Grecji (trzy scenariusze nakładów energetycznych)

Kraj	Wariant	Powierzchnia produkcyjna x 1000 ha	Wydajność	Nakłady energii			Specyficzne nakłady energii GJ t <sup>-1</sup>	Całkowity PEC PJ
				bezpółśrednie	pośrednie	całkowite		
Grecja	niskie	370	4,0	61,1	7,1	68,1	17,0	25,2
	średnie		4,5	61,1	8,5	69,5	15,4	25,7
	wysokie		3,2	68,5	17,4	85,8	26,8	31,8

W uprawie bawełny energia bezpośrednia jest używana na nawadnianie 43,1-49,3 GJ ha<sup>-1</sup> i olej napędowy 18,0-19,1 GJ ha<sup>-1</sup>, a główne pośrednie nakłady energii dotyczą nawozów mineralnych: 4,5-11,5 GJ ha<sup>-1</sup> (Tabela 10, Rys. 15). Najbardziej zmienne nakłady energetyczne są związane ze stosowaniem nawozów i nawadniania, które łącznie zużywają dodatkowo 6 GJ ha<sup>-1</sup>.



Rys. 15. Struktura nakładów energetycznych w produkcji bawełny (L, A, H – odpowiednio, scenariusze niskiego, średniego i dużego zużycia energii)

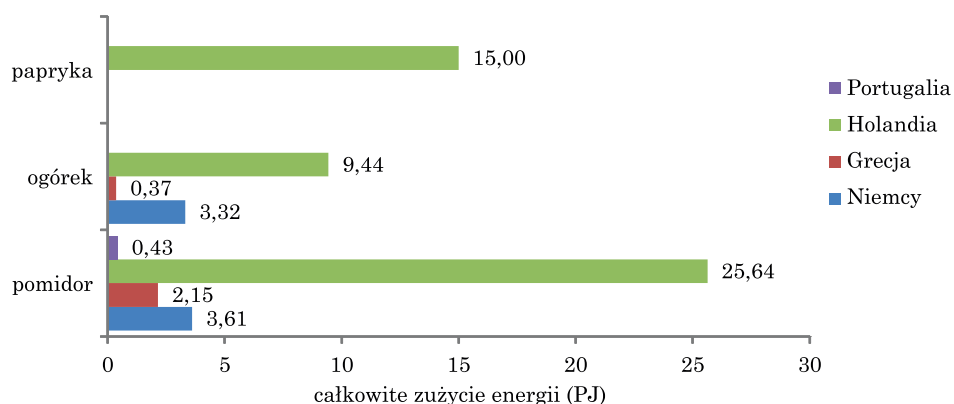
Nakłady energii zużywanej w procesie produkcji bawełny wyrażone procentowo według strumieni nakładów przedstawiono w tabeli 11. Niezależnie od scenariusza, dwa dominujące nakłady na energię były związane z nawadnianiem (57,5-63,2%) i zużyciem paliwa (22,3-26,4%). Te dwa strumienie nakładów z reguły zmniejszają się proporcjonalnie do wzrastających nakładów energii na produkcję. Jednocześnie, nakłady energii związane ze stosowaniem nawozów wzrastały istotnie od 6,6% w scenariuszu zakładającym niskie nakłady energii do 13,4% w scenariuszu z wysokimi nakładami energii.

Tabela 11. Struktura zużycia energii pierwotnej (PEC) w produkcji bawełny, w procentach

Kraj	Wariant	Posiew	Nawozy	Pestycydy	Nawodnienie	Zużycie diesla
Grecja	niskie	1,9	6,6	1,8	63,2	26,4
	średnie	1,9	8,1	2,1	61,9	25,9
	wysokie	2,8	13,4	4,1	57,5	22,3

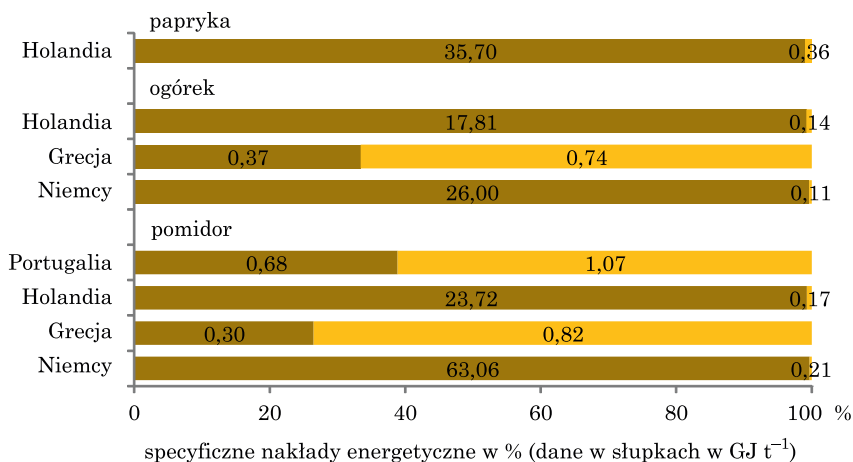
### 1.6.7. Produkcja szklarniowa – punkty kluczowe

Wśród analizowanych krajów, największe zużycie energii pierwotnej na produkcję szklarniową jest w Holandii (Rys. 16). W tym kraju, całkowita konsumpcja energii pierwotnej na produkcję pomidora, paryki i ogórka wyniosła odpowiednio 25,64 PJ, 15,00 PJ i 9,44 PJ. W Niemczech, uprawy szklarniowe angażują nakłady energii pierwotnej w ilości 3,61 PJ w produkcji pomidora i 3,32 PJ w produkcji ogórka. W Europie Południowej, duże jest zużycie całkowite energii pierwotnej na produkcję pomidora w Grecji (2,15 PJ), przy czym produkcja jest prowadzona przy względnie niskich specyficznych nakładach energetycznych ( $2 \text{ GJ t}^{-1}$ ).



Rys. 16. Całkowite zużycie energii (średnie ważone ze scenariuszy) w produkcji szklarniowej w poszczególnych krajach

**Pomidor i ogórek szklarniowy.** Specyficzne nakłady energii na produkcję szklarniową pomidora i ogórka są charakterystyczne dla dwóch odrębnych regionów – środkowoeuropejskiego, z umiarkowanym klimatem, który reprezentują Holandia i Niemcy, oraz południowoeuropejskiego, który reprezentują Grecja i Portugalia. W Europie Środkowej dominują bezpośrednie nakłady energii, które stanowią ponad 99% całkowitych nakładów energetycznych, podczas gdy w krajach na południu kontynentu nakłady bezpośrednie w strukturze nakładów stanowią 10-40% (Rys. 17).



Rys. 17. Bezpośrednie (ciemniejszy kolor) i pośrednie nakłady energetyczne na produkcję roślin szklarniowych (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

W Portugalii, pośrednie nakłady energii dotyczą stosowania podłoża, nawozów i nawadniania, podczas gdy w Grecji zużywa się inne materiały szklarniowe takie jak osłony termiczne, ekrany energetyczne (podsufitki), folie z polietylenu niskiej gęstości LDPE, folie odblaskowe, a także nawozy. W krajach klimatu umiarkowanego, pomidory i ogórki produkowane są przy bardzo wysokich nakładach energii, w Niemczech odpowiednio: 63,3 i 26,1 GJ t<sup>-1</sup> (12 654 i 13 053 GJ ha<sup>-1</sup>), w Holandii odpowiednio: 29,0 i 20,1 GJ t<sup>-1</sup> (15 110 i 15 074 GJ ha<sup>-1</sup>). W Grecji i Portugalii specyficzne nakłady energii na produkcję pomidora wynosiły odpowiednio 2,0 i 3,1 GJ t<sup>-1</sup>, a w Grecji na produkcję ogórka odpowiednio 0,9 GJ t<sup>-1</sup>.

**Papryka.** W przypadku produkcji papryki nakłady energetyczne w produkcji szklarniowej Holandii oszacowano na 36 GJ t<sup>-1</sup> (11 539 GJ ha<sup>-1</sup>) przy średnim plonie papryki na poziomie 320 t ha<sup>-1</sup>.

### 1.6.8. Pomidor

Pomidor jest dominującym warzywem w produkcji szklarniowej wielu krajów Unii Europejskiej. W niniejszych badaniach analiza nakładów energii pierwotnej na produkcję pomidora dotyczyła dwóch krajów strefy klimatu umiarkowanego: Niemcy i Holandia oraz dwóch krajów z południa Europy ze strefy klimatu śródziemnomorskiego: Grecja i Portugalia. Sumaryczne dane zestawione w tabeli 12 wskazują na istotne zróżnicowanie w zużyciu energii na produkcję szklarniową pomidora między krajami klimatu umiarkowanego w porównaniu z krajami śródziemnomorskimi.

Całkowita powierzchnia uprawy pomidora szklarniowego w Grecji wynosiła 2,5 tys. ha, a w Portugalii 1,44 tys. ha, przy czym w zdecydowanej większości produkcja jest prowadzona tradycyjnie bezpośrednio w gruncie w nieogrzewanych szklarniach. W Portugalii oszacowano scenariusze produkcji z niskim i wysokim zużyciem energii, przyjmując odpowiednio tradycyjny system uprawy bezpośrednio w gruncie oraz system uprawy hydroponicznej. W scenariuszu zakładającym niską energochłonność, plon 150 ton pomidorów z 1 hektara wymagał nakładów energii na poziomie 99 GJ ha<sup>-1</sup> a zużycie energii na 1 tonę produktu oszacowano na 0,66 GJ. Dla porównania pomidory uprawiane w systemie hydroponicznym wymagały niemal czterokrotnie większych nakładów energii 2,23 GJ t<sup>-1</sup>. W Grecji, specyficzne nakłady energetyczne wynosiły 257 GJ ha<sup>-1</sup> lub 1,12 GJ t<sup>-1</sup>. Na strukturę nakładów energii w tych dwóch krajach składa się wiele strumieni (Rys. 18). W Portugalii znaczny procent nakładów energii jest związany ze stosowaniem podłoży i nawozów oraz z nawadnianiem, podczas gdy w Grecji ponad 50% energii zużywanej w szklarniach jest to energia elektryczna a następnie różne materiały szklarniowe (osłony termiczne, ekrany energetyczne oraz folie LDPE) oraz nawozy.

Skala produkcji pomidorów i zużycia energii w krajach klimatu umiarkowanego Niemczech i Holandii jest całkowicie odmienna. W 2008 roku całkowita powierzchnia upraw szklarniowych pomidora w Niemczech wynosiła 285 ha, zaś w Holandii 1676 ha. W obu krajach produkcja pomidora jest prowadzona przy bardzo wysokich nakładach energii: 12 654 GJ ha<sup>-1</sup> w Niemczech i 15 110 GJ ha<sup>-1</sup> w Holandii (Tabela 12). Ze względu na duże różnice w plonach uzyskiwanych w obu krajach: 200 t ha<sup>-1</sup> w Niemczech i 640 t ha<sup>-1</sup> w Holandii, specyficzne nakłady energetyczne w Niemczech wynosiły 65,2 GJ t<sup>-1</sup> i były prawie dwukrotnie większe aniżeli w Holandii.

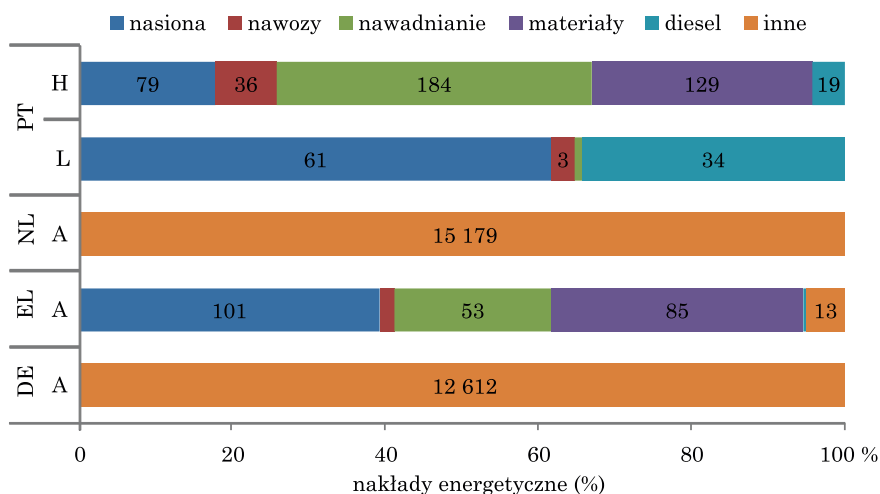
W Niemczech i w Holandii, wśród nakładów energetycznych dominują bezpośrednio nośniki energii: elektryczność i gaz ziemny, podczas gdy pozostałe nakłady w relacji do bezpośrednich nakładów energetycznych są marginalne. W produkcji szklarniowej bezpośrednio nakłady energii są ponoszone



na utrzymanie odpowiednich warunków termicznych w szklarni, ogrzewanie, wentylację i nawilżanie powietrza, zwiększenie poziomu dwutlenku węgla, nawadnianie, nawożenie i inne.

Tabela 12. Nakład energii (PEC) na produkcję szklarniową pomidora w poszczególnych krajach (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

Kraj	Wariant	Powierzchnia produkcyjna x 1000 ha	Wydajność t ha <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energetyczne		Całkowity PEC PJ
				GJ ha <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Niemcy	średnie	0,285	200	12 654	63,3	3,6
Grecja	średnie	2,500	230	257	1,12	0,64
Holandia	średnie	1,676	640	15 110	23,6	25,3
Portugalia	niskie	1,440	150	99	0,66	0,14
	wysokie		200	446	2,23	0,64



Rys. 18. Struktura nakładów energii w produkcji pomidora (dane w ramkach są wyrażone w GJ ha<sup>-1</sup> (L, A, H – odpowiednio, scenariusze małego, średniego i dużego zużycia energii)

### 1.6.9. Ogórek

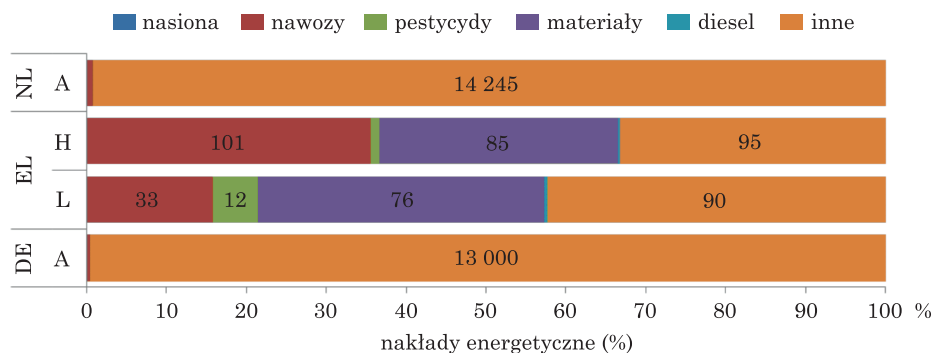
Szklarniowa produkcja ogórka w omawianych krajach jest silnie zróżnicowana zarówno pod względem osiągniętych plonów, jak i specyficznych nakładów energetycznych (Tabela 13). W Grecji, produkcja ogórka zajmuje 1,8 tys. ha, podczas gdy w Niemczech i Holandii całkowita powierzchnia uprawy liczy odpowiednio 245 i 626 ha. Plon ogórków w Grecji, gdzie założono dwa scenariusze – z niską i wysoką energochłonnością, wyniósł odpowiednio

200 t ha<sup>-1</sup> i 300 t ha<sup>-1</sup>. W Niemczech i w Holandii wydajność produkcji jest wyższa i plony wynoszą odpowiednio 500 t ha<sup>-1</sup> i 800 t ha<sup>-1</sup>. Całkowity nakład energii na produkcję ogórka był najwyższy w Holandii: 14 360 GJ na ha, co jest wielkością porównywalną z poziomem nakładów energii w Niemczech: 13 053 GJ ha<sup>-1</sup>. W tych krajach klimatu umiarkowanego podobnie wysokie są specyficzne nakłady energii przypadające na wyprodukowanie 1 tony ogórka szklarniowego, w Niemczech 26.11 GJ t<sup>-1</sup> i w Holandii 17.95 GJ t<sup>-1</sup>, podczas gdy na południu Europy, w Grecji są one nieporównanie niższe i w scenariuszach systemów produkcji z niskimi i wysokimi nakładami energii wynoszą odpowiednio 0.71 GJ t<sup>-1</sup> i 1.42 GJ t<sup>-1</sup>.

Tabela 13. Nakład energii (PEC) na produkcję szklarniową ogórka w poszczególnych krajach (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

Kraj	Wariant	Powierzchnia produkcyjna x 1000 ha	Wydajność t ha <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energetyczne		Całkowity PEC PJ
				GJ ha <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Niemcy	średnie	254	500	13 053	26,11	3,316
Grecja	niskie	1800	300	212	0,71	0,382
	wysokie		200	285	1,42	0,513
Holandia	średnie	626	800	14 360	17,95	8,989

Struktura zużycia energii na produkcję ogórka w Niemczech i Holandii jest zdominowana przez zużycie energii bezpośredniej (gaz ziemny i elektryczność), głównie na ogrzewanie. W tych krajach, drugim ważnym składnikiem w strukturze zużycia energii są nawozy mineralne. W Grecji, w obu scenariuszach systemów produkcji ogórka o niskich i wysokich nakładach energetycznych występują trzy zasadnicze składowe: materiały szklarniowe, np. ekrany energetyczne i folie LDPE (75 i 85 GJ ha<sup>-1</sup>), nawozy (33 i 101 GJ ha<sup>-1</sup>) oraz energia związana z nawadnianiem (90 i 95 GJ ha<sup>-1</sup>) (Rys. 19).



Rys. 19. Struktura nakładów energii w produkcji ogórka (dane w ramach są wyrażone w GJ ha<sup>-1</sup>; L, A, H – odpowiednio, scenariusze niskiego, średniego i dużego zużycia energii)

## 1.6.10. Papryka

Powierzchnia uprawy szklarniowej papryki w Holandii w 2008 roku wynosiła 1330 hektarów (Tabela 14).

Poziom plonowania jest wysoki i wynosi 320 t ha<sup>-1</sup>, ale uzyskiwany przy wysokich nakładach energetycznych: 11539 GJ ha<sup>-1</sup>, co oznacza, że wyprodukowanie 1 tony papryki wymaga 36.1 GJ energii.

Tabela 14. Nakład energii (PEC) na produkcję szklarniową papryki (scenariusz średnich nakładów energetycznych)

Kraj	Powierzchnia produkcyjna ha	Wydajność t ha <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energii		Całkowity PEC PJ
			GJ ha <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Holandia	1330	320	11539	36,1	15,00

Bezpośrednie nakłady energii w produkcji papryki wynoszą 99% całkowitych nakładów energii (Rys. 17). Wśród pośrednich nakładów energetycznych, najwyższy udział dotyczy stosowania nawozów mineralnych, szczególnie azotu. Udział procentowy zużycia energii związany z innymi nakładami takimi jak stosowanie pestycydów lub wzbogacanie atmosfery w szklarni dwutlenkiem węgla, choć istotne dla powodzenia produkcji, z energetycznego punktu widzenia są nakładami marginalnymi (Tabela 15).

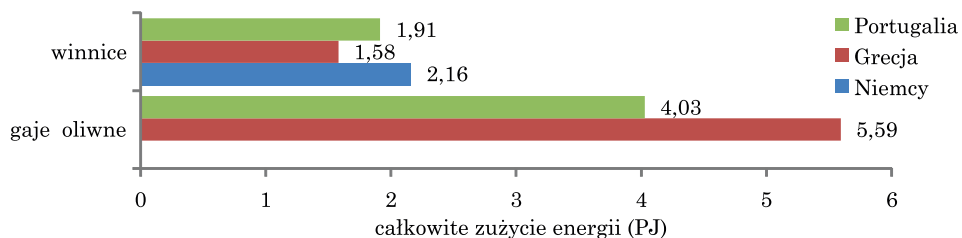
Tabela 15. Struktura nakładów energii w produkcji papryki, w GJ ha<sup>-1</sup>

Nakłady energetyczne	GJ ha <sup>-1</sup>	Nawozy	GJ ha <sup>-1</sup>	Pestycydy	GJ ha <sup>-1</sup>
Nasiona	0,0005	azot	89,3	fungicydy	1,6
Nawozy	112,6	fosfor	5,1	insektycydy	0,8
Pestycydy	2,5	potas	17,31		
Nakłady energii	11 424,0	dwutlenek węgla	0,8		

## 1.6.11. Produkcja roślin wieloletnich – punkty kluczowe

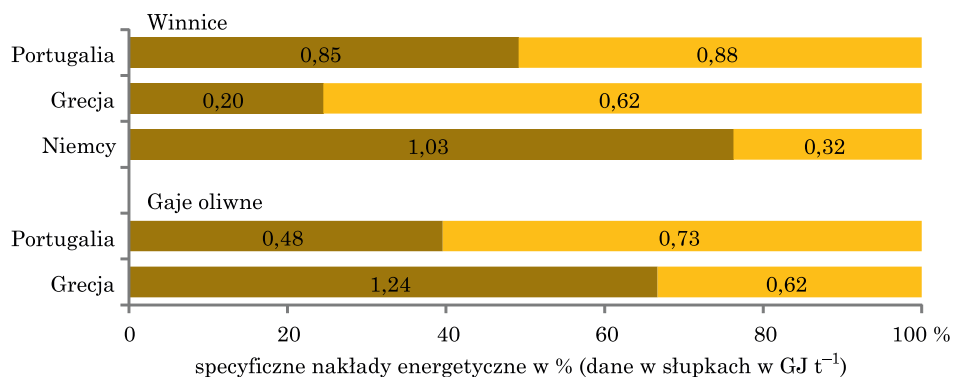
W krajach Europy Południowej, całkowite zużycie energii pierwotnej w produkcji roślin wieloletnich – oliwek i winorośli ma zasadniczy wpływ na całkowite zużycie energii w rolnictwie. Produkcja oliwek w Grecji pochłania 5,59 PJ a w Portugalii 4,03 PJ, co w porównaniu z uprawą winorośli w tych krajach stanowi o ponad 2-krotnie większych nakładach energii pierwotnej w Portugalii i ponad 3-krotnie większych nakładach energii pierwotnej w Grecji

(Rys. 20). Uprawa winorośli jako istotny sektor produkcji rolniczej występuje również w krajach Europy Centralnej – w Niemczech całkowite nakłady energii pierwotnej w tym sektorze produkcji wynoszą 2,16 PJ.



Rys. 20. Całkowite zużycie energii (średnie ważone ze scenariuszy) w produkcji roślin wieloletnich

W poszczególnych krajach charakterystyczny jest stosunek bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych. W produkcji oliwek w Grecji oraz winogron w Niemczech, stosunek ten jest jak 3-4 do 1, podczas gdy w Portugalii relacja jest odmienna i wynosi 2:3 w uprawie oliwek i 1:1 w uprawach winorośli (Rys. 21).



Rys. 21. Bezpośrednie (ciemniejszy kolor) i pośrednie nakłady energetyczne w produkcji winorośli i oliwek w poszczególnych krajach (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

**Gaje oliwne.** W kraju Europy Południowo-Zachodniej – Portugalii, plon oliwek z hektara jest istotnie wyższy niż w kraju Europy Południowo-Wschodniej – Grecji, lecz uzyskiwany przy dużo niższej efektywności energetycznej. Plon oliwek w Portugalii wynosi  $8,0 \text{ t ha}^{-1}$  przy specyficznym nakładzie energii  $1,21 \text{ GJ t}^{-1}$ . Dla porównania, w Grecji plon jest niższy o 31% ( $5,5 \text{ t ha}^{-1}$ ), ale również niższy jest specyficzny nakład energii o 11% ( $1,07 \text{ GJ t}^{-1}$ ).

**Uprawa winorośli.** Najbardziej efektywna energetycznie produkcja winogron odbywa się w Grecji, gdzie plon  $20,0 \text{ t ha}^{-1}$  jest osiągnięty przy nakładzie energii  $0,82 \text{ GJ t}^{-1}$ . Plon w Niemczech to  $15 \text{ t ha}^{-1}$ , przy wyższym nakładzie energii, a mianowicie  $0,53 \text{ GJ t}^{-1}$ . System produkcji win wysokiej jakości zakłada ograniczenie plonu poprzez przycinanie kiści winogron na etapie wczesnego rozwoju, co daje plony  $4,5 - 7,5 \text{ t ha}^{-1}$ , przy nakładach energii odpowiednio  $2,49 \text{ GJ t}^{-1} - 1,39 \text{ GJ t}^{-1}$ . Tego typu produkcja wymaga wysokich nakładów energii ze względu na stosowanie pestycydów, które w Portugalii odpowiadają za 8,7 do 70,2% całkowitych nakładów energii. Podobny scenariusz systemu produkcji winogron w Grecji zakłada plon  $14 \text{ t ha}^{-1}$  przy nakładzie energii  $1,08 \text{ GJ t}^{-1}$  z większą ilością energii zużytej na nawadnianie (59%). W Grecji i w Niemczech, główne nakłady energii dotyczą nawozów i paliw. W Grecji, głównym nakładem energii jest stosowanie nawozów (59%), a w Niemczech dominuje nakład energii powodowany zużyciem paliw (70-78%).

### 1.6.12. Oliwka

Podstawą oceny nakładów energetycznych na produkcję oliwek są dane z krajów południowych Europy – Grecji i Portugalii. W tych krajach powierzchnia uprawy oliwek wynosi odpowiednio 765,0 i 335,8 tys. hektarów (Tabela 16). W scenariuszu systemu produkcji zakładającym przeciętne zużycie energii plon oliwek w Portugalii wynoszący  $8,0 \text{ t ha}^{-1}$  był o  $2,5 \text{ t ha}^{-1}$  jest wyższy niż w Grecji, ale uzyskiwany przy wyższych nakładach energii –  $9,7 \text{ GJ ha}^{-1}$  w Portugalii i  $5,9 \text{ GJ ha}^{-1}$  w Grecji. Specyficzne nakłady energetyczne wahały się od  $1,07 \text{ GJ t}^{-1}$  w Grecji do  $1,21 \text{ GJ t}^{-1}$  w Portugalii.

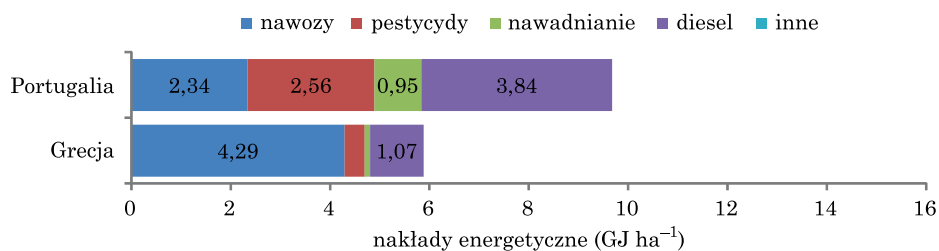
Tabela 16. Nakład energii (PEC) w produkcji oliwek w Grecji i Portugalii (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

Kraj	Powierzchnia produkcyjna ha	Wydajność $\text{t ha}^{-1}$	Specyficzne nakłady energii		Całkowity PEC PJ
			$\text{GJ ha}^{-1}$	$\text{GJ t}^{-1}$	
Grecja	765,000	5,5	5,9	1,07	4,50
Portugalia	335,841	8,0	9,7	1,21	3,25

Struktura zużycia energii w scenariuszach systemów uprawy zakładających przeciętną energochłonność jest istotnie odmienna między dwoma analizowanymi krajami (Rys. 22). Po pierwsze, w Grecji zużycie energii w nawozach ( $4,29 \text{ GJ ha}^{-1}$ ) oraz paliw zasilających sprzęt wykorzystywany do prowadzenia prac polowych ( $1,07 \text{ GJ ha}^{-1}$ ) stanowiły dwa główne nakłady

energetyczne. Z kolei, w Portugalii wyszczególniono trzy grupy nakładów: paliwo (3,84 GJ ha<sup>-1</sup>), pestycydy (2,56 GJ ha<sup>-1</sup>) i nawozy (2,34 GJ ha<sup>-1</sup>).

- Najważniejsze różnice między analizowanymi krajami wynikają z faktu, iż:
- w Grecji zużycie nawozów mineralnych jest istotnie wyższe aniżeli w Portugalii,
  - w Portugalii środki chemiczne ochrony roślin stosowane są na znacznie szerszą skalę niż w Grecji, stąd też ten strumień nakładów ma przypisane relatywnie większe nakłady energetyczne,
  - w Grecji, w przeciwieństwie do Portugalii, nie stosuje się systemów nawadniania.



Rys. 22. Struktura nakładów energii w GJ ha<sup>-1</sup> na produkcję oliwek (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

### 1.6.13. Winorośl

Wśród analizowanych krajów, zużycie energii na uprawę winorośli prezentują dane dla Niemiec, Grecji i Portugalii, przy powierzchniach upraw, odpowiednio: 102,3; 99,3, i 177,8 tys. ha (Tabela 17). Według danych Eurostatu (2010), przeciętna produkcja winogron w Grecji wynosi 10,1 t ha<sup>-1</sup>, czyli prawie 2-krotnie mniej niż wynoszą oszacowania niniejszych badań. Analizując tak dużą dysproporcję w plonach winogron przyjęto, że najprawdopodobniej w statystykach Eurostatu ujęto także produkcję winogron z upraw o bardzo niskiej intensywności, prowadzoną na greckich wycpach.

W scenariuszu z przeciętnymi nakładami energii opracowanym dla Niemiec, plon winogron na cele winiarskie wynosi 15 t ha<sup>-1</sup> i wiąże się z nakładami energii 20,3 GJ ha<sup>-1</sup>. W krajach na południu Europy, w Grecji i Portugalii, plony i nakłady energii są znacznie zróżnicowane. W Grecji plony winogron są stosunkowo wysokie, 20 t ha<sup>-1</sup>, i uzyskane przy stosunkowo niskich nakładach energii (16,3 GJ ha<sup>-1</sup>). Dane z Portugalii dotyczą dwóch scenariuszy: z niskimi (mniejszy poziom umaszynowania produkcji) oraz wysokimi nakładami energii (większy poziom umaszynowania produkcji), w których – odpowiednio – plony 4,5 t ha<sup>-1</sup> i 7,5 t ha<sup>-1</sup> są uzyskane przy nakładach energii 11,5 GJ ha<sup>-1</sup> i 10,5 GJ ha<sup>-1</sup>. Należy przy tym dodać, że w Portugalii proces przetwórstwa

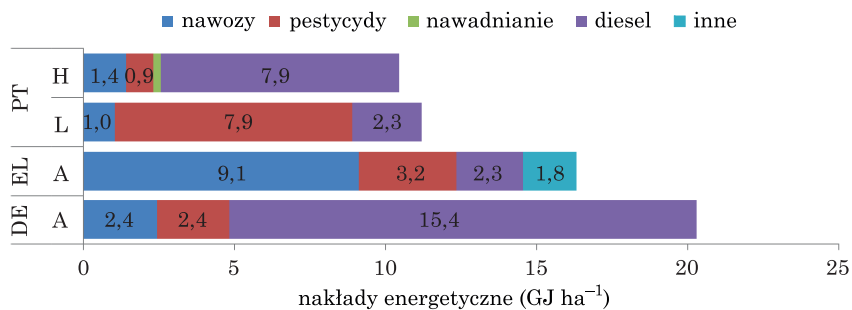
winogron i wytwarzanie wina rozpoczyna się już na plantacji. Produkcja winogron jest ograniczana przez przycinanie gron we wczesnym okresie rozwoju tak, by przy mniejszych plonach owoce miały lepszą jakość w produkcji dobrych win.

Wśród trzech omawianych krajów, specyficzne nakłady energetyczne na produkcję winogron są stosunkowo niskie w Grecji,  $0,82 \text{ GJ t}^{-1}$ . W Niemczech wynoszą  $1,35 \text{ GJ t}^{-1}$ , a w Portugalii dla analizowanych systemów produkcji z niskimi i wysokimi nakładami energii odpowiednio  $2,49 \text{ GJ t}^{-1}$  oraz  $1,39 \text{ GJ t}^{-1}$ . Niższe specyficzne nakłady energetyczne w portugalskim scenariuszu zakładającym wyższą energochłonność produkcji wynikały z faktu, iż ten scenariusz nie uwzględniał nakładów siły roboczej<sup>7</sup>.

Tabela 17. Nakład energii (PEC) w produkcji winorośli (na wino) w poszczególnych krajach (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

Kraj	Wariant	Powierzchnia produkcyjna x 1000 ha	Wydajność t ha <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energetyczne		Całkowity PEC PJ
				GJ ha <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Niemcy	średnie	102,340	15,0	20,3	1,35	2,08
Grecja	średnie	99,286	20,0	16,3	0,82	1,62
Portugalia	niskie	177,829	4,5	11,2	2,49	1,99
	wysokie		7,5	10,5	1,39	1,86

Głównym nakładem energetycznym w Niemczech jest zużycie paliwa na poziomie  $15,4 \text{ GJ ha}^{-1}$  (76%); w Grecji – stosowanie nawozów pochłaniające  $9,1 \text{ GJ ha}^{-1}$  (56%), a w Portugalii – nakłady energii związane ze stosowaniem pestycydów (głównie fungicydów) wynoszące  $7,9 \text{ GJ ha}^{-1}$  (70.2%) i  $2,3 \text{ GJ ha}^{-1}$  (8.7%) odpowiednio przy niskiej i wysokiej energochłonności (Rys. 23).

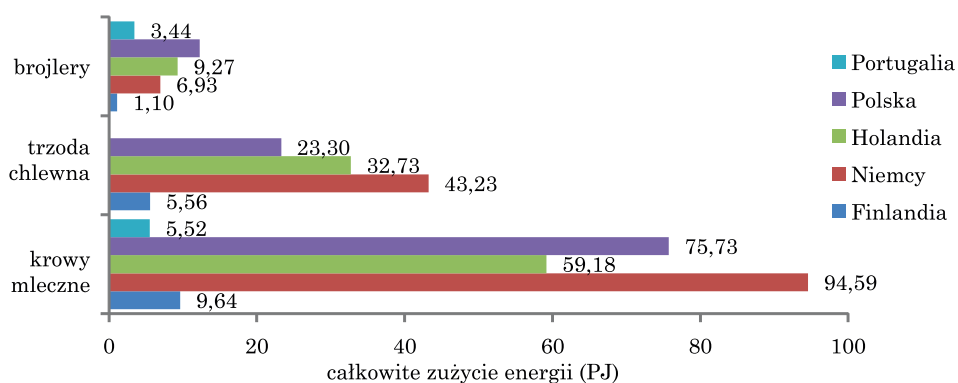


Rys. 23. Struktura nakładów energii w winnicach (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

<sup>7</sup> Dane z Portugalii zakładają dwa różne systemy uprawy winorośli w oparciu o charakterystykę topograficzną dwóch regionów uprawy: Alentejo i Douro. W scenariuszu z niskimi nakładami dla regionu Douro przyjęto niską mechanizację prac i duże nakłady siły roboczej. W scenariuszu z wysokimi nakładami energii przyjęto wyższy poziom mechanizacji prac (Alentejo).

### 1.6.14. Produkcja zwierzęca – punkty kluczowe

Sektory rolnictwa zajmujące się produkcją zwierzęcą odpowiadają za znaczną część konsumpcji energii pierwotnej w rolnictwie i są równie istotne we wszystkich krajach Unii Europejskiej. Najbardziej energochłonnym sektorem w analizowanych krajach jest produkcja mleka, a następnie trzody chlewnej i brojlerów (Rys. 24). Skala konsumpcji energii pierwotnej zależy od kraju. Wśród analizowanych krajów najwyższe absolutne wartości konsumpcji energii pierwotnej w produkcji zwierzęcej odnotowano w Niemczech, gdzie zużycie energii w produkcji bydła mlecznego, trzody chlewnej i brojlerów wynosi odpowiednio dla tych sektorów produkcji: 94,58 PJ; 43,23 PJ i 6,93 PJ.

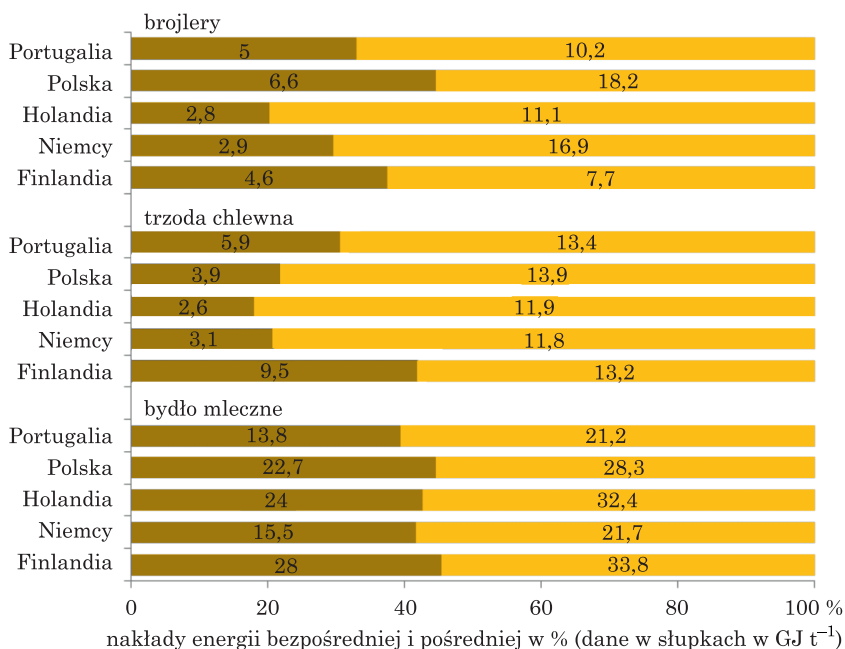


Rys. 24. Całkowite zużycie energii (średnie ważone ze scenariuszy) w produkcji zwierzęcej w poszczególnych krajach

Generalnie, w przekroju analizowanych krajów proporcje między bezpośrednimi i pośrednimi nakładami energetycznymi w chowie bydła mlecznego są bardzo zbliżone, utrzymując się w relacji 2:3 (Rys. 25). To może świadczyć o tym, że w obu grupach nakładów energii na produkcję mleka jest równie duży potencjał oszczędności energii. W produkcji trzody chlewnej i brojlerów, stosunek między bezpośrednimi i pośrednimi nakładami energetycznymi wynosi odpowiednio 1:5 i 2:3. W przypadku trzody chlewnej największe potencjalne możliwości oszczędności energii występują w grupie nakładów pośrednich.

**Bydło mleczne, produkcja mleka.** Wśród analizowanych krajów Unii Europejskiej, przeciętny nakład energii na produkcję 1 tony mleka waha się w przedziale od 2,71 GJ t<sup>-1</sup> (Niemcy) do 5,05 GJ t<sup>-1</sup> (Polska). Główny nakład energetyczny jest związany z paszami (60-85%) i bezpośrednim zużyciem nośników energii. Bezpośrednie nakłady energetyczne mają różne formy w poszczególnych krajach, np. w Holandii, Polsce i Portugalii dominuje zużycie





Rys. 25. Bezpośrednie (ciemniejszy kolor) i pośrednie nakłady energetyczne w produkcji zwierzęcej (scenariusze średnich nakładów energetycznych)

oleju napędowego na cele transportowe i prace polowe, w Niemczech – zużycie energii elektrycznej na przechowywanie mleka, a w Finlandii – wykorzystanie prądu i zrębków drzewnych na ogrzewanie wody i obór.

**Trzoda chlewna.** Specyficzne nakłady energetyczne w produkcji mięsa wieprzowego wahają się w przedziale od 14,5 GJ t<sup>-1</sup> w Holandii do 22,6 GJ t<sup>-1</sup> w Finlandii. Pośrednie nakłady energii są głównie związane z produkcją pasz (19-30%) oraz paszami (38-62%). Także i w tym przypadku pośrednie zużycie energii jest charakterystyczne dla poszczególnych krajów: zużycie oleju napędowego w Polsce (11,1-11,8%), zrębków drzewnych w Finlandii (35%) oraz elektryczności w pozostałych krajach: w Holandii (7%), Niemczech (10%) i Portugalii (21%).

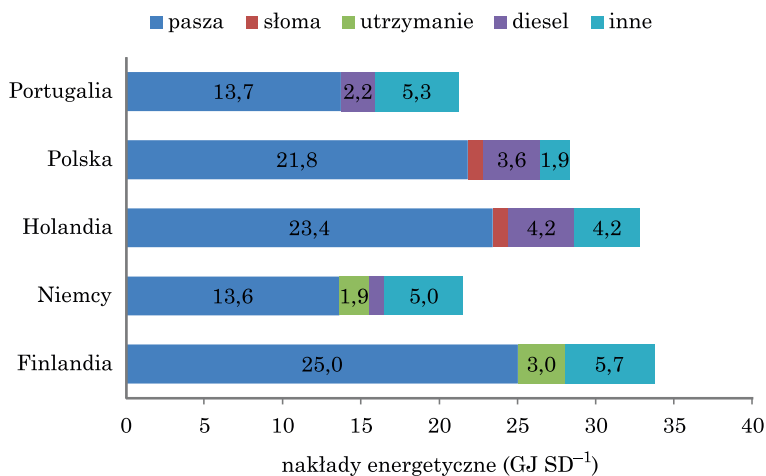
**Brojlery.** Specyficzne nakłady energii na produkcję mięsa kurzego wynoszą: 9,8 GJ t<sup>-1</sup> w Niemczech, 12,3 GJ t<sup>-1</sup> w Finlandii, 8,9 – 12,6 GJ t<sup>-1</sup> w Portugalii, 14,0 GJ t<sup>-1</sup> w Holandii, oraz 14,8 GJ t<sup>-1</sup> w Polsce. Nie ma zbyt dużych różnic w strukturze zużycia energii między regionami geograficznymi, z wyjątkiem Portugalii, gdzie ponad 90% całkowitych nakładów energetycznych dotyczy pasz. W pozostałych przypadkach, energia wydatkowana na pasze stanowi 53-74% całkowitych nakładów energetycznych.

## 1.6.15. Bydło mleczne

Pogłowie bydła mlecznego w analizowanych krajach wynosi 4 miliony w Niemczech, 2,6 mln w Polsce, 1,8 mln w Holandii oraz niemal 0,3 mln w Portugalii i Finlandii (Tabela 18). Średnie zużycie energii na jednostkę przeliczeniową bydła – sztukę dużą (SD) waha się w przedziale od 21,2 GJ SD<sup>-1</sup> w Portugalii do 33,8 GJ SD<sup>-1</sup> w Finlandii. Najbardziej efektywna energetycznie produkcja mleka w przeliczeniu na 1 tonę mleka jest prowadzona w Niemczech 2,71 GJ t<sup>-1</sup> a następnie w Portugalii 3,28 GJ t<sup>-1</sup>. Z kolei najbardziej intensywna energetycznie produkcja mleka jest w Holandii 4,52 GJ t<sup>-1</sup> i w Polsce 5,05 GJ t<sup>-1</sup>.

Tabela 18. Nakład energii pierwotnej (PEC) w produkcji mleka w poszczególnych krajach (wariant średnich nakładów energetycznych)

Kraj	Krowy mleczne x 1000	Produkcja mleka t SD <sup>-1</sup>	Specyficzne nakłady energii		Całkowity PEC PJ
			GJ SD <sup>-1</sup>	GJ t <sup>-1</sup>	
Finlandia	288,800	8,8	33,8	3,86	9,75
Niemcy	4071,200	8,0	21,7	2,71	88,17
Holandia	1800,000	7,2	32,4	4,52	58,28
Polska	2696,900	5,6	28,3	5,05	76,30
Portugalia	278,416	6,5	21,2	3,28	5,91



Rys. 26. Struktura nakładów energii w produkcji bydła mlecznego

Główne nakłady energii na produkcję mleka krowiego są związane z paszami i wynoszą 13,6 GJ SD<sup>-1</sup> w Niemczech i Portugalii oraz 25,0 GJ SD<sup>-1</sup> w Finlandii (rys. 26). Kolejne nakłady energii dotyczące tego sektora produkcji zwierzęcej są związane z budynkami inwentarskim pochłaniając od 1,94 GJ SD<sup>-1</sup> w Niemczech do 3,00 GJ SD<sup>-1</sup> w Finlandii.

Drugi co do wielkości nakład energetyczny, powszechnie występujący w analizowanych krajach jest związany z bezpośrednim zużyciem energii, przy czym rozkład istotnych nakładów energii w całkowitym bilansie energetycznym jest zróżnicowany pomiędzy krajami. W Holandii, Polsce i Portugalii tym nakładem jest przede wszystkim olej napędowy wykorzystywany w celach transportowych i pracach polowych, w Niemczech – prąd elektryczny na schładzanie i przechowywanie mleka, a w Finlandii zrębki drzewne na ogrzewanie wody i budynków

### 1.6.16. Trzoda chlewna

Wśród analizowanych krajów, największe pogłowie trzody chlewnej (27 mln sztuk) i jednocześnie najwyższa całkowita produkcja wieprzowiny jest w Niemczech (Tabela 19). Druga co do wielkości pogłowia i produkcji mięsa wieprzowego populacja trzody chlewnej znajduje się w Holandii (21 mln sztuk), a następnie w Polsce (12 mln sztuk). W grupie tych krajów największe nakłady energii na produkcję wieprzowiny ponosi Finlandia (22,6 GJ t<sup>-1</sup>) i w dalszej kolejności Portugalia (19,4 GJ t<sup>-1</sup>). Z drugiej strony, najbardziej efektywna energetycznie produkcja wieprzowiny odbywa się w Holandii (14,5 GJ t<sup>-1</sup>) i w Niemczech (14,9 GJ t<sup>-1</sup>).

Tabela 19. Nakład energii pierwotnej (PEC) w produkcji wieprzowiny w poszczególnych krajach (wariant średnich nakładów energetycznych)

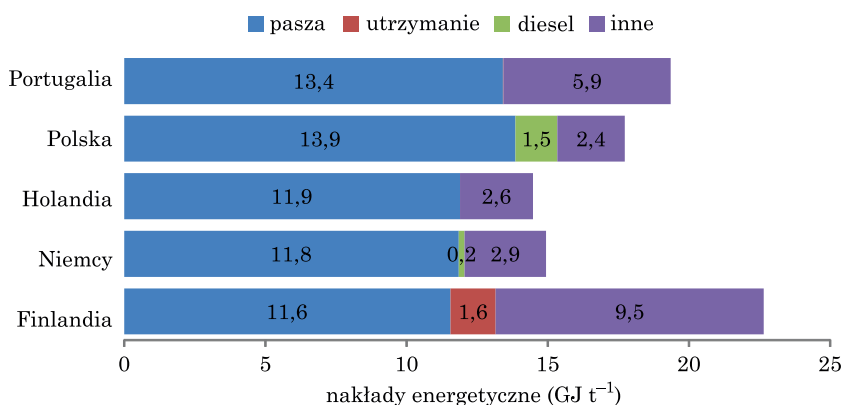
Kraj	Liczba tuczników x 1000	Produkcja mięsa <sup>1</sup> x 1000 t	Nakłady energii GJ t <sup>-1</sup>	Całkowity PEC PJ
Finlandia	2379,000	249 795	22,6	5,66
Niemcy	27571,352	2 894 992	14,9	43,24
Holandia	21500,000	2 257 500	14,5	32,69
Polska	12445,000	1 306 725	17,7	23,16
Portugalia <sup>2</sup>	1913,161	200 882	19,4	3,89

<sup>1</sup> liczba tuczników przemnożona przez 105 kg

<sup>2</sup> produkcja przemysłowa – średnie nakłady energetyczne

Najwyższe nakłady energii w produkcji wieprzowiny kojarzone są z energią zakumulowaną w paszach – od 11,6 GJ t<sup>-1</sup> w Finlandii do 13,9 GJ t<sup>-1</sup> w Polsce (Rys. 27). W całkowitych nakładach energetycznych w Finlandii pasze stanowiły ok. 50% a w Holandii ponad 80%. Zużycie prądu elektrycznego i oleju

napędowego są istotnymi nakładami energetycznymi na produkcję mięsa wieprzowego w Polsce ( $2,4 \text{ GJ t}^{-1}$  i  $1,5 \text{ GJ t}^{-1}$ ). W Portugalii drugim co do wielkości nakładem energetycznym po paszach jest zużycie prądu elektrycznego na wentylację ( $5,9 \text{ GJ t}^{-1}$ ), zaś w Finlandii – na ogrzewanie budynków inwentarskich ( $9,5 \text{ GJ t}^{-1}$ ). Ponadto, w Finlandii, poza ogrzewaniem, ponad 8% pośredniego zużycia energii w produkcji trzody chlewnej wiąże się także z budynkami inwentarskimi. W oparciu o dane zebrane w Holandii zużycie energii na produkcję prosiąt oszacowano na  $0,46 \text{ GJ}$  na  $100 \text{ kg}$  produkcji, w tym 66% energii w paszach. W całkowitym zużyciu energii, nakłady energetyczne na produkcję prosiąt w poszczególnych krajach wahały się od 19% w Finlandii do 31% w Holandii.



Rys. 27. Struktura nakładów energii w produkcji wieprzowiny (scenariusze średnich nakładów energetycznych, w Portugalii – scenariusz wysokich nakładów energetycznych)

### 1.6.17. Brojlery

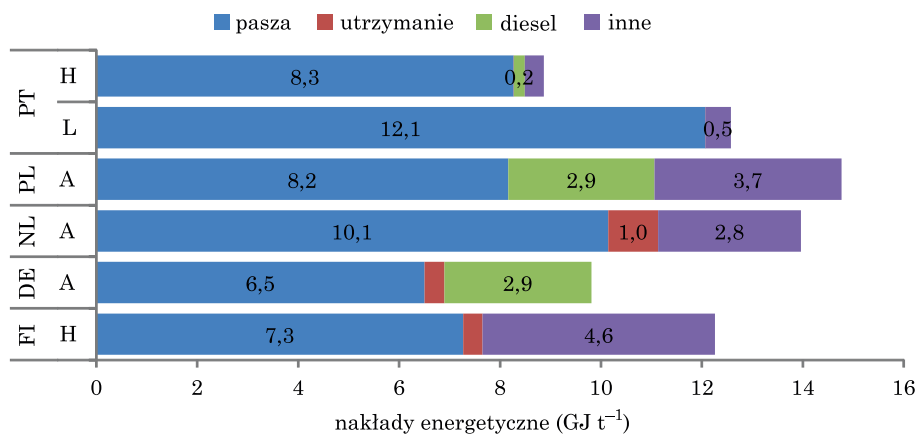
Spośród omawianych krajów, najwięcej mięsa drobiowego produkuje się w Polsce, Niemczech i Holandii, odpowiednio:  $829,3 \text{ mln ton}$ ,  $706,9 \text{ mln ton}$  i  $675,1 \text{ mln ton}$  (Tabela 20). Dane z Finlandii zostały zaprezentowane wyłącznie w wariantcie wysokich nakładów energii, a w Portugalii – według scenariusza niskich i wysokich nakładów energii. Analiza wykorzystania energii, w przeliczeniu  $\text{GJ}$  na tonę tusz drobiowych na rok, wykazała, że najbardziej wydajna energetycznie produkcja odbywa się w Niemczech ( $9,8 \text{ GJ t}^{-1}$ ) i Finlandii ( $12,3 \text{ GJ t}^{-1}$ ), oraz w Portugalii według wariantu z wysokimi nakładami energii ( $8,9 \text{ GJ t}^{-1}$ ). Produkcja brojlerów w Holandii i w Polsce charakteryzowała się podobnymi nakładami energii: odpowiednio  $14,0 \text{ GJ t}^{-1}$  i  $14,8 \text{ GJ t}^{-1}$ .

Tabela 20. Nakład, energii (PEC) w produkcji brojlerów w poszczególnych krajach

Kraj	Wariant	Średnia produkcja <sup>a</sup> x 1000 t	Nakłady energii GJ t <sup>-1</sup>	Całkowity PEC PJ
Finlandia	wysoki	89 146	12,3	1,10
Niemcy	średni	706 932	9,8	6,93
Holandia	średni	675 104	14,0	9,43
Polska	średni	829 396	14,8	12,25
Portgalia	niski	226 038	12,6	2,85
	wysoki		17,8	4,02

<sup>a</sup> Eurostat: Broilers – slaughtering (annual data – 2008), NL – 2007 [apro\_mt\_pann]

Wśród różnych nakładów energetycznych, dominujące pośrednie nakłady energii są związane z paszami. W strukturze całkowitych nakładów energetycznych wynoszą one w Niemczech 6,5 GJ t<sup>-1</sup> (66%), w Polsce 8,2 GJ t<sup>-1</sup> (55%), a w Holandii 10,1 GJ t<sup>-1</sup> (73%) (Rys. 28). W Finlandii, w scenariuszu systemu produkcji zakładającym wysokie zużycie energii, nakład na pasze wynosi 7,3 GJ t<sup>-1</sup> (59%), natomiast w Portugalii w wariantach z niskimi i wysokimi nakładami energii odpowiednio: 12,1 GJ t<sup>-1</sup> (96%) i 17,8 GJ t<sup>-1</sup> (93%). Drugim co do wielkości źródłem nakładów energetycznych jest zużycie oleju napędowego: w Niemczech 2,9 GJ t<sup>-1</sup> i w Polsce 2,9 GJ t<sup>-1</sup>. Z wyjątkiem Niemiec, w pozostałych krajach duże bezpośrednie nakłady energetyczne cechują proces produkcji drobiarskiej w krajach Europy Północno-Wschodniej: Finlandii i Polsce – głównie na ogrzewanie budynków. W przekroju analizowanych krajów poziom nakładów bezpośrednich energii waha się w przedziale od 2,8 GJ t<sup>-1</sup> w Holandii do 4,6 GJ t<sup>-1</sup> w Finlandii.



Rys. 28. Struktura nakładów energii w produkcji brojlerów (scenariusze średnich nakładów energetycznych; L, A, H – niskie, średnie, wysokie nakłady energetyczne)

## 1.7. Całkowite zużycie energii pierwotnej w sektorach rolnictwa

Ogólnie rzecz ujmując, w krajach Unii Europejskiej zużycie energii pierwotnej jest istotnie zróżnicowane między sektorami produkcji rolniczej (Tabela 21). Największe sumaryczne nakłady energetyczne głównych sektorów produkcji rolniczej są w Niemczech 223,93 PJ, a najbardziej energochłonnymi sektorami są w kolejności chów bydła mlecznego, uprawa pszenicy oraz produkcja trzody chlewnej. W Holandii i w Polsce całkowite zużycie energii w analizowanych sektorach było podobne: odpowiednio 158,45 PJ i 169,57 PJ. W Holandii najbardziej energochłonne sektory obejmują w kolejności produkcję bydła mlecznego, trzodę chlewną oraz produkcję szklarniową pomidora i papryki, zaś w Polsce odpowiednio produkcję bydła mlecznego, pszenicy, trzody chlewnej i ziemniaka. W Finlandii najwyższe zużycie energii przypada na sektory produkcji bydła mlecznego i trzody chlewnej, w Grecji – uprawy pszenicy i bawełny, zaś w Portugalii – produkcja bydła mlecznego, oliwek i brojlerów.

Tabela 21. Całkowite zużycie energii pierwotnej (PEC) jako średnie ważone ze scenariuszy według działów produkcji rolniczej, w PJ

Subsector	Finlandia	Niemcy	Grecja	Holandia	Polska	Portugalia
Pszennica	2,51	58,17	46,09	2,16	42,60	1,46
Burak cukrowy		4,95		1,23	4,34	
Ziemniak		6,65		3,81	11,33	
Słonecznik		0,32				0,08
Bawełna			27,19			
Pomidor		3,61	2,15	25,64		0,43
Ogórek		3,32	0,37	9,44		
Papryka				15,00		
Oliwka			5,59			4,03
Winorośl		2,16	1,58			1,91
Krowy mleczne	9,64	94,59		59,18	75,73	5,52
Tuczniaki	5,56	43,23		32,73	23,30	
Brojlery	1,10	6,93		9,27	12,28	3,44
Suma	18,81	223,93	82,97	158,45	169,57	16,86

## 1.8. Bibliografia

- Alakangas, T. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. 172 s.
- BioGrace standard values – version 4 – Public.xls, www.BioGrace.net; Neeft, J., Gagnepain, B., Bacovsky, D., Lauranson, R., Georgakopoulos, K., Fehrenback, H., et al., Harmonised calculations of biofuel greenhouse gas emissions in Europe, Netherlands, 2011.
- Charnes A., Cooper W., Rhodes E. 1978. Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2: 429-444.
- Edwards, R., Larivé, J.-F., Mathieu, V. & Rouveiolles, P. 2006. Well-To-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context . Well-to-tank report, version 2b, May 2006. 140 p. + 3 Appendixes.
- Gaillard, G., Crettaz, P., Hausheer, J. 1997: Umweltinventar der landwirtschaftlichen inputs im Pflanzenbau. FAT 46 Schriftenreihe der Eidg. Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik CH-8356 Tänikon TG. 45p.
- Gólaszewski J., de Visser C., Brodziński Z., Myhan R., Olba-Zięty E., Stolarski M., de Buisson F., Ellen H., Stanghellini C., van der Voort M., Baptista F., Silva L.L, Murcho D., Meyer-Aurich A., Ziegler T., Ahokas J., Jokiniemi T., Mikkola H., Rajaniemi M., Balafoutis A., Briassoulis D., Mistriotis A., Panagakis P., Papadakis G. 2012. Report on State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture. Country data on energy consumption in different agroproduction sectors in the European countries. www.agree.aula.gr.
- Hoefnagels 1994 in Van Dam J.E.G., Bos H.L. 2004. The Environmental Impact of Fibre Crops in Industrial Applications. FAO, Rome.
- Hongisto, M. 2012. Broilereiden rehut. Raisioagro Oy.
- Hörndahl, T. 2007. Energiförbrukning i jordbrukets driftsbyggnader – en kartläggning av 16 gårdar med olika driftsriktning. Rapport 145. Sveriges lantbruksuniversitet Institution för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT). 40 p.
- [http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/com\\_2011\\_8852\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy2020/roadmap/doc/com_2011_8852_en.pdf).
- [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main\\_tables](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables).
- <http://www.stewardshipindex.org/docs/Technical%20Notes%20and%20References-%20Appendix%20B-%20Guide%20to%20SISC%20Metrics.pdf>.
- Huhtamäki, T. 2008. The ProAgria Advisory Centers, ProTuotos results 2008. Available in the Internet only for registered users.; Feed Tables 2012. MTT Agrifood Research Center. Retrieved 2012-01-31. [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/feed\\_tables\\_english](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/feed_tables_english).
- Alasuutari, S., Manni, K. & Rautala, H. 2006. Lypsylehmän ruokinta ja hoito. 142 p.
- Kraatz, S. 2009. Ermittlung der Energieeffizienz in der Tierhaltung am Beispiel der Milchviehhaltung. Dissertation Humboldt-Universität Berlin. 25 May 2012. <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?id=29930>.
- Laitinen, A., Orava, R., Peltola, A., Salasmaa, O. & Ylönen, L. 1985. Energiänsäästö viljankuivauksessa. [Energy saving in grain harvesting]. Työtehoseuran julkaisuja 272. 121 p.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus 8/2012 tuettavaa rakentamista koskevista lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista. Available in the Internet: <http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2012/20120008.pdf>.
- Mihov and Tringovska (2010). *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 16(4): 454-458.
- Palonen, J. & Oksanen, E. H. 1993. Labour, machinery and energy data bases in plant production. Työtehoseuran julkaisuja 330. 106 p.
- Pelletier, N., Audsley, E., Brodt, S., Garnett, T., Henriksson, P., Kendall, A., Kramer, K., Murphy, D., Nemecek, T. and M.Troell. 2011. Energy intensity of agriculture and food systems. *Annual Review of Environment and Resources* 36:233-246.
- Peltonen, S. (edit.) 2011. Peltokasvien kasvinsuojelu. ProAgria Keskusten liitto. 64 p.
- Peltonen, S. (edit.) 2012a. Kylvötaulukko. In: Maatalouskalenteri 2012. ProAgria Keskusten liitto: pp. 177-178.
- Peltonen, S. (edit.) 2012b. Viljelykasvien lannoituksen suunnittelu ja lainsäädäntö. In: Maatalouskalenteri 2012. ProAgria Keskusten liitto: pp. 163-176.

- Peltonen, S. (edit.) 2012c. Lohkotietopankki. ProAgria Keskusten Liitto. Available in the Internet for registered users only.
- Siljander-Rasi, H., Nopanen, A., Helin, J. 2006. Sian ruokinta ja hoito. Tieto tuottamaan 114: 93 p.
- Stirling R., Kun H. 1992. An Energy Inventory For Saskatchewan Agriculture 1976-1990. Final Report. University of Regina, Regina.
- W. Bayer, Federal Statistical Office of Germany, Department E 207, personal communication, 8 Dec 2011.
- White P.R., Franke M., Hindle P. 1999. Integrated Solid Waste Management (A Life Cycle Inventory), Aspen Publications, page 185.
- Wójcicki Z. 2007. Conservation of energy and environment in agriculture and in rural areas. (In Polish: Poszanownie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich.) MonoFigure. ISBN 978-8-389806-17-8. Ed. IBMER Warsaw.
- Woods J., Williams A., Hughes J.K., Black M., Murphy R. 2010. Energy and the food system. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 365 (1554): 2991-3006.

## Sektory produkcji rolniczej

### *Pszenica*

- Alluvione, F., Moretti, B., Sacco, D., Grignani, C. 2011. EUE (energy use efficiency) of cropping systems for a sustainable agriculture. Energy 36(7): 4468-4481.
- BMELV. 2010. Besondere Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE) 2010. 25 May 2012. <http://berichte.bmelv-statistik.de/EQB-1002000-2010.pdf>.
- Danfors, B. 1988. Bränsleförbrukning och avverkning vid olika system för jordberedning och sådd. Jordbrukstekniska Institutet, meddelande nr 420. 85 p.
- Ermittlung des Kraftstoffverbrauchs in der Land- und Forstwirtschaft 2005. Österreichisches Kuratorium für Landtechnik und Landentwicklung. 5 p.
- Kalk, W.-D. & Hülsbergen, K.-J. 1999. Dieselmotoren in der Pflanzenproduktion. Landtechnik, 54(6): 332-333.
- KTBL. (2010). Betriebsplanung für die Landwirtschaft 2010/11. Darmstadt: KTBL.
- McLaughlin, N. B., Drury, C. F., Reynolds, W. D., Yang, X. M., L, Y. X., Welacky, T. W. & Stewart, G. 2008. Energy Inputs for Conservation and Conventional Primary Tillage Implements in a Clay Loam Soil.
- Meyer-Aurich, A. (2005): Economic and environmental analysis of sustainable farming practices – a Bavarian case study. Agricultural Systems, 86(2): 190-206.
- Moitzi, G., Refenner, K., Weingartmann, H. & Boxberger, J. 2008. Kraftstoffverbrauch beim landwirtschaftlichen Transport. Landtechnik, 63(5): 284-285.
- Mombarg, Herbert, Kool, Anton, Telen met Toekomst Energie en klimaatmeetlat, Eindrapport, Plant Research International, April 2009.
- Official Journal of Portuguese Government, DR n° 251, 29 Dec. 2010.
- Palonen, J. & Oksanen, E. H. 1993. Labour, machinery and energy data bases in plant production. Työtehoseuran julkaisu, 330. 106 p.
- Personal Interview with farmers in Lygaria Village, Lamia – Fthiotida Region, Central Greece (max energy inputs scenario).
- Rinaldi, M., Erzinger, S., & Stark, R. 2005. Treibstoffverbrauch und Emissionen von Traktoren bei landwirtschaftlichen Arbeiten. FAT-Schriftenreihe Nr. 65. 92 p.
- Schreuder, Remco, Leeuwen, Michaela van, Spruijt, Joanneke, Voort, Marcel van der, Asperen, Paulien, Hendriks-Goossens, Vivian, Kwantitatieve informatie, Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt 2009, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, juli 2009.
- Shahin et al (2008). American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3(4): 604-608.
- Smit, A.B., Janssens, S.R.M., Conijn, J.G., Jager, J.H., Prins, H., Luesink, H.H., Dutch energy crops, Parameters to calculate greenhouse gas emissions, LEI, June 2010.
- Statistisches Bundesamt (Destatis). 2011. Statistisches Jahrbuch 2011. 25 May 2012. <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuchKomp-lett.html>.



- Suomi, P., Lötjönen, T., Mikkola, H., Kirkkari, A.-M., & Palva, R. 2003. Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla. [Grain harvesting and storage on an enlarging farm.] Maa- ja elintarviketalous 31. 100 p. Transactions of the ASABE, Vol. 51(4): 1153-1163.
- Tsatsarelis C.A. 1993. Agriculture, Ecosystems and Environment, 43: 109-118.
- Vreuls, drs. H.H.J, Zijleman, drs. P.J., Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2-emissiefactoren, versie december 2009, SenterNovem, december 2009.
- Wójcicki Z. 2007. Conservation of energy and environment in agriculture and in rural areas. (In Polish: Poszanownie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich.). ISBN 978-8-389806-17-8. Ed. IBMER Warsaw.

### **Burak cukrowy**

- Gozelany J. 2010. Costs and energy use in the production of sugar beet. (In Polish: Koszty i energochłonność procesów produkcji buraków cukrowych). Inżynieria Rolnicza, 1(119): 191-197. <http://www.tsl.uu.se/uhdsg/publications/agriculture.pdf>.
- Kaltschmitt, M. & Reinhardt, G. A. 1997. Nachwachsende Energieträger – Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung. Braunschweig/Wiesbaden:Vieweg.
- KTBL (2004): Betriebsplanung für die Landwirtschaft 2004/05. Darmstadt: KTBL.
- KTBL. (2010). Betriebsplanung für die Landwirtschaft 2010/11. Darmstadt: KTBL.
- Mombarg H., Kool A. Telen met Toekomst Energie en klimaatmeetlat, Eindrapport, Plant Research International, April 2009.
- Ozkan B., Akcaoz H., Fert C. 2004. Energy input-output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy, 29(1): 39-51.
- Schreuder, Remco, Leeuwen, Michaela van, Spruijt, Joanneke, Voort, Marcel van der, Asperen, Paulien, Hendriks-Goossens, Vivian, Kwantitatieve informatie, Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt 2009, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, juli 2009.
- Smit, A.B., Janssens, S.R.M., Conijn, J.G., Jager, J.H., Prins, H., Luesink, H.H., Dutch energy crops, Parameters to calculate greenhouse gas emissions, LEI, june 2010.
- Statistisches Bundesamt (Dstat). 2011. Statistisches Jahrbuch 2011. 25 May 2012. <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuchKomplett.html>.
- Vreuls, drs. H.H.J, Zijleman, drs. P.J. Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2-emissiefactoren, versie december 2009, SenterNovem, december 2009.

### **Ziemiak**

- Kaltschmitt, M., Reinhardt, G. A. 1997. Nachwachsende Energieträger – Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung. Braunschweig/Wiesbaden:Vieweg.
- KTBL 2004: Betriebsplanung für die Landwirtschaft 2004/05. Darmstadt: KTBL.
- KTBL. 2010. Betriebsplanung für die Landwirtschaft 2010/11. Darmstadt: KTBL.
- Meyer-Aurich, A. 2005: Economic and environmental analysis of sustainable farming practices – a Bavarian case study. Agricultural Systems, 86(2): 190-206.
- Mombarg H., Kool A. Telen met Toekomst Energie en klimaatmeetlat, Eindrapport, Plant Research International, april 2009.
- Schreuder, Remco, Leeuwen, Michaela van, Spruijt, Joanneke, Voort, Marcel van der, Asperen, Paulien, Hendriks-Goossens, Vivian, Kwantitatieve informatie, Akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt 2009, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, juli 2009.
- Smit, A.B., Janssens, S.R.M., Conijn, J.G., Jager, J.H., Prins, H., Luesink, H.H., Dutch energy crops, Parameters to calculate greenhouse gas emissions, LEI, june 2010.
- Statistisches Bundesamt (Dstat). 2011. Statistisches Jahrbuch 2011. 25 May 2012. <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuchKomplett.html>.
- Vreuls, drs. H.H.J, Zijleman, drs. P.J., Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO2-emissiefactoren, versie december 2009, SenterNovem, december 2009. Sunflower.
- Kaltschmitt, M. & Reinhardt, G. A. (1997). Nachwachsende Energieträger – Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung. Braunschweig/Wiesbaden:Vieweg.
- KTBL (2004): Betriebsplanung für die Landwirtschaft 2004/05. Darmstadt: KTBL.

KTBL. (2010). Betriebsplanung für die Landwirtschaft 2010/11. Darmstadt: KTBL.  
Meyer-Aurich, A. (2005): Economic and environmental analysis of sustainable farming practices – a Bavarian case study. *Agricultural Systems*, 86(2): 190-206.

### ***Pomidor***

DGEG (1990 a 2006) ([www.dgge.pt](http://www.dgge.pt)).

*Georgia-Kthnotrofia Journal* (2011), 10, ISBN 1105-2465. Bolos, Magnisia Region. Hydroponics heated greenhouse (high energy input scenario in tomato production in Greece).

Hoefnagels et al. 1994 in Jan E.G. van Dam and Harriltte L. Bos – *The Environmental Impact of Fiber Crops in Industrial Applications 2004* FAO, Rome.

Mihov and Tringovska (2010). *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 16(4):454-458.

Tomatoes energy inputs in Greece. Personal Interview with the Agricultural Engineer of the „Elafonisi” Cooperative. Crete, Southern Greece. Traditional soil unheated greenhouse (low energy input scenario).

Tomatoes energy inputs in Greece. Personal Interview with the Farmer. Crete, Southern Greece. Traditional soil heated greenhouse (average energy input scenario).

### ***Ogórek***

Cucumber energy inputs in Greece. Personal Interview with the Agricultural Engineer of the „Elafonisi” Cooperative. Crete, Southern Greece. Traditional soil unheated greenhouse (low energy inputs scenario).

Cucumber energy inputs in Greece. Personal Interview with the Farmer. Crete, Southern Greece. Traditional soil heated greenhouse (high energy input scenario).

### ***Oliwki***

Kaltsas et al, (2007) *Agricultural Ecosystems & Environment*, 122, 243-251. (Thasos Island, Northern Greece. Extensive Cultivation „Throumpa” Variety – low energy inputs acenario in olives production in Greece) (low energy inputs scenario).

Mihov and Tringovska (2010). *Bulgarian Journal of Agricultural Science* 16(4):454-458.

Official Journal of Portuguese Government, DR n° 251, 29 Dec. 2010.

Olive production in Greece. Personal Interview with Prof. Kosmas, AUA. Crete, Southern Greece. Traditional cultivation „tsounati” variety (high energy inputs scenario).

Ozkan et al. (2004). *Renewable Energy*, 29: 39-51.

Personal Interview with farmers in Lygaria Village, Lamia. Fthiotida Region, Central Greece. Extensive Cultivation „Amfissis” Variety. (average energy inputs scenario).

### ***Winorośl***

<http://www.ivv.min-agricultura.pt/np4/home.html>.

Kaltschmitt, M. & Reinhardt, G. A. (1997). *Nachwachsende Energieträger – Grundlagen, Verfahren, Ökologische Bilanzierung*. Braunschweig/Wiesbaden:Vieweg.

KTBL. 2010. *KTBL-Datensammlung: Weinbau und Kellerwirtschaft*. Darmstadt: KTBL.

Vineyards energy inputs in Greece. Personal Interview with farmers in Lygaria Village, Lamia. Fthiotida Region, Central Greece. Cultivation „merlot”, „chardonnay”, „moshatos” varieties (low energy input scenario).

Vineyards energy inputs in Greece. Personal Interview with farmers in Nemea, Korinthos. Korinthos Region, Peloponnese. Cultivation „agiorgitiko” varieties with Protection of Regional Name. The maximum input scenario reflects vineyards that promote their grapes for protected regional name wine production. This means that in order to obtain good quality wine, the cultivation procedure is the same, but in the pruning the workers leave on each branch only one bud. This has a negative impact on the final yield (quantity), but also a positive impact on the quality of the produced wine.

Vineyards energy inputs in Greece. Personal Interview with farmers in Nemea, Korinthos. Korinthos Region, Peloponnese. Cultivation „agiorgitiko” Varieties without Protection of Regional Name

(average energy input scenario). The average input scenario covers the non-protected regional name wine production. This means that as quality is not the subject, the cultivation procedure is the same, but in the pruning the workers leave on each branch two buds. This has a positive impact on the final yield (quantity), but also a negative impact on the quality of the produced wine.

### ***Bydło mleczne***

- Alasuutari, S., Manni, K. & Rautala, H. 2006. Lypsylehmän ruokinta ja hoito. p. 142.
- Feed Tables 2012. MTT Agrifood research Center. Retrieved 2012-01-31. [https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/feed\\_tables\\_english](https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/Rehutaulukot/feed_tables_english).
- Grönroos, J. & Voutilainen, P. 2001. Maatalouden tuotantotavat ja ympäristö. Inventaarioanalyysin tulokset. Suomen ympäristökeskuksen moniste 231. 64 p.
- Huhtamäki, T. 2008. The ProAgria Advisory Centers, ProTuotos results 2008. Available in the Internet only for registered users.
- Kervinen, J. & Suokannas, A. 1993. Effect on post-harvest technology upon wrapped round bale silage quality. Vakolan tutkimusselostus 64. 101 s.
- Kopetz, H., Jossart, J. M., Ragossnig H. & Metschina, C. (2007). European Biomass Statistics 2007: A statistical report on the contribution of biomass to the energy system in the EU 27, European Biomass Association (AEBIOM), Brussels. pp. 73.
- Kraatz, S. 2009. Ermittlung der Energieeffizienz in der Tierhaltung am Beispiel der Milchviehhaltung. Dissertation Humboldt-Universität Berlin. 25 May 2012. <http://edoc.hu-berlin.de/docviews/abstract.php?id=29930>.
- Kraatz, S. 2012. Energy intensity in livestock operations – modeling of dairy farming systems in Germany. *Agricultural Systems* 110, 90-106.
- Maa- ja metsätalousministeriön asetus 8/2012 tuettavaa rakentamista koskevasta lypsykarjarakennusten rakennusteknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista. <http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/2012/20120008.pdf>.
- Nokka, S. 2012. ProAgria Tuotosseuranta. ProAgria Keskusten liitto.
- Plastics – Environmental asZEPts. www-document. Retrieved 2009-01-14. Available from: <http://ces.iisc.ernet.in/hpg/envis/plasdoc612.html>.
- Posio, M. 2009. Maito- ja lihanautatilojen energiankäyttö. Helsingin yliopisto, Agroteknologian laitos. Pro gradu -työ. 96 s.
- Statistische Ämter des Bundes und der Länder. (2007). Regionaldatenbank Deutschland. 03.05.2007. 25 May 2012. <https://www.regionalstatistik.de>.
- Wójcicki Z. 2007. Conservation of energy and environment in agriculture and in rural areas. (In Polish: Poszanowanie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich.) Monograph. ISBN 978-8-389806-17-8. Ed. IBMER Warsaw.
- Yearbook of farm statistics 2010. Information Centre of the Ministry of Agriculture and Forestry. <http://www.maataloustilastot.fi/maatilatilastollinen-vuosikirja-2010-fi>.

### ***Trzoda chlewna***

- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): „Optimales Mastengewicht bei Schweinen – Biologische Leistung”. 25 May 2012. [http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/14704/linkurl\\_0\\_0\\_0\\_7.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ite/schwein/14704/linkurl_0_0_0_7.pdf).
- Dalgaard, R., Halberg, N. & Hermansen, J.E. 2007. Danish pork production: An environmental assessment. 25 May 2012. <http://www.lcafood.dk/djffhus82ny.pdf>.
- Kopetz, H., Jossart, J. M., Ragossnig H. & Metschina, C. 2007. European Biomass Statistics 2007: A statistical report on the contribution of biomass to the energy system in the EU 27, European Biomass Association (AEBIOM), Brussels. pp. 73.
- Meul, M., Nevens, F., Reheul, D. & Hofman, G. 2007. Energy use efficiency of specialized dairy, arable and pig farms in Flanders. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 119(1-2): 135-144.
- Schreuder, R. et al., 2009. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegroondsgroenteteelt 2009, PPO 383.

- Statistisches Bundesamt (Dstatist). 2011. Statistisches Jahrbuch 2011. 25 May 2012. <https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/StatistischesJahrbuchKomp-lett.html>.
- Wójcicki Z. 2007. Conservation of energy and environment in agriculture and in rural areas. (In Polish: Poszanowanie energii i środowiska w rolnictwie i na obszarach wiejskich.) Monograph. ISBN 978-8-389806-17-8. Ed. IBMER Warsaw.

### **Brojlery**

- DLG. (2009). Bilanzierung der Nährstoffausscheidungen landwirtschaftlicher Nutztiere: Hähnchenmast.
- Official Journal of Portuguese Government, DR n° 251, 29 Dec. 2010.
- Broiler energy inputs in Portugal – assumed production system scenarios: for the low input scenario it was assumed lower (low energy input scenario) and higher (high energy input scenario) energy inputs associated with buildings and climate control systems and higher energy inputs associated.
- Pelletier, N. 2008. Environmental performance in the US broiler poultry sector: Life cycle energy use and greenhouse gas, ozone depleting, acidifying and eutrophying emissions. *Agricultural Systems* 98(2): 67-73.
- Statistisches Bundesamt (Dstatist). 2010. GENESIS-Online Datenbank. 25 May 2012. <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>.

## **1.9. Załączniki**

### **Załącznik 1. Warianty systemów produkcji rolniczej w zależności od nakładów energetycznych**

Jak wskazano powyżej, dla każdego procesu produkcji wyliczono jeden lub więcej wariantów, tak by wyrazić zróżnicowanie systemów produkcji w odniesieniu do zapotrzebowania na energię. Tabela 22 zawiera przegląd tych scenariuszy i ich podstawowych założeń. Ogólnie ujmując, przyjęto scenariusze systemów produkcji jeśli istnieje znaczące zróżnicowanie pomiędzy różnymi systemami produkcji, co może stanowić punkt wyjścia dla określania sposobów na oszczędzanie energii. Średnie nakłady energetyczne zostały wyliczone w oparciu o obliczenia nakładów zgodnie z danymi dostępnymi w literaturze lub według oszacowań ekspertów.

Tabela 22. Warianty nakładów energii na produkcję rolniczą

Dział rolnictwa	Kraj	Nakłady energii		
		niskie	średnie	wysokie
1	2	3	4	5
Pszonica	Niemcy	ograniczona uprawa, niskie plony, niewielkie nakłady na suszenie	wartości standardowe	uprawa tradycyjna, wysokie plony, duże nakłady na suszenie
	Grecja	niskie nawożenie, bez nawadniania (Środkowa i Północna Grecja)	tradycyjne nawożenie (Środkowa i Północna Grecja)	tradycyjne nawożenie, nawadnianie (Środkowa i Północna Grecja)

1	2	3	4	5
	Holandia		uwzględniono jeden wariant uprawy pszenicy, ponieważ systemy produkcji pszenicy w całej Holandii różnią się nieznacznie	
	Polska	niska skala produkcji, niskie plony	wartości standardowe	intensywna produkcja, wysokie plony, suszenie zboża, stosunkowo duże farmy
	Portugalia	uprawa zerowa	konwencjonalna	konwencjonalna z nawadnianiem
	Finlandia	wysiew bezpośredni, niskie nawożenie azotem, minimalna ochrona roślin	uprawa zredukowana, standardowy poziom nawożenia azotem i ochrony roślin	uprawa konwencjonalna, wysokie nawożenie azotem, intensywna ochrona roślin
Burak cukrowy	Niemcy	niskie plony i zredukowana uprawa	wartości standardowe	wysokie plony, uprawa tradycyjna
	Holandia		jedynie jeden wariant gdyż systemy produkcji w całej Holandii różnią się nieznacznie	
	Polska	małe plantacje, tradycyjna technologia uprawy	tendencja do upraszczania technologii, wyższe plony niż w technologii tradycyjnej	technologia uproszczona, stosowanie bardzo wydajnych maszyn, wysokie plony
Ziemniak	Niemcy	ograniczona gęstość sadzenia, niskie plony, uprawa ograniczona	wartości standardowe	duża gęstość sadzenia, wysokie plony, orka tradycyjna
	Holandia		celem uprawy są ziemniaki konsumpcyjne. Zastosowano tylko jeden wariant gdyż systemy produkcji na terenie całej Holandii są nieznacznie zróżnicowane	
	Polska	małe plantacje, niskie plony, niskie nakłady energii na magazynowanie, stosunkowo wysokie nakłady pracy własnej plantatora	stosunkowo małe plantacje, niskie plony, wysokie zużycie energii na magazynowanie	intensywna produkcja, wysokie plony, wysokie nakłady energii na uprawę i magazynowanie

1	2	3	4	5
Słonecznik	Niemcy	mniejsza intensywność suszenia, uprawa zredukowana, mniejsza ilość wysiewu, niskie plony	wartości standardowe	intensywne suszenie, wysoka ilość wysiewu, wysokie plony, uprawa tradycyjna
	Portugalia	uprawa zerowa		uprawa tradycyjna
Bawełna	Grecja	niskie nawożenie, tradycyjne nawadnianie	tradycyjne nawożenie, nawadnianie na średnim poziomie	wysokie nawożenie, nawadnianie na wysokim poziomie
Pomidor szklarniowy	Niemcy		wykorzystano wariant średnich nakładów energetycznych	
	Holandia	produkcja ekologiczna pomidora	produkcja masowa pomidora	pomidor koktajlowy
	Grecja	uprawa gruntowa w szklarni, osprzęt ograniczony do minimum, bez ogrzewania, niskie nawożenie, tradycyjne nawadnianie	uprawa gruntowa w szklarni, standardowy osprzęt, ogrzewanie prądem, wysokie nawożenie, nawadnianie tradycyjne	hydroponika, pełny zakres osprzętu, ogrzewanie olejem, wysoki poziom nawożenia, nawadnianie tradycyjne
	Portugalia	uprawa bezpośrednio w gruncie		hydroponika
Ogórek	Niemcy		jedynie średni wariant nakładów energetycznych został wykorzystany	
	Holandia		jeden scenariusz został wykorzystany, brak znacznych różnic w systemach produkcji w Holandii	
	Grecja	uprawa gruntowa w szklarni, minimum osprzętu, bez ogrzewania, niskie nawożenie, tradycyjne nawadnianie		uprawa gruntowa w szklarni, średnie wykorzystanie osprzętu, ogrzewanie prądem, wysokie nawożenie, tradycyjne nawadnianie
Papryka	Holandia		jeden scenariusz został wykorzystany brak znacznych różnic w systemach produkcji w Holandii	

1	2	3	4	5
Oliwka	Grecja	niskie nawożenie, bez nawadniania	średnie nawożenie, bez nawadniania	bez nawożenia, nawadnianie, stosowanie siatek do zbioru oliwek na całej powierzchni plantacji
	Portugalia	tradycyjna, obsada – 100 drzew/ha	intensywna, obsada – 400 drzew/ha	super-intensywna, obsada – 2000 drzew/ha
Winorośl	Niemcy	ograniczone zużycie ON na prace polowe oraz niższe plony	wartości standardowe	ograniczone zużycie ON na prace polowe oraz wysokie plony
	Grecja	niskie nawożenie, wysokie nawadnianie	wysokie nawożenie, niskie nawadnianie, minimalne przycinanie drzewek dla otrzymania wysokich plonów	wysokie nawożenie, niskie nawadnianie, maksymalne przycinanie dla uzyskania plonów o wysokiej jakości
	Portugalia	Region Douro – mniejsze umaszynowanie produkcji		Region Alentejo – większe umaszynowanie produkcji
Bydło mleczne	Niemcy	niskie nakłady energii na produkcję pasz treściwych i innych pasz	średnie nakłady energii na produkcję pasz treściwych i innych pasz	wysokie nakłady energii na produkcję pasz treściwych i innych pasz
	Holandia	trzy warianty w oparciu o różne poziomy nakładów pasz na krowę o wadze ok. 600 kg: 18,6; 21,1 i 23,7 kg suchej masy paszy dziennie		
	Polska	małe stada, tradycyjna technologia, obory uwieżiowe, niska produktywność mleczna, stosunkowo wysokie zużycie energii, stosunkowo wysoki nakład pracy własnej rolnika	obory bezuwięziowe, stosunkowo małe stada, stosunkowo mała wydajność mleczna, tradycyjny sposób zadawania paszy	stosunkowo wysoka wydajność w dużych stadach, zadawanie pasz porcjowe, zaawansowana technologia udoju
	Portugalia	w oparciu o naturalne pastwiska uzupełnianie paszami treściwymi i innymi; każda sztuka bydła spożywa średnio 350 g koncentratów na l mleka. Zwierzęta trzymane na zewnątrz przez cały rok. Nie ma hali udojowej – używane przenośne dojarki na zewnątrz	skład paszy zależny od doświadczenia farmera. Głównie kiszonka z kukurydzy (42%) mieszanka (33%) przygotowana zgodnie z UNIFEED: soja, gluten kukurydziany, kiszonka z życicy, pulpa z cytrusów, kiszonka z kukurydzy składniki mineralne, pasze treściwe (19%)	skład paszy zależny od doświadczenia farmera. Głównie mieszanka (42%) wg. UNIFEED: soja, gluten kukurydziany, kiszonka z życicy, pulpa z cytrusów, kiszonka z kukurydzy, składniki mineralne. Kiszonka z kukurydzy (38%), pasz treściwych (17%) i suszonego błonnika (3%). Budynki.

1	2	3	4	5
			i suszony błonnik (6%). Budynki. Zwierzęta trzymane w budynkach w okresie laktacji. Od czasu do czasu na pastwisku. Średnio 9 m <sup>2</sup> na krowę w oborze. Hala udojowa i schładzarnia mleka. Budynki magazynowe na pasze	Zwierzęta trzymane w budynkach w okresie laktacji. Od czasu do czasu na pastwisku. Średnio 8 m <sup>2</sup> na krowę w oborze. Hala udojowa i schładzarnia mleka. Budynki magazynowe na pasze
	Finlandia	dieta intensywna z kiszonkami, oraz niską zawartością energii, koncentraty białkowe	więcej energii i koncentratów białkowych niż w wariancie z niskimi nakładami energetycznymi	wysokiej jakości kiszonka podawana wraz z koncentratem białkowym wysokoenergetycznym
Trzoda chlewna	Niemcy	niższa produkcja mięsa i niskie nakłady energii na produkcję pasz treściwych	wartości standardowe	wysoka produkcja mięsa i wysokie nakłady energii na produkcję pasz treściwych
	Holandia	różne strategie paszowe stanowią podstawę różnych scenariuszy		
	Polska	tradycyjny chów w małych gospodarstwach, pasze głównie wytwarzane w gospodarstwie, odchów prosiąt	intensywny chów, zautomatyzowany system zadawania pasz	intensywny chów, zautomatyzowany system zadawania pasz, pasze częściowo produkowane w gospodarstwie
	Portugalia			przemysłowy chów świń prowadzony głównie w jednym intensywnym systemie produkcji
	Finlandia		wysokie nakłady energetyczne/nisko-kosztowa strategia żywienia	wysokie nakłady energetyczne/wysoko-kosztowa strategia żywienia
Brojlery	Niemcy	ograniczone nakłady energii na produkcję pasz	wartości standardowe	wysokie nakłady energii na produkcję pasz
	Holandia	różne strategie paszowe stanowią podstawę różnych scenariuszy		
	Polska	chów w budynkach, na ściółce. Wysoki indeks wykorzystania pasz	chów w budynkach, na ściółce. Dobry indeks wykorzystania pasz	chów w budynkach, na ściółce. Niższy indeks wykorzystania pasz
	Portugalia	żywienie intensywne w ciągu 78 dni do 3,4 kg ż.w. 0,1 m <sup>2</sup> na sztukę w budynku i 2 m <sup>2</sup> na zewnątrz		intensywne żywienie w ciągu 38 dni do 1,8 kg ż.w. 0,05 m <sup>2</sup> na sztukę
	Finlandia			intensywne żywienie w ciągu 40 dni



## Załącznik 2. Ekwiwalenty energetyczne

Nakłady energii zostały wyliczone na podstawie ekwiwalentów energetycznych, które zostały wystandaryzowane dla wszystkich uczestniczących państw. Lista ekwiwalentów energetycznych dla poszczególnych rodzajów nakładów została przedstawiona w tabeli 23.

Tabela 23. Ekwiwalenty energetyczne w odniesieniu do bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych w produkcji rolniczej

Nakłady energetyczne	Jednostka	Ekwiwalent energetyczny		
		FEC	PEC	Literatura
1	2	3	4	5
<b>Bezpośrednie nakłady energetyczne</b>				
Energia elektryczna	MJ kWh <sup>-1</sup>	3,60	9,70	BioGrace 2011
Diesel (ON)	MJ kg <sup>-1</sup>	43,10	50,00	BioGrace 2012
Gaz ziemny	MJ (m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	31,60	35,70	BioGrace 2012
Zrębki drzewne	MJ kg <sup>-1</sup> (MC 30%)	12,40	12,40	Alakangas 2000
<b>Pośrednie nakłady energetyczne</b>				
<b>Produkcja roślinna</b>				
<b>Materiał siewny:</b>				
– zboża	MJ kg <sup>-1</sup>	2,61	2,61	BioGrace 2011
– burak cukrowy	MJ kg <sup>-1</sup>	36,29	36,29	BioGrace 2011
– sadzeniaki ziemniaka	MJ kg <sup>-1</sup>	1,05	1,05	BioGrace 2011
– bawełna	MJ kg <sup>-1</sup>	52,60	52,60	BioGrace 2011
<b>Nawozy mineralne:</b>				
– azot (N)	MJ kg <sup>-1</sup>	48,99	48,99	BioGrace 2011
– fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	MJ kg <sup>-1</sup>	15,23	15,23	BioGrace 2011
– potas (K <sub>2</sub> O)	MJ kg <sup>-1</sup>	9,68	9,68	BioGrace 2011
– wapń (CaO)	MJ kg <sup>-1</sup>	1,97	1,97	BioGrace 2011
– magnez (MgO)	MJ kg <sup>-1</sup>	6,70	6,70	Mihov & Tringovska 2010
– siarka (S)	MJ kg <sup>-1</sup>	2,10	2,10	www.stewarshipindex.org
<b>Pestycydy:</b>				
– herbicydy	MJ (kg a.i.) <sup>-1</sup>	268,4	268,4	BioGrace 2011
– fungicydy	MJ (kg a.i.) <sup>-1</sup>	268,4	268,4	BioGrace 2011
– insektycydy	MJ (kg a.i.) <sup>-1</sup>	268,4	268,4	BioGrace 2011
– nematocydy	MJ (kg a.i.) <sup>-1</sup>	268,4	268,4	BioGrace 2011
<b>Inne środki produkcji:</b>				
– nawozy organiczne	MJ kg <sup>-1</sup>	0,30	0,30	Hoefnagels
– woda	MJ (m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	0,63	0,63	Mihov & Tringovska 2010
– tkaniny	MJ (m <sup>2</sup> ) <sup>41</sup>	81,00	81,00	White et al.
– podłoże szklarniowe	MJ (m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	13,00	13,00	Mihov & Tringovska 2010

1	2	3	4	5
Produkcja szklarniowa:				
– siła robocza	MJ h <sup>-1</sup>	40,00	40,00	White et al. 1999
– ekrany termiczne	MJ (m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	41,00	41,00	White et al. 1999
– folia przeciwsłoneczna	MJ (m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	170,00	170,00	White et al. 1999
– folia LDPE	MJ (m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	69,50	69,50	BioGrace 20112
Produkcja zwierzęca:				
– kiszonka, MC 70%	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	0,90	0,90	Huhtamäki 2008
– pasza z pastwisk, MC 80%	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	0,50	0,50	Huhtamäki 2008
– siano, MC 15%	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	1,90	1,90	Huhtamäki 2008
– koncentrat (zbożowy), MC 14%	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	3,60	3,60	Huhtamäki 2008
– pasze kombinowane, MC 12%	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	3,80	3,80	Huhtamäki 2008
– koncentraty białkowe, MC 12%	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	3,90	3,90	Huhtamäki 2008
– półkoncentraty, MC 12%	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	3,90	3,90	Huhtamäki 2008
– pasze przemysłowe, MC 12%	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	4,20	4,20	Huhtamäki 2008
– soja	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	4,25	4,25	Kraatz 2009
– rzepak	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	5,26	5,26	Kraatz 2009
– pszenżyto	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	3,89	3,89	Kraatz 2009
– słoma, trociny (ściółka)	MJ (kg of DM) <sup>-1</sup>	1,80	1,80	Wójcicki 2007
– woda	MJ m <sup>3</sup>	0,63	0,63	Mihov & Tringovska 2010
– budynki	MJ (m <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup>	153,00	153,00	www.finlex.fi

Skróty: MC – wilgotność; DM – sucha masa, a.i. – substancja czynna

# Rolnictwo a efektywność energetyczna – analiza makro i mikrootoczenia

Janusz Gołaszewski, Mariusz Stolarski,  
Zbigniew Brodziński, Ewelina Olba-Zięty,  
Ryszard Myhan

University of Warmia and Mazury

## 2.1. Wprowadzenie

Wdrożenie programów efektywności energetycznej w produkcji rolniczej wymaga utworzenia sprzyjającego otoczenia zewnętrznego. Tworzy je makrootoczenie z uwarunkowaniami demograficznymi, społecznymi, gospodarczymi i ekologicznymi oraz mikrootoczenie, czyli podmioty i grupy wpływów związane z rolnictwem i spoza rolnictwa. Nadrzędnym celem definiowania i opisania makro- i mikrootoczenia na poziomie kraju jest wdrożenie programów oszczędności energii w praktyce rolniczej poprzez uruchomienie przedsięwzięć mających na celu ograniczenie zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w aspekcie rozwoju zrównoważonego obszarów wiejskich i rolnictwa. Zdefiniowane makro- i mikrootoczenie powinno ułatwiać funkcjonalny transfer technologii energooszczędnych oraz identyfikowanie i eliminowanie barier tego transferu. Istnieje wiele podmiotów i grup wpływu, które mogą tworzyć otoczenie sprzyjające wdrażaniu efektywności energetycznej w rolnictwie, w tym instytucje państwowe (ministerialne, edukacyjne, doradcze, prawne, badawczo-wdrożeniowe, i inne), organizacje rolnicze, zrzeszenia rolników oraz sami rolnicy. Jakkolwiek otoczenie sprzyjające procesowi wdrażaniu polityki efektywności energetycznej w rolnictwie jest specyficzne dla danego kraju, to analiza porównawcza polityk krajowych na poziomie unijnym może ten proces ułatwić i przyspieszyć.

## 2.2. Cel i metoda

Celem niniejszego opracowania jest charakterystyka otoczenia zewnętrznego (czynniki makrootoczenia i podmioty mikrootoczenia), a także identyfikacja barier procesu implementacji efektywności energetycznej w polskim

rolnictwie. Po ogólnej charakterystyce polskiego rolnictwa w kontekście zużycia energii w produkcji rolniczej przedstawiono przegląd i dokonano klasyfikacji czynników rozwojowych, interesariuszy oraz barier opóźniających tworzenie otoczenia sprzyjającego wdrożeniom rozwiązań energooszczędnych w praktyce rolniczej. W celu wykonania systematycznej analizy otoczenia zewnętrznego zastosowano metodę DESTEP<sup>8</sup>. Akronim DESTEP oznacza analizę makro-czynników: demograficznych, ekonomicznych, społecznych, technologicznych, ekologicznych i politycznych.

## 2.3. Rolnictwo w Polsce

W Polsce, obszary wiejskie stanowią 90% całego kraju i są wielofunkcyjne w rozumieniu funkcji produkcyjnej i usługowej, zarówno rolniczej, jak i pozarolniczej oraz funkcji miejsca zamieszkania zarówno osób związanych z rolnictwem, ale coraz częściej także osób zatrudnionych w miastach.

Polska wieś charakteryzuje się dużym rozdrobnieniem gospodarstw i niską towarowością produkcji większości gospodarstw rolnych, uniemożliwiającą pełne wykorzystanie istniejących zasobów. Nie należą do rzadkości przypadki, gdy gospodarstwa są tak małe (użytki rolne stanowią powierzchnię poniżej 5 ha), że dochody z produkcji rolniczej pozwalają jedynie na zapewnienie minimum socjalnego rolnika i jego rodziny<sup>9</sup>. Jednakże w ciągu ostatniej dekady, w strukturze gospodarstw powierzchnia użytków rolnych przeciętnego gospodarstwa w Polsce powiększyła się, co jest efektem zarówno zmniejszającego się udziału procentowego małych gospodarstw o powierzchni poniżej 5 ha, jak i zwiększającego się udziału procentowego gospodarstw o powierzchni powyżej 30 ha.

Polskie rolnictwo zatrudnia 12,5% całkowitej liczby zatrudnionych w gospodarce kraju, jednakże procentowy udział rolnictwa, łowiectwa i rybactwa w wartości dodanej brutto (WDB) krajowej gospodarki wynosi zaledwie 3,5%. Oznacza to, że rolnictwo w Polsce charakteryzujące się wysoką stopą zatrudnienia, dwukrotnie wyższą aniżeli w krajach UE-27<sup>10</sup>, a wśród sektorów gospodarki ma jednocześnie najmniejszy wkład w wytwarzanie dochodu narodowego. Jednocześnie, sektor rolnictwo/leśnictwo zużywa 5,8% końcowej energii, co jest trzykrotnie więcej niż w UE-27 (Tabela 24)<sup>11</sup>. Warto jednak

---

<sup>8</sup> Cornelissen J. 2004. Corporate communications: theory and practice. TJ International, Cornwall.

<sup>9</sup> Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa na lata 2012-2020. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 2012.

<sup>10</sup> State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture, Project Deliverable 2.1. ([www.a-gree.aua.gr/index-4.html](http://www.a-gree.aua.gr/index-4.html))

<sup>11</sup> j.w.

zauważyć, że zmiany ustrojowe w latach dziewięćdziesiątych XX wieku pozwoliły na dokonanie w polskim rolnictwie zasadniczych przemian polegających na powstaniu wielkoobszarowych gospodarstw towarowych, co z kolei w okresie ostatniego dziesięciolecia pozwoliło ograniczyć zużycie energii o ok. 40%<sup>12</sup>. Według danych Eurostatu, w okresie od 1998 roku do 2008 roku, średnioroczne zużycie energii w rolnictwie malało o 1,35% w UE-27 i o 2,13% w Polsce. Jednocześnie intensywność emisji CO<sub>2</sub> związana z konsumpcją energii w Polsce wynosi 3,37 t CO<sub>2</sub> toe<sup>-1</sup>, co jest wielkością ponad 35% wyższą niż w krajach UE-27<sup>13</sup>.

Tabela 24. Całkowite zużycie energii końcowej (FEC) i FEC z rolnictwa (łącznie z leśnictwem) za lata 1998 i 2008

	Całkowite FEC in PJ	FEC w rolnictwie (łącznie z leśnictwem) PJ		FEC w rolnictwie (łącznie z leśnictwem) %		Średnioroczny wskaźnik wzrostu %	
	1998	2008	1998	2008	1998	2008	1998-2008
EU-27	46 658	49 205	1257	1071	2.7	2.2	-1.35
Polska	2526	2606	198	152	7.8	5.8	-2.13

W odniesieniu do rolnictwa Unii Europejskiej, Polska jest czołowym producentem nabiału, jabłek, ziemniaka, żyta, rzepaku, trzody chlewnej i bydła. Polskie przetworzone owoce i warzywa, mięso oraz produkty nabiałowe mają uznaną markę i przynoszą dodatni bilans handlowy. Produkcja roślinna i zwierzęca wynosi odpowiednio 36,9 i 63,1 całkowitej produkcji towarowej, wyrażonej w cenach stałych, z dominującymi sektorami produkcji zbóż (8,6) i roślin przemysłowych (8,7) w produkcji roślinnej oraz produkcji mleka (20,0), trzody chlewnej (19,7), brojlerów (10) w produkcji zwierzęcej (tabela 25)<sup>14</sup>. Roczna średnia

Tabela 25. Struktura produkcji towarowej wyrażona w cenach stałych (100 = produkcja roślinna + produkcja zwierzęca)

Produkcja roślinna	Udział w produkcji	Średnia stopa wzrostu (%)	Produkcja zwierzęca	Udział produkcji	Średnia stopa wzrostu (%)
Całkowita	36.9	-0.4	Całkowita	63.1	0.2
Zboże	8.6	-3.5	Bydło	6.1	9.8
Rośliny przemysłowe	8.7	9.5	Tuczniaki	19.7	-3.7
Ziemniaki	4.5	5.7	Brojlery	10.1	1.5
Warzywa	7.6	0.3	Jaja	5.1	1.3
Owoce	4.2	-9.5	Mleko	20	2.3

<sup>12</sup> Drugi Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski 2011. Ministerstwo Gospodarki, 2012.

<sup>13</sup> Eurostat 2009.

<sup>14</sup> Charakterystyka obszarów wiejskich w 2008 roku Główny Urząd Statystyczny, 2010.

stopa wzrostu w monitorowanym pięcioletnim okresie od 2003 do 2007 była ujemna w przypadku towarowej produkcji roślin zbożowych (-3,5% rocznie) oraz trzody chlewnej (-3,7%), a dodatnia w przypadku produkcji roślin przemysłowych (+9,5%) i bydła (+9,8%).

Oprócz bezpośredniego zużycia energii, zasadniczym pośrednim nakładem energetycznym w produkcji roślinnej są nawozy i pestycydy. W przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych w 2011 roku zużyto w rolnictwie 126 kg NPK. W ogólnym zużyciu nawozów mineralnych w przeliczeniu na czysty składnik azot (N) stanowił 56 %, fosfor ( $P_2O_5$ ) – 21% i potas ( $K_2O$ ) – 23%<sup>15</sup>. Dynamika wykorzystania NPK ma trend wzrostowy, przy czym w mniejszym stopniu rośnie zużycie nawozów azotowych, w większym zaś stopniu – nawozów fosforowych i potasowych. Wyraźną tendencję zniżkową ma natomiast wykorzystanie nawozów wapniowych. Z kolei, łączna sprzedaż substancji aktywnej pestycydów w Polsce w 2010 roku wynosiła 19 449 ton i w przekroju ostatniego dziesięciolecia wykazywała tendencje wzrostowe, aczkolwiek w przypadku tej grupy środków produkcji większe są wahania zużycia pestycydów w latach.

W produkcji zwierzęcej podstawowa część pośrednich nakładów energetycznych jest związana z paszami. Łączna sprzedaż pasz w 2010 roku wynosiła 7299 mln ton, w tym 58% stanowiły pasze dla drobiu, 22% – pasze dla trzody chlewnej i 14% pasze dla bydła.

Wymienione wskaźniki i uwarunkowania wskazują jednoznacznie, że polskie rolnictwo ma niewielki udział w tworzeniu wartości dodanej brutto kraju, natomiast ma wysoki potencjał poprawy efektywności energetycznej i w efekcie relatywnie wysoki potencjał redukcji emisji  $CO_2$ . Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, iż znaczenie rolnictwa w rozwoju gospodarczym Polski stopniowo zmniejsza się, głównie za sprawą dokonujących się procesów deruralizacji i dezagraryzacji, co skutkuje zmniejszającym się udziałem pracy ludzkiej zaangażowanej w produkcję rolniczą oraz dochodu rolniczego jako głównego źródła utrzymania.

## 2.4. Siły sprawcze poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie

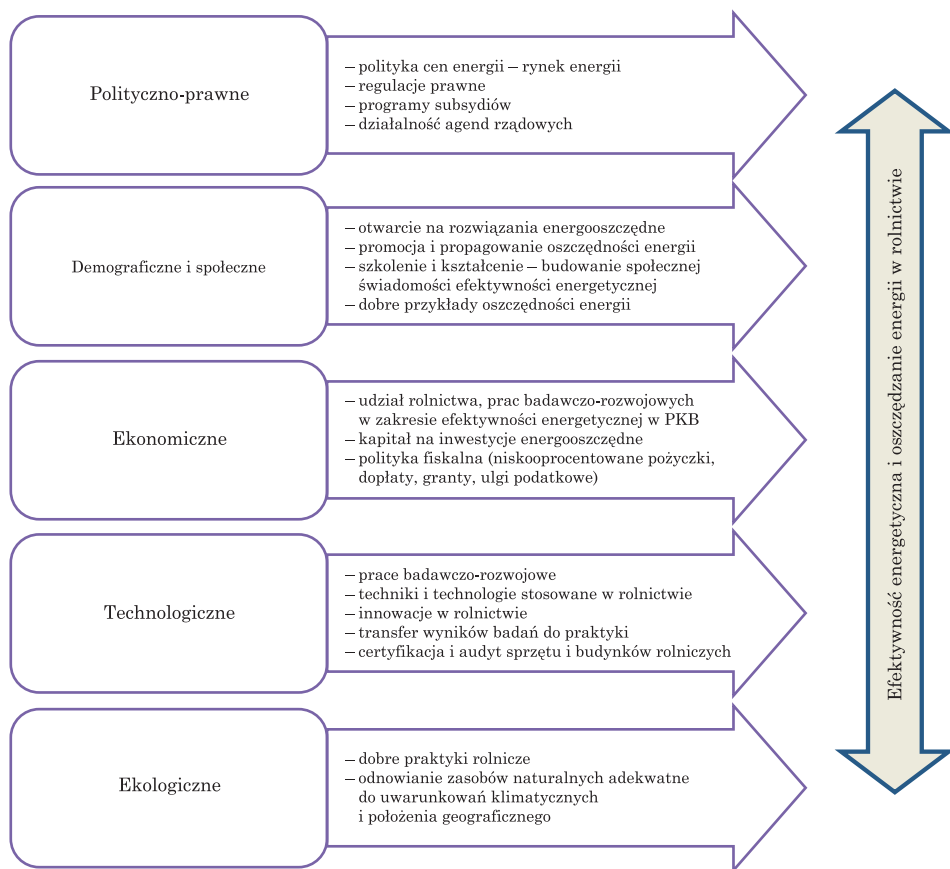
Siłami sprawczymi określa się czynniki otoczenia, które sprzyjają rozwojowi i implementacji polityki efektywności energetycznej i oszczędzania energii w praktyce rolniczej. Zidentyfikowane czynniki wspomagają podstawy podejmowania racjonalnych decyzji związanych z zastosowaniem w produkcji nowej, efektywnej energetycznie technologii oraz ze zmianami na poziomie

---

<sup>15</sup> Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2010/2011. GUS, Warszawa 2011.

gospodarstwa, gminy lub też ze zmianami natury organizacyjnej w samym procesie produkcji. Niektóre z nich mogą być wdrożone, a inne nie będą wdrożone ze względu na niezadowalający efekt wdrożenia wynikający bądź to z niskiej opłacalności lub z ograniczonej wykonalności (np. technicznej).

Wiele czynników sprawczych można łączyć w różne grupy w zależności od ich znaczenia w procesie usprawniania efektywności energetycznej. Niektóre z czynników są ściśle przypisane do danej grupy, np. regulacje prawne dotyczące efektywności energetycznej są w grupie czynników politycznych, podczas gdy inne z nich np. regulacje fiskalne mogą być ujęte w grupie czynników politycznych lub ekonomicznych. Ponadto, w charakterystyce otoczenia dana siła sprawcza można być uznana jako bariera lub na odwrót – czynnik sprzyjający. Na rysunku 29 przedstawiono ogólny schemat przyjętej analizy sił sprawczych otoczenia usprawnienia efektywności i oszczędności energii w rolnictwie.



Rys. 29. Siły sprawcze procesu implementacji efektywności energetycznej i oszczędności energii w rolnictwie

### 2.4.1. Czynniki polityczne i legislacyjne

W poprawie efektywności energetycznej w rolnictwie polityka rządu jest czynnikiem nadrzędnym. Odziaływanie polityczne ma szeroki wymiar, jednak wiąże się przede wszystkim z regulacjami rozwoju rynku energetycznego takimi jak zabezpieczenie i dywersyfikacja dostaw energii oraz niskie ceny energii, a w mniejszym stopniu z bezpośrednimi działaniami w zakresie programów dotyczących efektywności energetycznej np. wdrażania programów oszczędności energii w rolnictwie.

Polska jest zobligowana do wdrażania dyrektywy 2006/32/WE w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych (Dz. Urz. L 114 z 27.4.2006) oraz dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków 2012/31/WE (Dz. Urz. L 153 z 18.06.2010 roku). Realizując powyższe zobowiązania, polski ustawodawca w celu zwiększenia efektywności energetycznej implementował postanowienia powyższej dyrektywy m.in. w ustawie z dnia 15 kwietnia 2011 roku o efektywności energetycznej (Dz.U. 94, poz. 551). Ustawa określa ramy wsparcia i mechanizmy działań związanych z poprawą efektywności energetycznej. Ustawa przewiduje również system monitorowania i gromadzenia danych, w tym związanych z rolnictwem. Integralnym elementem ustawy jest system białych certyfikatów, który stanowi rynkowy mechanizm prowadzący do uzyskania wymiernych oszczędności w trzech obszarach: zwiększenia oszczędności energii przez odbiorców końcowych, zwiększenie oszczędności energii przez urządzenia na potrzeby własne oraz zmniejszenia strat energii elektrycznej, ciepła i gazu ziemnego w przesyłce i dystrybucji. Ustawodawca wyznacza krajowy cel w zakresie oszczędnego gospodarowania energią, określając iż do 2016 roku należy osiągnąć oszczędność energii finalnej w ilości nie mniejszej niż 9% średniego krajowego zużycia tej energii w ciągu roku, przy czym uśrednienie obejmuje lata 2001-2005.

Drugi Krajowy Plan działań dotyczący efektywności energetycznej został przyjęty przez parlament 17 kwietnia 2012 roku<sup>16</sup>. Dokument ten zawiera szczegółowy opis planowanych środków na poprawę efektywności energetycznej oraz określa działania mające na celu poprawę efektywności energetycznej w poszczególnych sektorach gospodarki, niezbędnych dla realizacji Krajowego Celu w zakresie oszczędnego gospodarowania energią na rok 2016. Oprócz tego dokumentu w 2009 roku Rada Ministrów podjęła uchwałę w sprawie przyjęcia dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”<sup>17</sup>. Dokument ten

---

<sup>16</sup> Drugi Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski. Ministerstwo Gospodarki, 2011.

<sup>17</sup> Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Ministerstwo Gospodarki, 2009.



opracowany na podstawie ustawy Prawo Energetyczne przedstawia strategię państwa w tym obszarze. Główne cele polityki energetycznej to m.in.: dążenie do utrzymania zeroenergetycznego wzrostu gospodarczego i zmniejszenie energochłonności polskiej gospodarki. Z punktu widzenia rolnictwa wybrane zapisy dotyczą kwestii:

- oznaczenia energochłonności urządzeń i produktów zużywających energię;
- wsparcia inwestycji w zakresie oszczędności energii przy zastosowaniu kredytów preferencyjnych oraz dotacji ze środków krajowych i europejskich;
- wspierania prac naukowo-badawczych w zakresie nowych rozwiązań i technologii zmniejszających zużycie energii we wszystkich kierunkach jej przetwarzania oraz użytkowania;
- organizacji kampanii informacyjnych i edukacyjnych, promujących racjonalne wykorzystanie energii.

Oprócz ww. działań, kontynuowana będzie realizacja wieloletniego programu promocji biopaliw i innych paliw odnawialnych w transporcie na lata 2008-2014 (24 lipca 2007 roku), przy czym część z tych zadań w zakresie prawnym realizowana jest w oparciu o Prawo Energetyczne. Elementem tej polityki będą odrębne regulacje prawne w zakresie odnawialnych źródeł energii

W oparciu o wyżej wymienione dokumenty polityczne oddziaływanie rządu może dotyczyć działań w zakresie regulacji rynku energii, w tym certyfikacji urządzeń i usług, programów wsparcia i polityki fiskalnej: regulacji podatkowych, rabatów, dedykowanych pożyczek i gwarancji ryzykowanych przedsięwzięć, i innych.

## 2.4.2. Czynniki demograficzne

Obszary wiejskie w Polsce zamieszkuje 14,9% ludności kraju<sup>18</sup>. Z demograficznego punktu widzenia, populację ludności wiejskiej w Polsce wyróżniają pozytywnie następujące atrybuty:

- *stosunkowo młoda ludność* – w 2010 roku mediana wieku kobiet i mężczyzn zamieszkujących obszary wiejskie wynosiła odpowiednio 37,6 i 35,0 lat. Ta korzystna sytuacja może zostać odwrócona w perspektywie kilkunastu lat, bowiem ma miejsce stopniowy wzrost udziału ludności w wieku produkcyjnym i poprodukcyjnym, przy jednoczesnym zmniejszaniu się udziału ludności w wieku przedprodukcyjnym. Korzystna struktura wiekowa społeczności wiejskich może sprzyjać wdrażaniu postaw i rozwiązań innowacyjnych związanych z oszczędnością energetyczną;

---

<sup>18</sup> Obszary wiejskie w Polsce. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, Olsztyn, 2011.

- *wzrastające zainteresowanie mieszkańców miast osiedlaniem się na terenach wiejskich*, jednak głównie w obrębie oddziaływania dużych ośrodków miejskich. W porównaniu z danymi z 1999 roku liczba ludności wiejskiej wzrosła o 2,4%. Ludność osiedlającą się na obszarach wiejskich stanowią głównie osoby, które zwracają uwagę na walory środowiskowe nowego miejsca zamieszkania, zatem otwarte i bardziej skłonne do wdrażania rozwiązań oszczędzających energię.

Z kolei, wśród uwarunkowań i tendencji rozwojowych postrzeganych jako pejoratywne, które jednak w pewnych specyficznych okolicznościach mogą sprzyjać poprawie efektywności energetycznej, wymienić należy:

- *mała gęstość zaludnienia* – średnia gęstość zaludnienia obszarów wiejskich w kraju wynosi 51 osób km<sup>-2</sup>. Na jedną miejscowość wiejską przypada średnio 278 osób. Takie uwarunkowania sprawiają, iż wraz z rozwojem nowych i efektywnych energetycznie technologii może wzrastać zainteresowanie pozyskaniem energii z lokalnych źródeł pozyskania energii;
- *rośnie mediana wieku ludności wiejskiej* – wpływ na to ma wydłużanie się przeciętnej długości życia oraz relatywnie niska liczba urodzeń. Od 1999 roku mediana wieku mężczyzn i kobiet zamieszkujących obszary wiejskie w kraju wzrosła średnio o taką samą liczbę 3,2 lata. Obserwowane starzenie się społeczności wiejskiej skutkuje znacznym wzrostem wskaźnika obciążenia demograficznego<sup>19</sup>. Paradoksalnie, w odniesieniu do efektywności energetycznej omawiana przesłanka może sprzyjać wdrażaniu technologii i rozwiązań o niskiej pracochłonności;
- *niska aktywność zawodowa* – przeciętnie, tylko 55,2% spośród 12 mln ludności w wieku 15 lat i więcej zamieszkującej na wsi. Współczynnik aktywności zawodowej ludności związanej z gospodarstwem rolnym wynosi 66,1%, a ludności niezwiązanej z gospodarstwem rolnym – 47,3%. Mimo znaczących zasobów wolnej siły roboczej na obszarach wiejskich istnieją ograniczone możliwości jej wykorzystania w wielkoskalowej produkcji towarowej oraz zwiększenia aktywności gospodarczej, w tym także związanej z alternatywną produkcją rolniczą na cele energetyczne, wytwarzaniem i dystrybucją energii i biopaliw.

### 2.4.3. Czynniki społeczne

Zasoby kapitału ludzkiego, poziom zatrudnienia, aktywność społeczna i poziom życia mieszkańców wsi, a także świadomość gospodarowania zasobami energetycznymi w rolnictwie w sposób oszczędny, są determinantami

---

<sup>19</sup> Iloraz liczby mieszkańców w wieku pozaprodukcyjnym do liczby mieszkańców w wieku produkcyjnym.

stopnia i szybkości adaptacji zasad oszczędności energii na wsi. Wśród przesłanek społecznych warunkujących poprawę efektywności energetycznej w polskim rolnictwie można wyróżnić:

- *duża aktywność społeczna ludności wiejskiej*, czego przykładem są liczne organizacje pozarządowe, usytuowane i szczególnie aktywne w gminach wiejskich oraz wioskach o charakterze (agro)turystycznym. Aktywność tych organizacji można ukierunkować m.in. na rozwiązywanie problemów dotyczących poprawy efektywności energetycznej na wsi, tak w produkcji rolniczej, działalności agroturystycznej, jak i w gminach i gospodarstwach domowych;
- *poprawa dostępu do Internetu*, a tym samym do edukacji i do rynku pracy w sektorze rolniczym, oraz *poprawiający się stan infrastruktury transportowej* (głównie drogi) ułatwiający migracje wahałowe miasto-wieś. Na obszarach o rozwiniętej infrastrukturze komunikacyjnej przybywa ludności a w miarę poprawy dostępu mieszkańców wsi do nowoczesnych środków informacji oraz infrastruktury transportowej wiedza dotycząca efektywności energetycznej staje się powszechna, co z kolei może przełożyć się na wzrost świadomości społecznej mieszkańców wsi o celowości działań nad poprawą efektywności energetycznej produkcji rolniczej;
- *odpływ z obszarów wiejskich osób w wieku produkcyjnym* – szczególnie z obszarów peryferyjnych o relatywnie wyższej jakości kapitału ludzkiego, co skutkuje niekorzystną polaryzacją poziomu wykształcenia ludności wiejskiej. Taka tendencja może ograniczać inwestycje (w tym technologiczne), ponieważ ten poziom wykształcenia nie sprzyja wprowadzaniu innowacji oszczędnościowych. Kuriozalnie, taka sytuacja może prowadzić do zwiększenia areału terenów zielonych lub też produkcji roślinnej dedykowanej celom energetycznym, która wymaga relatywnie mniejszego nakładu pracy żywej, może poprawiać bilans energetyczny gospodarstwa, jest w zgodzie z działalnością pro-środowiskową oraz może być elementem dywersyfikacji dochodów gospodarstwa;
- *niski współczynnik aktywności zawodowej* – niska koncentracja zatrudnienia na obszarach wiejskich. W 2010 roku na 1000 mieszkańców przypadało 101 osób pracujących w sektorze małych i średnich przedsiębiorstw. Taki stan rzeczy jest jedną z barier, która może opóźniać wdrażanie innowacyjnych przedsięwzięć gospodarczych związanych z poprawą efektywności energetycznej;
- *„trudny” rynek pracy* – głównie ze względu na utrzymujący się wysoki poziom bezrobocia, niską aktywność gospodarczą ludności, małą mobilność oraz mały popyt na pracę. Wymienione problemy są szczególnie eksponowane na obszarach wiejskich. W kontekście oszczędności energii w produkcji rolniczej grupa sezonowych lub bezrobotnych mieszkańców wsi będzie miała

względnie małe znaczenie, ponieważ w zaawansowanych technologiach produkcji rolniczej praca fizyczna człowieka ma relatywnie mniejsze znaczenie. Można przyjąć, że działania tej grupy społeczności wiejskiej będą się koncentrowały na utrzymaniu status-quo, ewentualnie stosowania prostych i zazwyczaj tanich rozwiązań mających na celu redukcję nakładów energetycznych.

#### 2.4.4. Czynniki ekonomiczne

Pomimo małego, 3% udziału rolnictwa w PKB, sektor ten stanowi niezastąpione ogniwo w łańcuchu żywnościowym kraju. Rola polskiego rolnictwa nie słabnie, zmieniają się jego funkcje. Poprawa efektywności energetycznej wiąże się ściśle z kalkulacjami ekonomicznymi determinującymi dochodowość produkcji rolniczej.

##### 2.4.4.1. Ceny produktów rolniczych

Rozwój rolnictwa pozostaje w ścisłej relacji ze wsparciem budżetu państwa, które do 2004 roku było istotnym źródłem dofinansowania. Decydującą zmianą w aspekcie wsparcia finansowego była integracja Polski z Unią Europejską w 2004 roku oraz objęcie rolnictwa instrumentami Wspólnej Polityki Rolnej<sup>20</sup>. Tendencje ustalania cen produktów rolnych na wolnym rynku są generalnie niekorzystne dla rolników. Indeks cen na produkty rolne oraz żywność były i są niższe aniżeli wskaźnik inflacji lub stopa wzrostu cen na środki produkcji w rolnictwie. Ponadto, ceny produktów rolnych charakteryzuje wysoka zmienność i niestabilność.

##### 2.4.4.2. Ceny gruntów rolnych

Odkąd Polska stała się państwem członkowskim Wspólnoty Europejskiej, ceny ziemi stale rosną. W 2004 roku przeciętna cena za 1 ha wynosiła 6634 zł a obecnie jest prawie pięciokrotnie wyższa. Ceny gruntów rolnych zmieniają się pod wpływem wielu czynników takich jak położenie geograficzne, przydatność rolnicza, walory organizacyjne, a także rynkowa relacja popytowo-podażowa. Można przypuszczać, że kolejny znaczący wzrost ceny gruntów rolnych może

---

<sup>20</sup> Czyżewski A., Grzelak A., 2011. Rolnictwo w Polsce na tle sytuacji ogólnoeconomicznej kraju w okresie kryzysu 2007-2009. Roczniki Nauk Rolniczych. S. G., 98: 3.

nastąpić po zakończeniu okresu przejściowego w obrocie gruntami rolnymi i leśnymi w 2016 roku, kiedy to zostaną zniesione ograniczenia dotyczące uzyskania przez obcokrajowców pozwolenia na zakup ziemi.

#### 2.4.4.3. Niewłaściwe użytkowanie gruntów

Znaczny areal gruntów rolnych jest w posiadaniu osób nie pracujących w rolnictwie, traktujących nabyte grunty jedynie jako źródło dodatkowych dochodów z tytułu unijnych dopłat obszarowych i rolnośrodowiskowych.

#### 2.4.4.4. Ceny energii

Ministerstwo Gospodarki prognozuje, że ceny paliw importowanych do Polski do 2030 roku będą stopniowo wzrastały (Tabela 26). Należy jednocześnie zaznaczyć, że w 2010 roku ceny krajowego węgla, największego zasobu paliw energetycznych Polski, osiągnęły poziom cen światowych.

Tabela 26. Szacowane ceny głównych paliw importowanych do Polski  
(Ministerstwo Gospodarki, 2009)

Paliwo	Jednostka	2007	2010	2015	2020	2025	2030
Ropa naftowa	USD toe <sup>-1</sup>	68.5	89.0	94.4	124.6	121.8	141.4
Gaz naturalny	USD 1000 m <sup>-3</sup>	291.7	406.9	376.9	435.1	462.5	488.3
Węgiel	USD t <sup>-1</sup>	101.3	140.5	121.0	133.5	136.9	140.3

Jak już wspomniano, w Polsce w ostatnim dziesięcioleciu zużycie energii pierwotnej i finalnej w rolnictwie/leśnictwie zmniejszało się regularnie. Jest to przede wszystkim efekt realizacji programów modernizacyjnych, restrukturyzacji gospodarki, a także po części ograniczeń działalności gospodarczej, głównie przemysłu ciężkiego. Mniejsze zużycie energii w rolnictwie jest wypadkową uruchamianych programów wsparcia, które w pośredni sposób przyczyniają się do poprawy efektywności energetycznej, a także w pewnym sensie urynkowanie cen energii. Równocześnie, wciąż dokonujące się zmiany w sektorze rolnictwa, polegające na prywatyzacji państwowych gospodarstw rolnych i tworzeniu nowoczesnych, wielkoobszarowych gospodarstw, przyczyniły się do zwiększenia efektów produkcyjnych przy jednostkowych mniejszych nakładach energetycznych.

#### 2.4.4.5. Zarobki w rolnictwie

Na przełomie lat 2000-2010 odnotowano prawie dwukrotny wzrost wynagrodzenia w rolnictwie do poziomu 3225 PLN<sup>21</sup>. Wzrost ten wynikał głównie ze wzrostu cen produktów żywnościowych, usług itp. przy czym należy zwrócić uwagę na fakt, iż w tym okresie także pośrednie nakłady energetyczne na produkcję rolniczą związane z pracą żywą uległy zwiększeniu.

#### 2.4.4.6. Dopłaty

O ile działalność gospodarza na obszarach wiejskich nie jest już utożsamiana głównie z rolnictwem, a zatrudnienie w rolnictwie sukcesywnie spada, to sektor ten nadal pozostaje kanałem, przez który dociera główny strumień wsparcia publicznego dla wsi. Jednym z głównych problemów obszarów wiejskich pozostaje konieczność zrekomensowania systematycznego spadku znaczenia ekonomicznego rolnictwa.

### 2.4.5. Czynniki gospodarcze a potencjał efektywności ekonomicznej

Obraz sytuacji ekonomicznej rolnictwa wyłaniający się w wyniku analizy zebranych materiałów źródłowych pozwala na sformułowanie pewnych uogólnień dotyczących ekonomicznego aspektu wprowadzania oszczędności energetycznej w rolnictwie:

- *wzrasta towarowy charakter produkcji rolniczej* – w 2009 roku produkcja rolnicza stanowiła 5,3% produkcji w kraju. Udział produkcji towarowej w końcowej produkcji rolniczej wynosił 87,9%. Taka tendencja może sprzyjać większej inklinacji właścicieli gospodarstw o charakterze towarowym do wdrażania technologii energooszczędnych oraz do podejmowania (w korzystnych uwarunkowaniach rynkowych) innych form produkcji i aktywności gospodarczej, w tym produkcji roślin energetycznych i rozwoju źródeł energii z własnych zasobów;
- *w strukturze towarowej produkcji roślinnej dominuje produkcja zbóż i owoców, natomiast w strukturze towarowej produkcji zwierzęcej – produkcja mleka, żywca wołowego, wieprzowego i drobiowego*. Są to kierunki produkcji istotne w kontekście potencjału uzyskania znacznych oszczędności energii w wyniku wdrożenia nowych technologii produkcji i wprowadzania rozwiązań modernizacyjnych infrastruktury gospodarstwa;

---

<sup>21</sup> Mały Rocznik Statystyczny Polski. Główny Urząd Statystyczny, 2011.

- w 2008 roku globalna produkcja rolnicza w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych była o prawie 43% wyższa niż w 2003 roku. Wzrost globalnej produkcji rolniczej wynikał przede wszystkim ze wzrostu produkcji roślinnej, a w mniejszym stopniu produkcji zwierzęcej. Taka sytuacja sprzyja i preferuje wprowadzanie nowych, energooszczędnych technologii w produkcji roślinnej oraz poszukiwanie nowych, opłacalnych kierunków produkcji np. na cele energetyczne;
- *postępujący proces globalizacji życia i gospodarki, a także narastające tendencje do podtrzymywania specyfiki regionów, podkreślania ich charakteru.* W takich warunkach rolnikom jest coraz trudniej konkurować. W związku z tym istnieje potrzeba wspierania i intensyfikowania działań na rzecz organizowania się grup producenckich jako nowej/starej formy działania zespołowego związanej z wytwarzaniem środków produkcji rolniczej, surowców rolnych, przetwórstwem rolno-spożywczym, budowaniem systemów sieciowej sprzedaży produktów pochodzenia rolniczego, a także organizacji eksportu tych produktów;
- *wzrasta zapotrzebowanie na surowce rolnicze* – rolnictwo jest i pozostanie ważnym obszarem działalności mieszkańców wsi. Nie ma jednak przesłanek, które pozwoliłyby stwierdzić, że będzie ono generowało nowe miejsca pracy. Dlatego też, poza zabezpieczeniem surowców żywnościowych, istnieje potrzeba rozwijania nowych funkcji rolnictwa. Jedną z ważniejszych funkcji będzie wytwarzanie energii w skojarzeniu różnych źródeł odnawialnych, organizacja lokalnych (poziom gospodarstwa, grupa gospodarstw, gmina) źródeł pozyskania energii, np. małych instalacji rolniczych, takich jak kocioł biomasowy, biogazownia, estryfikatornia, gorzelnia, itp.

#### 2.4.6. Czynniki technologiczne

Czynniki technologiczne sprzyjające wdrażaniu efektywności energetycznej wynikają bezpośrednio z: 1) potencjalnych możliwości gospodarstwa rolnego do wdrożenia efektywnych energetycznie rozwiązań technicznych i technologicznych, które są dostępne na rynku, 2) identyfikacji i określenia potencjału innowacyjnego poprzez badania i rozwój naukowy w zakresie procesów produkcyjnych i technologii, oraz 3) ze skuteczności transferu innowacyjnych rozwiązań ze sfery badawczo-rozwojowej do sfery praktyki. Pośrednio, potencjał efektywności energetycznej związany z technologią produkcji obejmuje możliwość minimalizacji strat energii z racji wykorzystania infrastruktury produkcji rolniczej, łącznie z maszynami, wyposażeniem i budynkami oraz technologią przetwarzania odpadów z produkcji rolniczej na energię. Zatem, sfera badaw-

czo-rozwojowa jest tym czynnikiem makrootoczenia, który ma największy potencjał wprowadzania innowacji w efektywne energetycznie technologie produkcji rolniczej.

## 2.4.7. Czynniki sfery badawczo-rozwojowej

Polska ma wystarczająco duży potencjał kadrowy do prowadzenia prac badawczo-rozwojowych w zakresie efektywności energetycznej rolnictwa, przetwórstwa i rynku rolnego oraz obszarów wiejskich. Personel naukowy bezpośrednio zaangażowany w badania rolnicze liczy 6300 zatrudnionych ze stopniami naukowymi (Tabela 27).

Tabela 27. Struktura instytucji badawczych w Polsce oraz personel badawczy w zakresie nauk rolniczych

Personel badawczy	Jednostki badawczo-rozwojowe Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich	Jednostki Polskiej Akademii Nauk	Jednostki badawczo-rozwojowe pozostające w gestii innych ministerstw	Szkoły wyższe	Razem
Całkowita liczba zatrudnionych	4315	6210	2009	10 782	17 727
Profesorowie	152	75	82	1094	1407
Naukowcy ze stopniem dr hab.	139	38	41	594	812
Naukowcy ze stopniem dr	585	135	302	3011	4033

Obecnie w Polsce brak jest przykładów programów badawczych lub badawczo-rozwojowych bezpośrednio powiązanych z efektywnością energetyczną w rolnictwie. Pośrednio, elementy tej tematyki a zarazem możliwości rozwijania badań lub prac wdrożeniowych są obecne w projektach Programu Operacyjnego – Innowacyjna Gospodarka np. poprzez projekty: „Sieć certyfikowanych laboratoriów badawczych z zakresu oceny efektywności energetycznej nowoczesnych instalacji elektrycznych i systemów automatyki budynków”, „Utworzenie internetowego serwisu wirtualnych e-porad w zakresie energooszczędności i poszanowania energii w budynkach”, oraz „Modelowe kompleksy agroenergetyczne jako przykład kogeneracji rozproszonej opartej na lokalnych i odnawialnych źródłach energii”.

Polska uczestniczy w międzynarodowych programach i projektach badawczych związanych z efektywnością energetyczną, jednak z rolnictwem projekty te są także związane pośrednio. Przykładem takiego programu jest Intelligent



Energy-Europe (IEE), który jest w całości dedykowany energii, przy czym w ramach programu prowadzone są działania sprzyjające poprawie efektywności energetycznej i racjonalności wykorzystania zasobów energetycznych (IEE – SAVE), w tym w sektorze budowlanym i przemysłowym oraz wsparcie dla opracowywania środków legislacyjnych i ich zastosowania. Pośrednio, z poprawą efektywności energetycznej w rolnictwie powiązane są badania nad uprawami roślin energetycznych: “BIO-HEAT Promotion of Short Rotation Coppice for District Heating Systems in Eastern Europe”, “BEPLAN Implementation plan for BioEnergy Farm” oraz badania związane z oszczędnością wykorzystania paliw transportowych w rolnictwie: „EFFICIENT20 European Farmers and Foresters Involved for Contributing to an Intelligent Energy Network towards the Target of 20% reduction in fuel consumption”. Innym przykładem badań pośrednio powiązanych z efektywnością energetyczną są badania w programie ERANET dotyczące m.in. efektywności energetycznej małoskalowych biogazowni rolniczych.

Duże znaczenie w praktyce implementacji oszczędności energetycznej w rolnictwie mają programy rozwojowe Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi dotyczące obszarów wiejskich, w tym Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013 w ramach działania „Modernizacja gospodarstw wiejskich”, gdzie rolnicy mają możliwość zakupu nowoczesnych, bardziej energooszczędnych lub wydajniejszych maszyn i urządzeń rolniczych. Aktualnie Ministerstwo prowadzi osiem wieloletnich programów zorientowanych na monitorowanie przekształceń w sektorze przemysłu żywnościowego i na obszarach wiejskich, jak również wyspecyfikowaniem standardów jakości niezbędnych do ustanowienia kryteriów bezpiecznej dla konsumenta produkcji żywności związanej zarówno z procesami produkcji rolniczej oraz żywności<sup>22</sup>. Ponadto, pośredni ale znaczący potencjał w zakresie poprawy efektywności energetycznej na obszarach wiejskich mają programy uruchamiane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Należy nadmienić, że w dłuższej perspektywie czasowej duże znaczenie dla poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie mają obecnie prowadzone prace badawczo-wdrożeniowe w ramach programu strategicznego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju dotyczące zagadnień zwiększenia efektywności procesów konwersji biomasy do energii i biopaliw oraz wytwarzania energii w skojarzeniu różnych źródeł odnawialnych.

---

<sup>22</sup> Agriculture and Food Economy in Poland. Ministry of Agriculture and Rural Development, 2009.

## 2.4.8. Czynniki ekologiczne

W Polsce obszary prawnie chronione zajmują ok. 31% ogólnej powierzchni kraju: 21,6% stanowią obszary chronionego krajobrazu, 6,8% – parki krajobrazowe. Wyjściowa sytuacja ekologiczna i jej zmiany w przyszłości zależą od uwarunkowań przyrodniczych, technologicznych i ekonomicznych. Wśród zidentyfikowanych cech i tendencji charakteryzujących środowisko i jego stan w Polsce, które mogą determinować postęp we wdrażaniu efektywności energetycznej do produkcji rolniczej można wskazać następujące:

- *krótki okres wegetacji, urozmaicona konfiguracja terenu i zróżnicowanie gleb* – są to czynniki, które w kontekście efektywnej energetycznie produkcji rolniczej wymaga wysokiego poziomu uzbrojenia technicznego i sprawiają, że koszty jednostkowe produkcji rolniczej są wyższe a rentowność produkcji jest niższa niż w wielu innych krajach Unii Europejskiej,
- *w zależności od uwarunkowań przyrodniczych w poszczególnych regionach kraju rolnictwo może znacząco wpływać na rozwój określonych specjalizacji działalności rolniczej.* W zależności od regionu Polski znaczącą pozycję mogą osiągnąć w przyszłości gospodarstwa produkujące żywność metodami ekologicznymi, zwłaszcza na potrzeby coraz większej grupy „świadomych” konsumentów lub obsługi ruchu (agro)turystycznego, czy też produkcja biomasy na cele energetyczne. Istnieje zatem potrzeba regionalnego dostosowania promocji dobrych przykładów efektywnych energetycznie technologii produkcji,
- *wzrasta liczba gospodarstw ekologicznych; w 2009 roku wynosiła 17.1 tys. gospodarstw i była ponad 7-krotnie wyższa niż w 2003 roku.* Certyfikat posiadało 59,4% (10,2 tys.) gospodarstw ekologicznych, a pozostałe (6,9 tys.) znajdowały się w trakcie procesu przestawiania gospodarstwa na produkcję ekologiczną. To przeprofilowywanie produkcji może być jednym ze znaczących czynników wpływających na efektywność energetyczną produkcji rolniczej.

## 2.4.9. Znaczenie czynników makrootoczenia w perspektywie krótko- i długoterminowej

Przedstawione czynniki warunkujące implementację efektywności energetycznej w rolnictwie mają wymiar ogólny lub też są w specyficzny sposób powiązane z rolnictwem. Gdy rozważamy czynnik w wymiarze ogólnym niezbędna jest integracja działań politycznych w wielu sektorach gospodarki, przykładowo energetyki, rolnictwa, sfery badawczo-rozwojowej, środowiska, itp. Z kolei, niektóre z czynników są ściśle powiązane z rolnictwem. Niezależnie

od natury czynników ich implementacja rozkłada się na krótszy lub dłuższy okres. W tabeli 28 zestawiono wybrane czynniki wraz z zaznaczeniem ich ważności w kontekście prognozowanego okresu implementacji. Generalnie, złożone czynniki poprawy efektywności energetycznej są związane ze zmianami demograficznymi i społecznymi oraz funkcjonowaniem rynku energii i wymagają relatywnie dłuższego okresu implementacji.

Tabela 28. Czynniki makrootoczenia implementacji efektywności energetycznej w rolnictwie

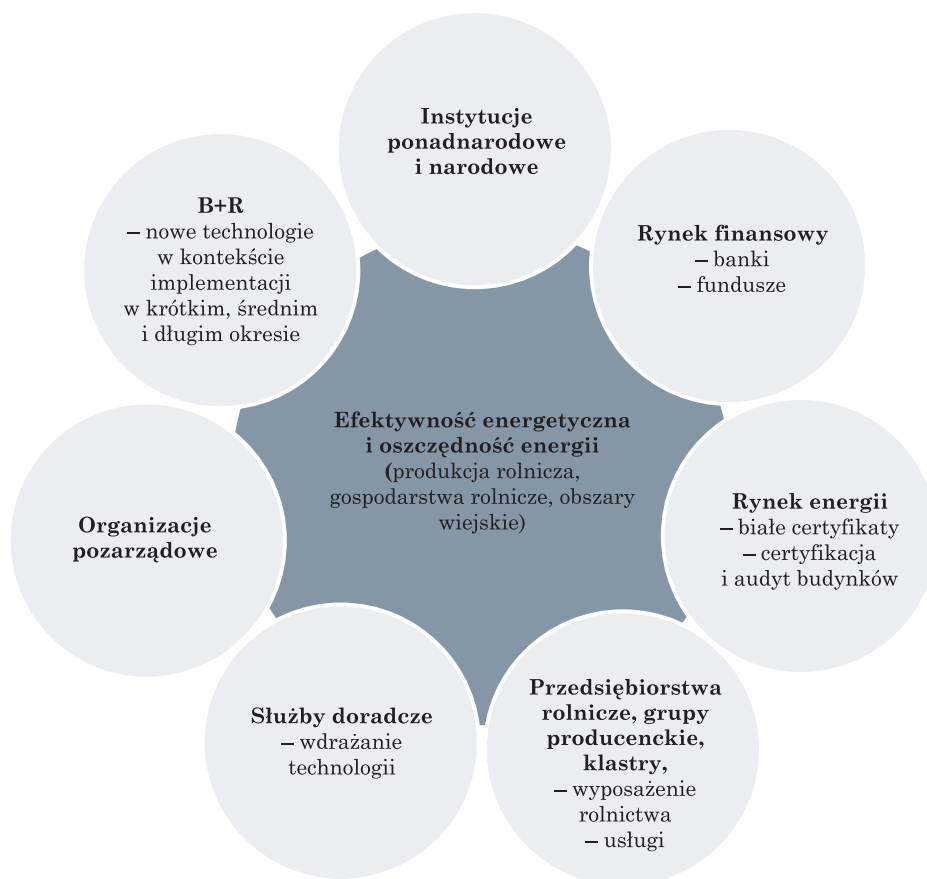
Czynniki sprawcze	Wyszczególnienie	Znaczenie	
		w krótkiej perspektywie czasowej (< 3 lat)	w długiej perspektywie czasowej (> 5 lat)
1	2	3	4
Polityczne	– synchronizacja polityki efektywności energetycznej Polski z regulacjami Unii Europejskiej	X	
	– regulacja rynku energii		X
	– dywersyfikacja źródeł energii		X
	– regulacje w zakresie odnawialnych źródeł energii	X	
	– regulacje w zakresie certyfikacji usług rolniczych, sprzętu i wyposażenia	X	
	– regulacje wynikające ze Wspólnej Polityki Rolnej	X	
	– podatki	X	
	– fundusze	X	
Demograficzne	– młoda populacja ludności na obszarach wiejskich	X	
	– rosnące zainteresowanie zatrudnionych w ośrodkach przemysłowych zamieszkaniem na obszarach wiejskich		X
	– niski wskaźnik demograficzny na obszarach wiejskich	X	
	– wzrost mediany wieku ludności na obszarach wiejskich		X
	– niski wskaźnik zatrudnienia		X
			X
Społeczne	– wysoka społeczna aktywność społeczności wiejskiej	X	
	– poprawa dostępu do Internetu na obszarach wiejskich	X	
	– rosnąca migracja siły roboczej z obszarów wiejskich do przemysłowych		X
	– niski wskaźnik przedsiębiorczości ludności wiejskiej		X
	– wysoki wskaźnik bezrobocia na wsi		X
			X
Ekonomiczne	– duża zmienność i niestabilność procesów produkcji rolniczej		X
	– rosnące ceny gruntów rolnych		X

1	2	3	4
	– niewłaściwa gospodarka gruntami rolnymi	X	
	– zależność od dyktatu ceny energii		X
	– niska dochodowość produkcji rolniczej		X
	– subsydia	X	
Technologiczne	– potencjał gospodarstw do adaptacji najbardziej efektywnych energetycznie rozwiązań technicznych dostępnych na rynku	X	
	– potencjał gospodarstw do wprowadzania innowacji		X
	– efektywność transferu wyników badań do praktyki		X
	– nowe programy badawczo-rozwojowe	X	
Ekologiczne	– powiązanie ze zmianami klimatycznymi	X	
	– duże regionalne zróżnicowanie warunków produkcji rolniczej	X	
	– rosnąca liczba gospodarstw ekologicznych		X

## 2.5. Podmioty, grupy wpływów

Zidentyfikowanie podmiotów i grup wpływów, które rozwijają lub są zainteresowane wdrażaniem lub też mają zdolność oddziaływania na proces poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie umożliwi tworzenie sprzyjającego środowiska ułatwiającego implementację energooszczędnych technologii do praktyki rolniczej. Drugą istotną funkcją mikrootoczenia we wdrażaniu efektywności energetycznej będzie kształtowanie świadomości społecznej działań pro-oszczędnościowych wśród rolników i mieszkańców wsi. Ponadto, sprzyjające otoczenie jako struktura powiązań podmiotów będzie miało większy wpływ na dostosowywanie polityki efektywności energetycznej w taki sposób, aby zachęcić rolników do wdrażania energetycznie efektywnych technologii produkcji rolniczej w swoich gospodarstwach, a społeczności wiejskie do stosowania energooszczędnych rozwiązań w życiu codziennym. Podmioty i grupy wpływów tworzące mikrootoczenie implementacji efektywności energetycznej przedstawiono na rysunku 30.

W załączniku 3 podano wstępną (otwartą) listę zidentyfikowanych podmiotów i grup wpływów, którzy mogą tworzyć otoczenie sprzyjające wdrażaniu efektywności energetycznej w Polsce, zaś w tabeli 29 przedstawiono ogólną charakterystykę podmiotów z punktu widzenia zainteresowania tematyką oraz ich siły sprawczej przy wdrażaniu rozwiązań efektywnych energetycznie w praktyce rolniczej. Na poziomie Unii Europejskiej zapadają decyzje w takich



Rys. 30. Podmioty i grupy wpływ tworzące otoczenie sprzyjające implementacji efektywności energetycznej i oszczędności energii w rolnictwie

kwestiach jak: Wspólna Polityka Rolna, prawodawstwo w dziedzinie bezpiecznej żywności, dyrektywy w sprawie energii odnawialnej, itd. Organizacje światowe, jak Światowa Organizacja Handlu (WTO), Organizacja Narodów Zjednoczonych do Spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO), Międzypaństwowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC) i Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) kształtują politykę globalną w kwestiach rolnictwa, środowiska naturalnego, energii oraz efektywności energetycznej.

Tabela 29. Zainteresowania, siła sprawcza i potencjał oddziaływania podmiotów i grup wpływów na implementację efektywności energetycznej w praktyce rolniczej

Podmioty, grupy wpływów	Zainteresowanie implementacją	Siła sprawcza i potencjał oddziaływania
1	2	3
Ponadnarodowe	Współpraca międzynarodowa agend rządowych oraz organizacji rolniczych jest niezbędna aby mieć udział w opracowaniu oraz konsultacji programów rozwoju efektywności energetycznej na poziomie europejskim, uczestniczyć w benchmarkingu krajów a następnie określać racjonalny poziom zobowiązań i realizować ich wypełnienie. Ważnym elementem organizacji działających na poziomie ponadnarodowym jest integracja podległych podmiotów na poziomie lokalnym w celu efektywnego wprowadzania programów i innowacyjnych rozwiązań służących zmniejszeniu energochłonności produkcji i konsumpcji energii w rolnictwie.	Możliwość oddziaływania na struktury lokalne, inicjowania i/lub uczestniczenia w pracach nad założeniami uruchamianych programów wsparcia i tworzeniem sprzyjających warunków na rzecz popierania i wdrażania nowoczesnych i energooszczędnie efektywnych technologii. Istotne jest także kreowanie polityki, wsparcie informacyjne i działalność promocyjna na na poziomie ponadnarodowym.
Rządowe	Swoisty przymus wprowadzania regulacji prawnych a następnie programów rozwoju w kontekście realizacji zobowiązań Unii Europejskiej.	Działalność ustawodawcza, polityka fiskalna, uruchamianie specjalnych linii kredytowych, gwarancje dla ryzykownych nowatorskich rozwiązań. Ważne jest także skuteczne propagowanie zapisów ustaw i rozporządzeń, które wprowadzają nowe regulacje prawne.
Instytucje finansowe	Jest to jeden z istotnych sektorów sprzyjającego środowiska wdrażania programów rozwoju efektywności energetycznej w rolnictwie. Jest to sektor naturalnie zainteresowany w rozwoju programów implementacji efektywności energetycznej, bowiem zasadniczym motywem działalności instytucji finansowych będzie obsługa programów rozwojowych efektywności energetycznej w rolnictwie, w tym programów wsparcia, kredytowania, gwarancji inwestycyjnych, itp.	Dysponując środkami finansowymi oddziaływanie na rozwój efektywności energetycznej jest bezpośrednie poprzez sprawne decyzje finansowania projektów, obsługi finansowej i kontrole realizacji. Z punktu widzenia gwarancji innowacji w efektywności energetycznej może to być nowe zagadnienie i szansa dla rozwoju tej sfery obsługi efektywności energetycznej.
Służby doradcze	Efektywność energetyczna jest zagadnieniem, które wraz z rozwojem programów wsparcia będzie decydowało o aktywności służb doradczych oraz pojawianiu się nowych przedsiębiorstw świadczących usługi doradcze w procesie produkcji rolniczej, umaszynowania produkcji, nowych instalacji, konserwacji surowców i audytu.	Dzięki hierarchicznej strukturze i agendom lokalnym istniejące służby doradcze mają techniki i możliwości dotarcia do szerokiej grupy potencjalnych rolników korzystających ze wsparcia. Duża jest też rola promocyjna tych służb.

1	2	3
Dostawcy energii	<p>Polska jest uzależniona do importu energii. Dopóki w Polsce nie zostanie rozwinięty system rozproszonej dystrybucji energii i powstanie wolny rynek energetyczny ceny energii będą podlegały regulacji. Krajowe spółki energetyczne kontrolowane przez państwo muszą wypełniać zobowiązania Unii Europejskiej, także w zakresie efektywności energetycznej. Odziaływanie na rolnictwo, pomimo znacznego udziału energii elektrycznej i paliw w kosztach produkcji rolniczej jest relatywnie mniejsze i należy przyjąć że w krótkiej perspektywie czasowej niewiele się zmieni. Należy jednak zwrócić uwagę na potencjał tego sektora w budowaniu efektywności energetycznej. Firmy te powinny szerzej włączyć się budowanie autonomicznych lokalnych systemów wytwarzania energii na obszarach wiejskich i ułatwiać rolnikom podłączanie własnych źródeł wytwarzanych energii elektrycznej.</p>	<p>Z uwagi na aktualny monopolistyczny podział rynku dostaw energii firmy koncentrują się na wypełnieniu zobowiązań Unii Europejskiej, ale z punktu widzenia rozwoju efektywności energetycznej w rolnictwie dysponują technologiami, zarządzają sieciami przesyłowymi, znają rynek i mają środki aby lokalnie podłączyć nowe, nawet małe źródła energii odnawialnej produkujące energię na własne potrzeby a nadwyżki włączyć do sieci energetycznej.</p>
Dostawcy środków produkcji	<p>Nawozy, pestycydy, materiał siewny, pasze treściwe, maszyny i inne środki produkcji są niezbędne w produkcji rolniczej. Dostawcy tych środków produkcji w sposób naturalny są zaangażowani w rolniczą produkcję towarową, a ilość i jakość środków produkcji w dużej mierze determinują bilans energetyczny danej produkcji. Kontekst efektywności energetycznej może stymulować działania dostawców zmierzające do ograniczenia zużycia energii na wytwarzanie środków produkcji i w efekcie do obniżenia cen oferowanych środków produkcji.</p>	<p>Dostawcy stanowią integralny element produkcji towarowej w rolnictwie. Firmy te nie tylko dostarczają środków produkcji, ale wspierają rolników poprzez udzielanie usług doradczych i prowadzenie badań nad nowymi produktami, które systematycznie są wprowadzane na rynek. Nakład energii na wytworzenie środków produkcji jest bardzo wysoki i często przekracza 50% całkowitych nakładów energetycznych określonej produkcji rolniczej. Dlatego też wpływ dostawców środków produkcji na bilans energetyczny danej produkcji przy wdrażaniu rozwiązań energooszczędnych wciąż będzie fundamentalny.</p>
Zrzeszenia rolników	<p>Są to struktury, które z uwagi na charakter ich działalności będą naturalnie włączone w implementację programów efektywności energetycznej w produkcji rolniczej na poziomie wsi i gospodarstw rolniczych. Nowe programy będą jednocześnie szansą na poszerzenie zakresu działalności i rozwój tego rodzaju stowarzyszeń.</p>	<p>Wpływ na skuteczne wdrażanie rozwiązań oszczędności energetycznej produkcji rolniczej wynika z bezpośredniego przełożenia działalności tych organizacji na obszary rolnicze, gospodarstwa rolnicze, możliwość dotarcia do rolników, bezpośredni kontakt oraz współpraca przy wdrażaniu.</p>

1	2	3
<p>Organizacje pozarządowe</p>	<p>Programy efektywności energetycznej są ściśle powiązane z kwestiami środowiskowymi, mniejszymi nakładami energetycznymi na produkcję i podniesieniem standardu życia na obszarach wiejskich. Jest to zgodne z misją większości organizacji tego typu. Ten nowy aspekt aktywności organizacji pozarządowych, czyli sfera efektywności energetycznej jest szansą na włączenie się w proces implementacyjny i poszerzenie zakresu działalności tego typu organizacji.</p>	<p>Organizacje pozarządowe mają umiejętności organizacji i skupiania ludzi w ważnych społecznie sprawach. W procesie wdrażania programów oszczędności energetycznej w rolnictwie zasadnicza rola wiąże się z propagacją i powszechnością zastosowań, jak również budowania świadomości społecznej i w konsekwencji odpowiednich pro-oszczędnościowych postaw mieszkańców wsi.</p>
<p>Jednostki badawczo-rozwojowe</p>	<p>Kwestia efektywności energetycznej w rolnictwie będzie przedmiotem badań ale także zasadniczym elementem nowej gospodarki – biogospodarki i nowej nauki – bioekonomii. Instytucje badawczo-rozwojowe stanowią jedno z najważniejszych ogniw rozwoju efektywności i oszczędności energetycznej w rolnictwie. Z uwagi na konieczność holistycznego podejścia do zagadnienia ujmującego interdyscyplinarne badania, niezbędne są nowe programy badawcze. Dla tego typu instytucji jest to zatem szansa na poszerzenie zakresu badań, angażowanie się w nowe koncepcje badawcze i pozyskiwanie środków w nowych interdyscyplinarnych krajowych i międzynarodowych projektach, a w efekcie zaproponowanie praktyce rolniczej nowych rozwiązań technologicznych, wdrożenia wynalazków i patentów.</p>	<p>Duży krajowy potencjał badawczy w naukach rolniczych. Jednostki naukowo-badawcze będą inicjowały nową tematykę badawczo-wdrożeniową w zakresie efektywności energetycznej w rolnictwie.</p>



Na rysunku 31 przedstawiono hierarchię wymienionych powyżej interesariuszy w zależności od ich mocy sprawczej i oddziaływania przy wdrażaniu efektywności energetycznej i polityki oszczędzania energii w praktyce rolniczej.



Rys. 31. Prioryteryzacja podmiotów/grup wpływów z punktu widzenia zainteresowania i siły sprawczej w implementacji efektywności energetycznej w rolnictwie

## 2.6. Bariery

Istnieje szereg zidentyfikowanych barier, które mogą opóźnić wdrażanie polityki efektywności i oszczędności energetycznej w praktyce polskiego rolnictwa, zarówno w bliższej jak i dalszej perspektywie czasowej. Listę ograniczeń wynikających z regulacji prawnych dotyczących polityki energetycznej przedstawiono w załączniku 4.

### 2.6.1. Bariery natury ogólnej

#### 2.6.1.1. Niekorzystne uwarunkowania kursowe

W okresie minionego dziesięciolecia, z nielicznymi wyjątkami (zwłaszcza w roku 2008), ceny krajowe wzrastały generalnie szybciej aniżeli ceny w Unii Europejskiej, a w rezultacie realny kurs euro w złotych wzrastał znacznie wolniej niż kurs nominalny, co przekładało się na realne obniżenie konkurencyjności cenowej polskiego eksportu na rynku unijnym. Przykładowo, pomimo wciąż dodatniego salda obrotu artykułami rolno-spożywczymi odnotowano jego zmniejszenie w pierwszym półroczu roku 2011 w stosunku do pierwszego półrocza w roku 2010 o 24 mln EUR<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> Polska 2011 – Raport o stanie gospodarki. Ministerstwo Gospodarki, 2011.

### 2.6.1.2. Przeszarżały sektor energetyczny

Majątek elektroenergetycznych sieci przesyłowych jest przestarzały; ponad 30 lat funkcjonuje 80% linii o napięciu 220 kV, 23% linii o napięciu 400 kV i 38% transformatorów. Stopień zamortyzowania majątku sieci dystrybucyjnych wynosi około 25%. Stan techniczny sieci dystrybucyjnych jest zróżnicowany, a występujące problemy z utrzymaniem parametrów energii elektrycznej dotyczą głównie terenów wiejskich (długie ciągi sieci niskiego napięcia). Modernizacji i przebudowy wymagają ciągi liniowe średniego napięcia i obwody niskiego napięcia, w których zainstalowane są przewody o małych przekrojach oraz linie, na końcach których spadki napięć przekraczają dopuszczalne normy. Dla pokrycia obecnego zapotrzebowania na energię elektryczną Krajowy System Energetyczny dysponuje wystarczającą liczbą linii przesyłowych i bloków energetycznych. Niemniej jednak mogą wystąpić trudności z pokryciem zapotrzebowania odbiorców na energię elektryczną, np. związanych z wystąpieniem anomalii pogodowych lub też gwałtownego wzrostu zapotrzebowania na moc, w tym moc bierną<sup>24</sup>.

### 2.6.1.3. Brak dywersyfikacji źródeł dostaw paliw

Podstawowym zagrożeniem dla bezpieczeństwa energetycznego w sektorze paliwowym w Polsce jest niewielki stopień dywersyfikacji źródeł dostaw ropy naftowej stanowiącej surowiec w produkcji diesla – bezpośredniego nakładu energetycznego w produkcji rolniczej jako głównego paliwa maszyn rolniczych. Podstawowym źródłem dostaw ropy naftowej do Polski nadal pozostaje Rosja (21,1 mln ton, 93,1%), z uwagi na położenie geograficzne oraz sieć infrastruktury przesyłowej. Import ropy naftowej w roku 2010 wyniósł 22,9 mln ton. Zużycie ropy naftowej (przerób w rafineriach) w 2010 roku wyniosło 22,8 mln ton. Uwzględniając poziom zużycia produktów rafinacji ropy naftowej w Polsce w roku 2010, można przyjąć, że obecne zdolności produkcyjne polskich rafinerii są wystarczające dla pokrycia zapotrzebowania na benzyny silnikowe, lekkie i ciężkie oleje opałowe oraz w około 80% zapotrzebowania na oleje napędowe. Potencjalne zagrożenie może stanowić zmiana tras transportu ropy naftowej największego dostawcy surowca Rosji, związana z budową rurociągu BTS-2. W Polsce nie istnieją także realne możliwości zastąpienia, w razie kryzysu, ropy naftowej innymi rodzajami paliw (fuel switching). Czynnikiem ryzyka jest też niestabilność cen ropy naftowej, nie do końca powodowana względami czysto ekonomicznymi<sup>25</sup>.

---

<sup>24</sup> Jak wyżej.

<sup>25</sup> Jak wyżej.

#### 2.6.1.4. Niedopasowanie na rynku pracy

Badania krajowe pokazują, że głównym powodem problemów ze znalezieniem pracowników jest brak kandydatów z odpowiednimi kwalifikacjami. W Polsce od wielu lat występuje nadwyżka podaży pracowników o niskich kwalifikacjach i niedobór pracowników o wyższych kwalifikacjach zawodowych. Niedopasowania strukturalne są w znacznym stopniu również skutkiem stosunkowo niskiej mobilności siły roboczej. Bezrobocie na obszarach wiejskich w 2010 roku wyniosło 9,3% (wobec 8,0% w 2009 roku). Bezrobocie w miastach osiągnęło w 2010 roku poziom 9,8% (wobec 8,3% w 2009 roku). Strukturalne niedopasowanie na rynku pracy jest również skutkiem ograniczonego popytu na pracę ludzi młodych, nie dysponujących dużym doświadczeniem zawodowym. Negatywny wpływ na dostosowywanie się podaży do popytu na rynku pracy ma dość niska aktywność zawodowa kobiet, która w 2010 roku wyniosła 48,2% wobec 64,1% wśród mężczyzn.

### 2.6.2. Bariery we wprowadzaniu efektywności energetycznej w rolnictwie

#### 2.6.2.1. Infrastruktura energetyczna na obszarach wiejskich

Infrastruktura energetyczna na wsi jest przestarzała i niestabilna; brak jest także dywersyfikacji źródeł energii, a w konsekwencji występuje uzależnienie obszarów wiejskich od monopolistycznych krajowych dostawców energii (nawet na teoretycznie wolnym rynku energii). Te obiektywne uwarunkowania łączą się z kontekstem społecznym i kulturowym – wśród rolników świadomość ekonomicznych możliwości dokonania inwestycji w energooszczędne rozwiązania w produkcji rolnej jest stosunkowo niska. Jednocześnie Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich współtworzy krajową politykę dotyczącą kogeneracji energii, a wśród lokalnych władz gminnych bądź powiatowych oraz rolników rośnie zainteresowanie inwestycjami w odnawialne źródła energii w celu budowania lokalnej samodzielności energetycznej.

Przy zachowaniu istniejącej infrastruktury energetycznej na obszarach wiejskich i zależności od dyktatu cen oraz rosnących kosztach nakładów energetycznych na produkcję rolną, można przewidywać, że niektóre gospodarstwa rolne mogą ograniczać zużycie energii na produkcję rolną z powodu jej ceny<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa na lata 2012-2020. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 2012.

### **2.6.2.2. Infrastruktura społeczna**

Na obszarach wiejskich występuje niski poziom wykorzystania technologii informacyjnych z powodu słabej lub braku infrastruktury w miejscach oddległych od ośrodków informatycznych, niskiej jakości usług (powolny Internet i transfer danych), a czasami z powodu braku umiejętności, zwłaszcza wśród starszych lub słabiej wykształconych mieszkańców wsi. To może być czynnikiem ograniczającym na tych obszarach postęp we wdrażaniu efektywności energetycznej i energooszczędnych rozwiązań w produkcji rolnej, które w dużej mierze powiązane są z elektronicznym monitorowaniem, kontrolą i automatyzacją procesu produkcyjnego lub bezpośrednio z rolnictwem precyzyjnym.

### **2.6.2.3. Brak właściwej informacji o polityce efektywności energetycznej**

Brak jest ram instytucjonalnych pozwalających koordynować, wdrażać i monitorować wprowadzanie efektywności energetycznej, co oznacza niedobór informacji na temat tej polityki i dobrych przykładów, które mogłyby tworzyć podstawy wspólnej świadomości odnośnie do efektywności energetycznej w społecznościach wiejskich. Szersza informatyzacja obszarów wiejskich, powszechny dostęp do Internetu znacząco poprawiłyby dostęp do światowych osiągnięć w zakresie nowych i wydajnych technologii produkcji, co z pewnością ułatwiłoby wdrażanie innowacyjnych rozwiązań technicznych na lokalnym rynku. Stworzenie bazy danych o zaawansowanych technologiach w produkcji roślinnej i zwierzęcej mogłoby umożliwić rolnikom porównanie obecnie stosowanych technologii i ich analizę w kontekście poprawienia wydajności oraz ograniczenia nakładów, w tym energetycznych. Każdy rolnik jest zainteresowany poprawą sytuacji ekonomicznej swojego gospodarstwa, dlatego też można przyjąć, iż rolnicy byliby skłonni wykorzystać te informacje w praktyce produkcyjnej stawiając na oszczędne i energetycznie efektywne technologie. Powstanie tego typu bazy danych wraz z rozpowszechnianiem informacji o odnawialnych źródłach energii przyczyniłoby się także budowania społecznej świadomości sprzyjającej wdrażaniu efektywności energetycznej.

### **2.6.2.4. Bariery finansowe**

Sezonowość produkcji oraz niestabilność cen na rynku rolniczym wespół z częstszymi kataklizmami przyrodniczymi powodują, że w wielu działach produkcji rolniczej ponoszone są straty, które mają wpływ na zadłużanie się producentów rolnych. Jest to jeden z czynników limitujących wydatkowanie środków finansowych gospodarstwa na wdrożenie nowych efektywnych ener-

getycznie technologii, co z kolei rzutuje na efektywność energetyczną i ekonomiczną danej produkcji. Nowoczesne ciągniki, maszyny i urządzenia do produkcji rolniczej są drogie, co powoduje, że zbyt wolno unowocześnia się park maszynowy gospodarstwa. Dzięki dotacjom unijnym większe gospodarstwa inwestują w nowe rozwiązania techniczne produkcji, natomiast małe gospodarstwa pozostają zazwyczaj przy zamortyzowanym i mało efektywnym sprzęcie i maszynach, co w przypadku tych gospodarstw nie rokuje dobrze zasadniczej poprawie efektywności energetycznej przy tej skali produkcji.

#### **2.6.2.5. Potencjał ludzki**

Wykształcenie rolników jest głównie na poziomie zawodowym i średnim, co powoduje że znaczna część osób prowadzi swoje gospodarstwa w sposób tradycyjny i nie jest specjalnie zainteresowana nowymi rozwiązaniami, lub nawet jeśli jest zainteresowana to niechętnie decyduje się na zmianę technologii produkcji. Dlatego też, aby skutecznie wdrażać politykę efektywności energetycznej na wsi należałoby równocześnie rozwijać zainteresowanie rolników kształceniem. Zwiększająca się liczba farmerów z wyższym wykształceniem będzie stanowiła o szybszej modernizacji technologii produkcji i poprawie efektywności energetycznej w rolnictwie.

#### **2.6.2.6. Słaby rozwój lokalnych usług technicznych**

Brak usług lokalnych jest szczególnie odczuwalny przy dużym rozdrobieniu gospodarstw. W małych obszarowo gospodarstwach nie jest zasadne inwestowania w drogi sprzęt, który przy małej skali produkcji nie zostanie zamortyzowany ani w inne zaawansowane środki produkcji. Dlatego też poszczególne ogniwa technologii produkcji angażują na poziomie gospodarstwa zazwyczaj nieefektywne z energetycznego punktu widzenia ciągniki, maszyny i urządzenia. Stworzenie nowych jakościowo lokalnych usług wykonawstwa wielu prac rolniczych spowodowałoby lepsze wykorzystanie sprzętu, energii oraz środków produkcji, co z kolei mogłoby zwiększyć efektywność energetyczną pozyskiwania produktów rolnych.

#### **2.6.2.7. Ograniczone wsparcie polityczne**

Zasadne wydaje się zaktywizowanie działań w zakresie polityki efektywności energetycznej zorientowanej na rolnictwo (nowele niektórych ustaw, rozporządzenia, inicjowanie prac nad programami wsparcia).

### 2.6.2.8. Rozdrobnienie gospodarstw

Duże rozdrobnienie gospodarstw w Polsce powoduje, że wytwarzają one małe ilości jednorodnego produktu handlowego, co sprawia, że gospodarstwa nie są konkurencyjne na rynku. Ponadto, ograniczone możliwości inwestycji w nowe ciągniki, maszyny i urządzenia oraz technologie produkcji przy małej skali produkcji nie gwarantują rentowności produkcji. Pojedyncze małe gospodarstwa zapewniają przychody na poziomie minimum socjalnego ale nie dają możliwości rozwoju i zwiększania efektywności produkcji, ponieważ w większości opierają się na wykorzystaniu zasobów własnej pracy. Dlatego też w takich warunkach szansą na zwiększenie efektywności energetycznej jest tworzenie grup producenckich, które zbiorowo mogłyby ubiegać się o wsparcie finansowe i modernizować technologie produkcji.

### 2.6.3. Inne bariery

Lista innych barier na drodze poprawiania efektywności energetycznej i oszczędności energii w praktyce rolnej została przedstawiona w Załączniku nr 4.

## 2.7. Bibliografia

- Agriculture and Food Economy in Poland. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 2009.
- Charakterystyka obszarów wiejskich w 2008 roku Główny Urząd Statystyczny, 2010.
- Cornelissen J. 2004. Corporate communications: theory and practice. TJ International, Cornwall.
- Czyżewski A., Grzelak A., 2011. Rolnictwo w Polsce na tle sytuacji ogólnoeconomicznej kraju w okresie kryzysu 2007-2009. Roczniki Nauk Rolniczych. S. G., 98: 3.
- Drugi Krajowy Plan Działań dotyczący efektywności energetycznej dla Polski 2011. Ministerstwo Gospodarki, 2012.
- Eurostat. Baza danych i tablice.
- Mały Rocznik Statystyczny Polski. Główny Urząd Statystyczny, 2011.
- Obszary wiejskie w Polsce. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, Olsztyn, 2011.
- Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Ministerstwo Gospodarki, 2009.
- Polska 2011 – Raport o stanie gospodarki. Ministerstwo Gospodarki, 2011.
- Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2010/2011. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2011.
- State of the art on energy efficiency in agriculture – Raport AGREE, 2012
- Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa na lata 2012-2020. Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, 2012.

## 2.8. Załączniki

**Załącznik 3: Otwarta lista potencjalnych podmiotów otoczenia wdrażania efektywności energetycznej w rolnictwie w Polsce.**

	Udziałowiec	Działalność podstawowa	Kontakt (email)
1	2	3	4
<b>Rząd</b>			
1	Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich	Ministerstwo odpowiada za produkcję rolną i powiązane z nią zagadnienia, rozwój obszarów wiejskich, przemysł spożywczy, rybactwo, nadzór fitosanitarny i weterynaryjny.	<a href="http://www.minrol.gov.pl/eng/">http://www.minrol.gov.pl/eng/</a> e-mail: <a href="mailto:rzecznik.prasowy@minrol.gov.pl">rzecznik.prasowy@minrol.gov.pl</a>
2	Ministerstwo Gospodarki		
3	Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wzwyższego	Pośrednio rozporządzenia wymienionych i innych ministerstw są powiązane z polską polityką efektywności energetycznej.	
4	Ministerstwo Środowiska		
<b>Agencje Rządowe</b>			
5	Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARIMR)	Agencja zajmuje się wdrażaniem instrumentów współfinansowania z funduszy unijnych i przyznawania dotacji krajowych. Realizuje politykę rolną, ściśle współpracując z Ministerstwem Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich	<a href="http://www.arimr.gov.pl/infoarimr.gov.pl">http://www.arimr.gov.pl/infoarimr.gov.pl</a>
6	Agencja Rynku Rolnego (ARR)	Administruje wybranymi mechanizmami w ramach WPR Unii Europejskiej oraz finansowanymi z budżetu państwa. Obowiązki dotyczą m.in.: – monitoring rynku biokomponentów i biopaliw płynnych; – udział, przy wsparciu Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich, w procesie decyzyjnym w Unii Europejskiej poprzez opiniowanie projektów wstępnych ustaw wprowadzanych w Unii Europejskiej, co oznacza wpływ na <i>acquis communautaire (dorobek wspólnotowy)</i> ; – zapewnienie pomocy eksperckiej przy przyznawaniu w ramach programów wsparcia finansowego z budżetu państwa i funduszy europejskich.	<a href="http://www.arr.gov.pl">http://www.arr.gov.pl</a>

1	2	3	4
7	Agencja Nieruchomości Rolnych (ANR)	<p>Wypełnia zadania polityki krajowej, dotyczące m.in.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tworzenia i powiększania arealów gospodarstw rodzinnych,</li> <li>- restrukturyzacja i przywatyżacja majątku byłych PGR-ów na cele rolnicze,</li> <li>- sprzedaż i dzierżawa nieruchomości Skarbu Państwa na cele rolnicze,</li> <li>- administrowanie majątkiem Skarbu Państwa przeznaczonym do użytkowania rolnego,</li> <li>- inicjowanie prac urzędniowo-rolnych na gruntach Skarbu Państwa oraz wpiertanie organizowania na gruntach Skarbu Państwa prywatnych gospodarstw rolnych,</li> <li>- korzystanie z praw wynikających z posiadania udziałów i akcji w spółkach hodowli roślin oraz hodowli zwierząt gospodarskich o szczególnym znaczeniu dla gospodarki narodowej.</li> </ul>	<p><a href="http://www.anr.gov.pl">http://www.anr.gov.pl</a>  e-mail: <a href="mailto:anr@anr.gov.pl">anr@anr.gov.pl</a></p>
8	Krajowa Agencja Poszanowania Energii (KAPE)	<p>Misją Agencji jest upowszechnianie i wdrażanie najlepszych światowych standardów oraz praktyk w zakresie efektywności energetycznej i zrównoważonego rozwoju, w oparciu o które Agencja wypracowuje optymalne energooszczędne rozwiązania dla swoich klientów.</p> <p>Celem strategicznym jest wspieranie wzrostu konkurencyjności polskiej gospodarki poprzez większą wydajność energetyczną przy poszanowaniu zasad zrównoważonego rozwoju.</p> <p>KAPE oferuje kompleksowe usługi doradcze oraz szkoleniowe w zakresie efektywności energetycznej i zrównoważonego rozwoju dla przedsiębiorstw i budownictwa. Agencja wykonuje ekspertyzy dla rządu i samorządów, prowadzi działalność edukacyjną i promocyjną w dziedzinie racjonalnego wykorzystania energii oraz rozwoju źródeł energii odnawialnej.</p>	<p><a href="http://www.kape.gov.pl/new/">http://www.kape.gov.pl/new/</a>  e-mail: <a href="mailto:kape@kape.gov.pl">kape@kape.gov.pl</a></p>
9	Bałtycka Agencja Poszanowania Energii (BAPE)	<p>Agencja regionalna: wdrażanie zasad rozwoju zrównoważonego, promocja odnawialnych źródeł energii oraz poprawa efektywności energetycznej. Agencja współpracuje z firmami produkującymi biopaliwa, producentami energii ciepłej i ich odbiorcami.</p>	<p><a href="http://www.bape.com.pl/">http://www.bape.com.pl/</a>  e-mail: <a href="mailto:bape@bape.com.pl">bape@bape.com.pl</a></p>



1	2	3	4
10	Warmińsko-Mazurska Agencja Energetyczna, Sp. z o.o w Olsztynie (W-MAE)	Agencja Regionalna: działa jako organizacja non-profit, została założona przy wsparciu programu Inteligentna Energia – Europa.	<a href="http://www.wmae.pl/">http://www.wmae.pl/</a> e-mail: sekretariat@wmae.pl
<b>Rolnicy i organizacje reprezentujące rolników</b>			
11	Komitet Rolniczych Organizacji Zawodowych Unii Europejskiej (COPA)  Komitet Spółdzielni Rolniczych (COGECA) (oddział polski)	Obowiązki: – analiza zagadnień związanych z rozwojem Wspólnej Polityki Rolnej, – reprezentowanie interesów przemysłu rolnego, – poszukiwanie rozwiązań odpowiadających wspólnym interesom, – utrzymanie i rozwijanie relacji z władzami Unii Europejskiej oraz reprezentującymi je organizacjami oraz partnerami społecznymi (na poziomie unijnym).	<a href="http://www.copa-cogeca.be/Menu.aspx">http://www.copa-cogeca.be/Menu.aspx</a> e-mail: mail@copa-cogeca.eu
12	Krajowa Rada Izb Rolniczych (KRIR)	Reprezentowanie wszystkich izb rolniczych na poziomie krajowym. Głównym i podstawowym zadaniem izb rolniczych jest rozwiązywanie problemów i reprezentowanie interesów zrzeszonych członków. Ponadto izby rolnicze mają wpływ na Politykę Rolną i uczestniczą w jej realizacji. W Polsce jest 16 wojewódzkich izb rolniczych.	<a href="http://krir.pl/index.php">http://krir.pl/index.php</a>
13	Krajowy Związek Rolników, Kółek i Organizacji Rolniczych (KZRKiOR)	Reprezentowanie rolnictwa i obszarów wiejskich przed administracją państwową i samorządową.	<a href="http://www.kolkarolnicze.pl/">http://www.kolkarolnicze.pl/</a> &mod=site&id=15 e-mail: biuro@kolkarolnicze.pl
14	Federacja Branżowych Związków Producentów Rolnych	Reprezentowanie i ochrona wspólnych interesów zrzeszonych członków wobec organów administracji rządowej, samorządu terytorialnego i jednostek gospodarczych, współpraca międzynarodowa. Federacja zrzesza 23 wiodące związki branżowe.	<a href="http://www.fbzpr.org.pl/arti.php&amp;id=aktualny.htm">http://www.fbzpr.org.pl/arti.php&amp;id=aktualny.htm</a> e-mail: biuro@fbzpr.org.pl
<b>Obrót hurtowy i detaliczny (dostawcy surowców/produktów rolniczych)</b>			
15	Krajowy Związek Grup Producentów Rolnych (KZGPR-IG)	Krajowy Związek Grup Producentów Rolnych – Izba Gospodarcza (KZGPR-IG) zrzesza 82 grupy producentów. Związek reprezentuje grupy wobec administracji państwowej, tworzy platformę wymiany doświadczeń i wspiera tworzenie i działalność grup producentów rolnych.	<a href="http://www.kzgpr.pl/">http://www.kzgpr.pl/</a> e-mail: biuro@kzgpr.pl

1	2	3	4
<b>Dostawcy środków produkcji dla rolników (zaopatrzenie rolnictwa). Maszyny i sprzęt</b>			
16	URSUS Spółka Akcyjna	Ursus jest to najstarsza marka handlowa na rynku maszyn i sprzętu rolniczego w Polsce. Firma skupia się na produkcji i sprzedaży ciągników oraz innego sprzętu ciężkiego.	<a href="http://ursus.com.pl/">http://ursus.com.pl/</a> e-mail: sekretariat@ursus.com.pl
17	Agroma Olsztyn Grupa Sznajder Sp. z o.o.	Agroma Olsztyn Grupa Sznajder to przedsiębiorstwo odpowiedzialne za dostawy sprzętu technicznego dla rolnictwa.	<a href="http://www.agroma.olsztyn.pl/">www.agroma.olsztyn.pl/</a>
18	Case New Holland w Płocku	CNH Polska – ta fabryka w Płocku jest jednym w Polsce i największym w Europie Środkowej wytwórcą maszyn do zbioru roślin i pras do belowania słomy.	<a href="http://agromet-brzeg.polandtrade.pl/">http://agromet-brzeg.polandtrade.pl/</a> e-mail: brzeg@agromet.com.pl
19	Fabryka Maszyn Rolniczych AGROMET Sp. z o.o.	Wytwórca rozstawaczy do nawozów, roztrzaskaczy obornika, kosiarek, sadzarek ziemniaków.	<a href="http://www.agro-masz.eu">http://www.agro-masz.eu</a> e-mail: kontakt@agro-masz.eu
20	AGRO-MASZ Paweł Nowak	Dostawca siewników, agregatów talerzowych, bron talerzowych, kultywatorów, zestawów uprawowo-siewnych, glebogryzarek, pługów, pługów pojedynczych i obracanych.	<a href="http://www.araj.pl">http://www.araj.pl</a> e-mail: biuro@araj.pl
21	ARA Sp. z o.o.	Producent suszarni do ziarna zbóż, silosów, czyszczalni, oraz zintegrowanych urządzeń do czyszczenia i suszenia ziarna. Firma oferuje projektowanie i montaż nowoczesnych technologii suszenia i magazynowania zbóż.	<a href="http://www.bin.agro.pl">http://www.bin.agro.pl</a> e-mail: bin@bin.net.pl
22	BIN Sp. z o.o.	Firma specjalizuje się w produkcji magazynów zbóż i sprzętu do produkcji pasz.	<a href="http://www.riela.pl">http://www.riela.pl</a> e-mail: info@riela.pl
23	RIELA Polska Sp z o.o.	Jest to firma, która buduje suszarnie, czyszczalnie i magazyny ziarna. Ponadto oferuje systemy do załadunku, rozładunku, systemy wentylacji, pomiarowe i kontrolujące.	<a href="http://www.agrocomplex.pl">http://www.agrocomplex.pl</a> e-mail: biuro@agrocomplex.pl
24	Agrocomplex	Dostawca schładzalników do mleka, dojarek i systemów udojowych (dojarki konwiove, rurociągowe i hale udojowe), środki pielęgnacji bydła, wyposażenie obór – wyrodrzenia, maty, zgarniacze obornika.	

1	2	3	4
<b>Dostawcy środków produkcji do rolników (zaopatrzenie rolnictwa). Paliwa kopalne.</b>			
25	BARTER Spółka Akcyjna	BARTER S.A. jest firmą funkcjonującą na rynku gazu płynnego od 1999 roku. Podstawowym profilem działalności firmy jest import i sprzedaż. Firma jest również jednym z kluczowych importerów węgla kamiennego pochodzącego z Rosji i Kazachstanu. Zajmuje się również importem i dystrybucją nawozów.	<a href="http://www.bartergaz.pl">http://www.bartergaz.pl/</a> e-mail: <a href="mailto:biuro@bartergaz.pl">biuro@bartergaz.pl</a>
26	PKN Orlen Spółka Akcyjna	PKN ORLEN jest to firma posiadająca jedną z największych w Europie Srodkowej rafinerii ropy. Specjalizuje się w przetwarzaniu ropy na benzynę bezołowiową, olej napędowy, olej opałowy, paliwo lotnicze a także plastiki i inne materiały ropopochodne.	<a href="http://www.orldn.pl/PL/Strony/Default.aspx">http://www.orldn.pl/PL/Strony/Default.aspx</a> e-mail: <a href="mailto:zarzad@orldn.pl">zarzad@orldn.pl</a>
<b>Dostawcy środków produkcji do rolników (zaopatrzenie rolnictwa). Nawozy, pestycydy</b>			
27	LUVENA Spółka Akcyjna	Producent i sprzedawca nawozów.	<a href="http://www.luvena.pl/page.php/1/0/news">http://www.luvena.pl/page.php/1/0/news</a> e-mail: <a href="mailto:luvena@luvena.pl">luvena@luvena.pl</a>
28	Zakłady Chemiczne Organika-Azot Spółka Akcyjna	Producent i sprzedawca nawozów, pestycydów i środków ochrony roślin. Firma prowadzi także działalność gospodarczą w zakresie skupu i magazynowania zbóż.	<a href="http://www.azot.pl/index.php">http://www.azot.pl/index.php</a> e-mail: <a href="mailto:biuro-zarzadu@azot.pl">biuro-zarzadu@azot.pl</a>
<b>Organizacje pozarządowe</b>			
29	Fundacja Idealna Gmina	Fundacja oferuje współpracę z gminami w zakresie rozwoju i wdrażania projektów ukierunkowanych na poprawę lokalnej infrastruktury oraz wdrażanie projektów zarządzania gminą. Szczególnie obejmuje to: system dystrybucji energii, bezpieczeństwo i oszczędności energii, przedsięwzięcia skierowane na poprawę stanu środowiska i otoczenia. Fundacja informuje o projektach adresowanych do samorządów i indywidulanych beneficjentów.	<a href="http://www.idealnagmina.org.pl/">http://www.idealnagmina.org.pl/</a> e-mail: <a href="mailto:malgorzata.kramarz@idealnagmina.pl">malgorzata.kramarz@idealnagmina.pl</a>
<b>Organizacje oświatowe, badawcze i doradcze</b>			
30	Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Brwinowie	Ośrodek krajowy. Zadania ośrodka głównie obejmują działania podejmowane w celu zwiększenia dochodu w rolnictwie, poprawy konkurencyjności gospodarstw, wspierania zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich oraz zwiększania kwalifikacji zawodowych rolników i innych mieszkańców obszarów wiejskich.	<a href="http://k.moscicki.cdr.gov.pl">k.moscicki cdr.gov.pl</a> , e-mail: <a href="mailto:sekretariat@cdr.gov.pl">sekretariat@cdr.gov.pl</a>

1	2	3	4
31	Warmińsko-Mazurski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Olsztynie	Ośrodek regionalny. Usługi doradcze w rolnictwie w zakresie rozwoju rolnictwa, rozwoju obszarów wiejskich i gospodarstw, w celu zwiększenie dochodu dostępnego dla rolników oraz poprawy konkurencyjności gospodarstw, wspierania zrównoważonego rozwoju obszarów wiejskich a także poprawy kwalifikacji zawodowych rolników i innych mieszkańców obszarów wiejskich.	<a href="http://www.w-modr.pl/">http://www.w-modr.pl/</a> e-mail: sekretariat@w-modr.pl
32	Stowarzyszenie Doradców na Rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich	Stowarzyszenie obejmuje zasięgiem działania obszar całego kraju. Jest aktywnym członkiem krajowych i zagranicznych organizacji o podobnym profilu działania. Jego misją jest wspieranie partnerów – rolników, przedsiębiorców oraz samorządów w pozyskiwaniu środków zewnętrznych, głównie w ramach projektów finansowanych przez Unię Europejską.	<a href="http://www.agroplus.pl">http://www.agroplus.pl</a>
33	Bałtycki Klaster Ekoenergetyczny w Gdańsku (BKKE)	Celem strategicznym jest koordynowanie realizacji Regionalnych Strategii Energetycznych w zakresie szeroko definiowanej energii ekologicznej, głównie poprzez zwiększanie możliwości pozyskiwania i wykorzystywania funduszy dostępnych z programów unijnych i państwowych, na poziomie makroregionu, oraz ułatwianie kontaktów we współpracy międzyregionalnej w Unii Europejskiej.	<a href="http://www.imp.gda.pl/bkee/">http://www.imp.gda.pl/bkee/</a> e-mail: bkee@imp.gda.pl
34	Centrum Badań Energii Odnawialnej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (CBEO)	Celem działalności Centrum jest rozwijanie badań nad nowymi technologiami w zakresie energii odnawialnych, wydajnej energii oraz efektywności energetycznej, a także przygotowanie funkcjonalnych pilotazowych instalacji ekoenergetycznych, które spełniają cele praktyczne, edukacyjne i informacyjne.	<a href="http://www.uwm.edu.pl/cbeo/">http://www.uwm.edu.pl/cbeo/</a> e-mail: cbeo@uwm.edu.pl
35	Nadwiślański Klaster Energii Odnawialnej w Kwidzynie	Klaster skupia firmy (głównie małe i średnie) produkujące energię ze źródeł odnawialnych, organizacje wspierające lokalny biznes, organizacje pozarządowe, samorządy i instytucje badawcze. Głównym celem jest przekaz i wdrażanie nowatorskich rozwiązań oraz wymiana doświadczeń w zakresie energii odnawialnej i poszanowania energii.	<a href="http://www.klasteroze.pl/">http://www.klasteroze.pl/</a> e-mail: klasteroze@klasteroze.pl(k)

## **Załącznik 4: Lista innych ograniczeń poprawy efektywności energetycznej i oszczędności energii w praktyce rolniczej**

### **Wynikające z polityki energetycznej:**

- brak strategii działań w zakresie poprawy efektywności energetycznej i programów zorientowanych na oszczędność energii w rolnictwie,
- brak rozporządzeń wykonawczych do Prawa Energetycznego,
- małe zainteresowanie programami oszczędzania energii ze strony dostawców energii,
- ograniczone subsydia, takie jak preferencyjne rabaty w przypadku implementacji rozwiązań proekologicznych oraz racjonalnego zużycia energii elektrycznej,
- niski profit ekonomiczny przedsięwzięć w zakresie oszczędności energii podejmowanych w gospodarstwach rolnych związany z relatywnie niskimi cenami na produkty rolnicze,
- skąpa wiedza rolników – użytkowników energii i brak informacji o możliwościach poprawy efektywności energetycznej produkcji rolniczej,
- społeczeństwo obszarów wiejskich jest pozostawione bez wsparcia, gdy czas rozwoju polityki efektywności energetycznej zbiega się z trudnościami ekonomicznymi i wzrastającymi cenami energii,
- w polityce energetycznej nie określa się, jaką rolę mają w tym zakresie obszary wiejskie,
- brak wsparcia motywującego gminy do wdrażania polityki oszczędzania energii w rolnictwie,
- brak regulacji prawnych i instytucjonalnych sprzyjających rozwojowi rozproszonego systemu produkcji energii na obszarach wiejskich,
- skomplikowane procedury finansowania w przypadku inwestycji w odnawialne źródła energii i działalności w kierunku oszczędności energii finansowanych z budżetu państwa.

### **Związane z odnawialnymi źródłami energii (OZE)**

- nieskuteczne programy w zakresie wspierania rozwoju rynku paliw i energii z biomasy pochodzenia rolniczego,
- niestabilne otoczenie prawne dotyczące rozwoju odnawialnych źródeł energii na obszarach wiejskich, czego przykładem mogą być zmiany w regulacjach dotyczących spalania biomasy, co sprawia, że nowe rozporządzenia niejednokrotnie podważają sens ekonomiczny już zrealizowanych projektów inwestycyjnych,
- brak stabilnej polityki wspierającej rozwój OZE i kogenerację energii, co utrudnia decyzje inwestycyjne związane z kogeneracją energii,
- skomplikowane procedury administracyjne określające uzyskiwanie pozwo-

leń oraz rozliczeń finansowych związanych z wytwarzaniem energii z biomasy,

- przestarzałe sieci przesyłowe energii elektrycznej limitujące możliwość włączania nowych generatorów energii ze źródeł odnawialnych,
- niska skuteczność systemu wspierania inwestycji w OZE z funduszy zgromadzonych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej z tytułu opłat zastępczych.

# Otoczenie zewnętrzne efektywności energetycznej w rolnictwie Unii Europejskiej – studium przypadków

Janusz Gołaszewski	University of Warmia and Mazury
Chris de Visser, Claudia Lutsyuk	Wageningen UR, Agency for Renewable Resources
Mariusz Stolarski, Zbigniew Brodziński, Ewelina Olba-Zięty, Ryszard Myhan	University of Warmia and Mazury
Hannu Mikkola, Jukka Ahokas, Tapani Jokiniemi, Mari Rajaniemi	University of Helsinki
Andreas Meyer-Aurich, Thomas Ziegler	Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim
Demetres Briassoulis, Athanasios Balafoutis, Antonis Mistriotis, Panagiotis Panagakis, Georgios Papadakis	Agricultural University of Athens
Fridtjof de Buissonjé, Hilko Ellen, Cecilia Stanghellini, Marcel van der Voort	Wageningen UR
Fátima Baptista, Luís Leopoldo Silva, Dina Murcho, José Rafael Silva, José Oliveira Peça, João Serrano	University of Evora

## 3.1. Finlandia

Finlandia ma duży potencjał promocji efektywności energetycznej w rolnictwie. Jest możliwe uzyskanie dofinansowania na programy badawcze z tego zakresu, a Finlandia jest w awangardzie krajów promujących działania w zakresie efektywności energetycznej oraz wykorzystujących energię ze źródeł odnawialnych.

Finlandia ratyfikowała porozumienie z Kioto, a dyrektywy WE 2006/32/WE i 2009/28/WE obligują Finlandię do ograniczenia emisji dwutlenku węgla i poprawy efektywności energetycznej. Z tego względu rząd Finlandii promuje oba te działania. Pomimo ogólnych uwarunkowań obecnej sytuacji ekonomicznej kraju jest determinacja aby wypełnić podjęte zobowiązania.

Wśród potencjalnych elementów mikrootoczenia efektywności energetycznej w rolnictwie ważną rolę do spełnienia mają organizacje pozarządowe. Są one zainteresowane poprawą efektywności energetycznej, przy czym między działalnością tego typu organizacji a polityką rządu jest znaczna rozbieżność. Rząd jest organem, który jednocześnie podejmuje określone zobowiązania i reformuje politykę energetyczną kraju, natomiast organizacje pozarządowe definiują swoją działalność w zakresie efektywności energetycznej, lecz w istocie za implementację programów oszczędności energii odpowiadają inne podmioty. Organizacje pozarządowe mogą także wywierać nacisk na administrację, lecz nie mają takich kompetencji, aby prowadzić reformy. Instytucje edukacyjne, badawcze i doradcze zajmują się wdrażaniem zasad polityki energetycznej w życie, ale ich działalność i możliwości zależą od sytuacji ekonomicznej i zazwyczaj między uruchomieniem programu a efektami tego programu jest wieloletnie opóźnienie. Zrzeszenia rolników są także zainteresowane poprawą efektywności energetycznej, lecz zwykle aktywna jest nieliczna grupa rolników, najczęściej o ograniczonych możliwościach i środkach. Pozytywnym przykładem pokazującym, jak zrzeszenie rolników zwiększyło swoją siłę oddziaływania była współpraca z MAF<sup>27</sup> w ramach programu „Farm Energy Program”.

W kontekście siły oddziaływania na otoczenie i kompetencji sprawczych, prymat mają dostawcy środków produkcji, firmy zajmujące się handlem hurtowym i detalicznym, oraz organizacje rządowe. Głównym celem przedsiębiorstw komercyjnych jest uzyskiwanie dochodu z prowadzonej działalności gospodarczej, dlatego też działalność związana z promocją efektywności energetycznej pojawia się wśród realizowanych zadań firmy tylko wtedy, gdy wspiera biznes. Teoretycznie, połączenie tych dwóch celów działalności firmy jest możliwe, aczkolwiek na poziomie firmy nie spotyka się promowania efektywności energetycznej samej w sobie. Organizacje rządowe mają duże kompetencje sprawcze w tym zakresie, ponieważ uczestniczą w tworzeniu i dekretacji prawa, oraz są dysponentami subsydiów. Naturalnie, w czasie kryzysu ekonomicznego dochody podatkowe w budżetach krajowych są relatywnie mniejsze, a sami politycy są mniej skłonni eksponować i promować tego typu działalność.

## 3.2. Niemcy

Główną siłą napędową wdrażania efektywności energetycznej w rolnictwie są sami rolnicy, ich cele i filozofia prowadzenia biznesu. To z kolei jest w znacznej mierze determinowane przez relacje kosztów produkcji do cen

---

<sup>27</sup> Fińskie Ministerstwo Rolnictwa i Leśnictwa.



produktów oraz ich oddziaływanie na dochody rolników i poziom komfortu życia. Edukacja i dostęp do informacji są istotne w tworzeniu świadomości efektywności energetycznej w gospodarstwach. Otoczenie gospodarcze i polityczne zostało uznane za najważniejszą zewnętrzną siłę napędową stymulującą wprowadzanie wydajnych energetycznie rozwiązań w rolnictwie. Instytucje rządowe, pozarządowe oraz przemysł mają generalny wpływ na rynek i na promowanie efektywności energetycznej. Instytucje rządowe oddziałują specyficznie poprzez finansowanie badań nad efektywnymi energetycznie technologiami w rolnictwie. Uruchomiono w tym celu programy finansowania, głównie przez BMELV<sup>28</sup>, dzięki którym wzrosła świadomość społeczna i rozpowszechnienie nowych efektywnych technologii produkcji

Analiza dokonana wśród innych podmiotów otoczenia wykazała, iż efektywność energetyczna w rolnictwie nie wydaje się być znaczącym zagadnieniem. Na przykład, organizacje rolników – co może być zaskakujące – w swojej działalności nie kładą silnego nacisku na poprawę efektywności energetycznej w rolnictwie. Także w opinii organizacji pozarządowych, efektywność energetyczna nie jest najważniejszym tematem, który powinien być rozwijany. Według ich opinii bardziej istotne jest promowanie technologii wywarzania energii przez rolników ze źródeł odnawialnych, czyli propagowanie rozwiązań, które pojawiają się w dyskusjach politycznych od czasu reform w sektorze rolniczym prowadzonych w latach 90-tych XX wieku. Jak się wydaje, niełatwo jest wypromować wizję rolnika jako konsumenta i producenta energii oraz jednocześnie zachęcić do podjęcia starań w celu poprawy efektywności energetycznej produkcji.

### 3.3. Grecja

W latach 2005-2007, w Grecji odnotowano wzrost zarówno areału użytkowanych gruntów rolniczych jak i produkcji zwierzęcej. W odniesieniu do rynku pracy, 548 000 roboczogodzin rocznie przypadało na sektor rolny – była to głównie praca wykonywana przez członków rodzin posiadających gospodarstwa rolne. Większość właścicieli gospodarstw ma ponad 55 lat i użytkuje własną (nie dzierżawioną) ziemię. Uprawy roślin przemysłowych (np. bawełna i tytoń) oraz pszenicy twardej (*T. durum*) zmniejszyły się znacznie w efekcie zmian wynikających z założeń Wspólnej Polityki Rolnej. W tym samym czasie, wzrósł istotnie udział rolnictwa ekologicznego. Przeciętna wielkość gospodarstwa nieoczekiwanie zmalała – efekt Wspólnej Polityki Rolnej. Większość gospodarstw rolnych ma poniżej 20 ha ziemi. Takie rozdrobnienie produkcji

---

<sup>28</sup> Ministerstwo rolnictwa, polityki żywnościowej i ochrony konsumentów – niemieckie ministerstwo federalne (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz).

ogranicza wydajność i dochód rolniczy. Produkcja zwierzęca obejmuje głównie owce, drugie w kolejności są kozy, a następnie trzoda chlewna, bydło i drób. Ogólnie, produkcja zwierzęca w Grecji polega na utrzymywaniu niewielkich stad zwierząt.

W celu określenia głównych sił napędowych związanych z poprawą efektywności energetycznej w rolnictwie greckim przeprowadzono analizę DES-TEP. Pod względem demograficznym, ludność krajów europejskich, łącznie z Grecją, wykazuje stałą tendencję do starzenia się. W Grecji, proces urbanizacji wyhamował w ciągu ostatnich 20 lat, ale nie zatrzymał się całkowicie. Zmalała więc liczba ludności wiejskiej, jednak wielu byłych mieszkańców wsi nadal dodatkowo zajmuje się pracą na roli. Pod względem ekonomicznym, rolnictwo ma ogromne znaczenie w Grecji, gdyż stanowi istotny udział w greckim eksporcie (ok. 25%). Dlatego też, poprawa efektywności energetycznej w rolnictwie mogłaby przyczynić się do poprawy efektywności ekonomicznej produkcji. Ponadto ceny energii z paliw kopalnych stale rosną, a Grecja nie ma wpływu na ceny światowe. Energia elektryczna jest sprzedawana po stosunkowo niskich (szczególnie w rolnictwie), lecz stale rosnących cenach. Dlatego też ceny energii mogą mieć istotny wpływ na produkcję rolniczą a efektywność energetyczna może mieć znaczący wpływ na kształtowanie się ostatecznego dochodu rolniczego. Kolejnym istotnym czynnikiem w przypadku efektywności energetycznej w rolnictwie są płace – w Grecji koszty pracy ludzkiej są bardzo wysokie, co ma istotny wpływ na ceny końcowych produktów rolniczych; pracę ludzką można zastąpić pracą maszyn, co także może przyczynić się do zwiększenia wydajności energetycznej produkcji. Kolejnym czynnikiem są ceny ziemi, ogólnie wysokie, ale w ostatnim okresie notuje się tendencją zniżkową. Z socjologicznego punktu widzenia, społeczności wiejskie w Grecji są staroświeckie i raczej nie są pionierami zmian i wprowadzania w życie nowych technologii (np. rozwiązań promujących większą efektywność nakładów energetycznych). Rozwój rolnictwa zrównoważonego wynika z potrzeb społecznych, a to także wymusza działania w kierunku poprawy efektywności energetycznej. Nowy trend zmian demograficznych polegający na migracji ludności miejskiej na wieś również może mieć wpływ na poprawę efektywności energetycznej, ponieważ sprzyja przenoszeniu nowych pomysłów na obszary wiejskie. Z kolei brak zrozumienia wśród ludności miejskiej, jakiego wysiłku wymaga produkcja rolna ma ujemny wpływ na rynek rolny greckich produktów, gdyż kluczowym kryterium wyboru jest cena produktu, lecz to nastawienie wydaje się ulegać zmianie na rzecz jakości produktów. Pod względem technologicznym, lepsze nawozy i środki ochrony roślin mogą mieć wpływ na efektywność energetyczną w rolnictwie dzięki ograniczeniu ich zużycia do racjonalnych dawek stosowanych w konkretnych uprawach (zintegrowany system kierowania gospodarstwem) lub też całkowitej rezygnacji z takich środków (rolnictwo ekologiczne). Nawadnianie, zwłaszcza z zasobów wód podziemnych, może mieć

wpływ na oszczędne zużycie energii w rolnictwie, jeśli doberze się właściwe pompy, a program nawadniania zostanie dostosowany do potrzeb danej plantacji. Rolnictwo precyzyjne byłoby doskonałym narzędziem pomagającym obniżyć nakłady na produkcję wszelkich upraw roślinnych, lecz jego wdrożenie w Grecji jest na bardzo wstępnym etapie, głównie z powodu koniecznych wysokich nakładów inwestycyjnych. Zachowawcza uprawa roli lub uprawa zerowa spowodowałyby zmniejszenie zużycia oleju napędowego przez ciągniki, zwłaszcza że konwencjonalna uprawa oznacza uprawę z orką głęboką (najbardziej energochłonny sposób uprawy roli). Hodowla roślin i zwierząt, oraz powrót do tradycyjnych greckich odmian także pozwoliłyby zmniejszyć nakłady energetyczne na produkcję. W kontekście ekologicznym, erozja gleb i ich żyzność mają wpływ na efektywność energetyczną w rolnictwie, gdyż łączą się z większym zużyciem nawozów i pestycydów. W Grecji, zmiany klimatyczne wymuszają zmiany w intensywności nawodnień, co może powodować większe zużycie energii w rolnictwie. W obszarze politycznym, polityka prowadzona przez Unię Europejską i przez Światową Organizację Handlu (WTO) mają istotny wpływ na zużycie energii w rolnictwie, zwłaszcza w rolnictwie ekologicznym i zrównoważonym.

Głównymi partnerami mikrootoczenia efektywności energetycznej w rolnictwie Grecji, z którymi związane są wymienione wyżej czynniki rozwojowe są: rząd (np. poprzez odpowiednie ministerstwa), działalność agencji rządowych i organizacji ponadnarodowych (np. UE, WEO, WTO, FAO, ONZ, itp.), jednostki edukacyjne i naukowo-badawcze (np. uniwersytety, instytuty badawcze, itp.), przemysł rolny i żywnościowy (przemysł mleczarski, młynarski i fabryki makaronów, przetwórnictwo oliwek, winnice), przemysł produkujący urządzenia i maszyny rolne (folie, systemy nawadniania, siatki, wszelkiego rodzaju maszyny rolnicze), organizacje pozarządowe (Greenpeace, WWF, Agonomists of the World, itp.), handel hurtowy i detaliczny oraz firmy zaopatrujące rolnictwo w środki produkcji.

### 3.4. Holandia

Poniżej przedstawiono syntezę analizy dotyczącej czynników rozwojowych, podmioty otoczenia i bariery związane z poprawą efektywności energetycznej w rolnictwie holenderskim. W oparciu o metodę DESTEP, scharakteryzowano główne czynniki makrootoczenia wpływające na efektywność energetyczną.

Wśród czynników demograficznych istotne znaczenie ma dualny trend rozwojowy holenderskiego rolnictwa polegający na tym, że większe farmy stają się coraz większe, a małe farmy stają się coraz mniejsze. Z tymi zmianami wiąże się problemem przejmowania gospodarstw. Małe farmy nie generują

wystarczającego dochodu, by zachęcić do ich przejmowania, dlatego wiele z nich zniknie w najbliższej przyszłości. Liczba ludności zatrudnionej w rolnictwie w Holandii maleje. Szacuje się dalszy 20% spadek zatrudnienia. Jest bardzo prawdopodobne, że większe farmy, które nadal powiększają się, wdrożą działania efektywnościowe w zakresie zużycia energii. Wzrost obszarowy jest motywem do osiągnięcia wyższej efektywności ekonomicznej (dzięki korzystniejszej relacji kosztów do cen). Szacuje się, że wysokie koszty pracy sezonowej oraz zmniejszająca się podaż wykształconej zawodowo siły roboczej będą stymulowały mechanizację i wzrost skali produkcji. Zastępowanie siły roboczej poprzez większe wykorzystanie maszyn prawdopodobnie doprowadzi do zwiększonego zużycia energii.

Czynnikami ekonomicznymi są wzrost cen energii, ceny towarów rolnych, cena ziemi oraz płace. Wzrost cen na towary produkowane przez rolnictwo będzie oznaczał większe dochody osiągane przez przedsiębiorstwa branży rolnej. To z kolei prawdopodobnie zwiększy możliwości inwestowania przez te firmy. Inwestowanie w dodatkowy areał ziemi uprawnej utrzyma ceny ziemi na dotychczasowym lub nawet wyższym poziomie. Wzrost cen energii przełoży się bezpośrednio na wyższe koszty, zwłaszcza w sektorach rolnictwa zależnych od dostaw energii, np. w ogrodnictwie szklarniowym. Oczekuje się także, że wyższe ceny energii będą stymulowały poprawę efektywności energetycznej w sektorach produkcji z relatywnie niskim zużyciem energii, np. w produkcji polowej.

Z czynników społecznych należy odnotować rosnącą przepaść między obywatelami a rolnictwem, sprzeciw społeczny skierowany przeciwko uprzemysłowionemu rolnictwu, ale też wysoki poziom wykształcenia i wysoki poziom naukowych instytutów badawczych. Postawy społeczeństwa holenderskiego wobec uprzemysłowionego rolnictwa mogą prowadzić do wzrostu zużycia energii w hodowli zwierzęcej z uwagi na nastawienie tego typu produkcji na jak największą wydajność. Przypuszcza się, że zmiany będące reakcją na oczekiwania społeczne odnośnie do produktów lub produkcji rolniczej wpłyną na efektywność energetyczną. Ponadto, spożycie żywności produkowanej w zrównoważony sposób stanowi zachętę do wdrażania technologii wydajnych energetycznie, lecz obecnie nie ma silnego popytu na rynku tych produktów.

Czynniki technologiczne są związane z biogospodarką, rolnictwem precyzyjnym, genomiką oraz innowacjami systemowymi. Nie przewiduje się, aby biogospodarka zmieniła znacząco strukturę upraw. Szacuje się, że większy wpływ może wywrzeć zainteresowanie tymi częściami roślin, które do tej pory nie były wykorzystywane. Szczególnie dodatkowe etapy prac związane ze sprzętem roślin, np. zbiór liści buraka, mogą spowodować zwiększone zużycie energii. Pozytywnym skutkiem ubocznym może być potencjalny dodatkowy dochód (środki finansowe), ale także dodatkowe wydatkowanie energii na otrzymanie produktów ubocznych. Perspektywa rolnictwa precyzyjnego wska-

zuje na potencjał w ograniczaniu nakładów przy takich samych lub nawet wyższych plonach. Z kolei genomika może także prowadzić do osiągania wyższych plonów lub zmniejszenia nakładów na produkcję. W obu przypadkach, zużycie energii na kg produktu zmniejszy się.

Bezglebowa uprawa roślin poza szklarniami wymuszana jest w Holandii przez surowe prawo związane z ochroną środowiska. Uprawa bezglebowa roślin poza szklarniami powinna skutkować zmniejszeniem nakładów, szczególnie na nawozy i środki ochrony roślin. Kolejną innowacją systemową jest uprawa zerowa. Doświadczenia nabyte w wyniku eksperymentów z uprawą zerową wskazują na potencjał oszczędności zużycia energii.

Wśród czynników ekologicznych wymienia się stan żyzności gleb, nadmierne zasolenie, oraz gospodarkę wodną. Rolnicy coraz częściej wskazują na „wąskie gardła” w utrzymywaniu odpowiedniej żyzności gleb, szczególnie gleb piaszczystych z szybką rotacją upraw. Praktyczne problemy wynikają z wolniejszego wzrostu roślin oraz zwiększonego zużycia nawozów i pestycydów. Zwrócenie uwagi na zachowanie żyzności gleby może prowadzić do zwiększonego zużycia energii. Dodatkowe nawożenie obornikiem lub też zwiększenie jego dawek może powodować większe zużycie energii. Również uprawa roślin na zielony nawóz może skutkować większym zużyciem energii.

W przyszłości można spodziewać się ekstremalnych zjawisk pogodowych, więcej okresów suszy wiosną i latem, oraz większej liczby mokrych lat. Ekstremalna pogoda może powodować większe zużycie energii. W warunkach suszy, potrzebna jest dodatkowa energia na nawadnianie upraw, a przy nadmiernych opadach maszyny i ciągniki rolnicze zużywają więcej paliwa.

Wśród czynników politycznych należy wymienić reformy wprowadzane przez Wspólną Politykę Rolną, derogacje w Dyrektywie Azotanowej, krajowe podatki i dopłaty. Reformy Wspólnej Polityki Rolnej wpłyną na wynik finansowy produkcji z 1 hektara. Po reformie będzie on niższy, co przyczyni się do zmniejszania dochodów z produkcji rolniczej. Koszt wytworzenia pozostanie taki sam. Preferencje rolników, aby tę stratę zrekompensować poprzez obniżanie kosztów produkcji mogłyby w jeszcze większym stopniu zachęcać do powiększania dużych gospodarstw (porównaj: czynniki demograficzne). Reformy Wspólnej Polityki Rolnej mogłyby też wygenerować dodatkowy popyt na rozwój zrównoważony. To z kolei oznaczałoby, że efektywność energetyczna może stać się warunkiem określonym we Wspólnej Polityce Rolnej. Zakończenie derogacji z Dyrektywy Azotanowej będzie miało duży wpływ na zużycie energii w rolnictwie. Nawozy organiczne będą prawdopodobnie przetwarzane na produkty zastępujące nawozy nieorganiczne, lub też tańsze na tyle, aby je szerzej wykorzystać w produkcji polowej. Zastępowanie nawozów nieorganicznych będzie prowadziło do obniżenia zużycia energii, ale stosowanie większych ilości nawozów organicznych na polach zwiększy transport takich nawozów pomiędzy poszczególnymi regionami Holandii.

W kontekście makroczynn timerów dokonano analizy istotnych podmiotów otoczenia sprzyjającego implementacji efektywności energetycznej w produkcji rolniczej. W oparciu o eksperckie oceny dokonano kwalifikacji podmiotów zgodnie z wagą ich znaczenia w procesie wdrażaniu efektywności energetycznej w holenderskim rolnictwie. Pierwszą grupę podlegającą szczególnemu monitoringowi stanowią podmioty, które mają duży wpływ i jednocześnie wykazują duże zainteresowanie efektywnością energetyczną. Te podmioty są kluczowe w procesie poprawy efektywności energetycznej w holenderskim rolnictwie. Drugą grupę stanowią podmioty, które mają duży wpływ na poprawę efektywności energetycznej, ale jednocześnie są tym procesem mało zainteresowani. Trzecią grupę stanowią podmioty o ograniczonym wpływie ale zainteresowane wdrażaniem efektywności energetycznej. I w końcu podmioty, które także powinny być monitorowane są to te, które wyrażają niewielkie zainteresowanie i mają znikomy wpływ na efektywność energetyczną.

### 3.5. Polska

Udział rolnictwa, łowiectwa i rybactwa w wytworzonej Wartości Dodanej Brutto w gospodarce polskiej stanowi 3,5%. Jednocześnie rolnictwo i leśnictwo zużywają 5,8% końcowej energii, wytwarzając przy tym 3,4 tony CO<sub>2</sub> na 1 toe<sup>29</sup>. Obie liczby są dwukrotnie wyższe niż przeciętne zużycie energii i intensywność emisji dwutlenku węgla w krajach UE-27. Możliwości oszczędności energii w polskim rolnictwie wiążą się z działaniami podejmowanymi w celu zniwelowania różnicy technologicznej w produkcji rolniczej między Polską a krajami zachodniej Europy, poprzez wprowadzanie rozwiązań pozwalających ograniczać bezpośrednio nakłady energetyczne oraz najbardziej energochłonne nakłady pośrednie na nawozy mineralne w produkcji roślinnej i pasze w produkcji zwierzęcej.

Wdrażanie efektywności energetycznej w polskim rolnictwie wymaga stworzenia sprzyjającego otoczenia, które połączy partnerów sektora rolnictwa i partnerów spoza rolnictwa, oraz zsynchronizuje różne kierunki polityki krajowej związane ze zrównoważonym rozwojem, energetyką, kwestiami ekonomiczno-społecznymi oraz zagadnieniami ochrony środowiska. Brak jest ściśle określonej polityki dotyczącej efektywności energetycznej w rolnictwie, chociaż istnieją uregulowania prawne pośrednio związane z rolnictwem, np. Drugi Krajowy Plan Działania dotyczący efektywności energetycznej (2012).

---

<sup>29</sup> Ton of oil equivalent – konwencjonalna jednostka energii, określa ilość energii ze spalania 1 tony ropy naftowej (ok. 41,87 GJ).

Można przypuszczać, że w najbliższej przyszłości główną siłą napędową w rozwijaniu efektywności energetycznej w polskim rolnictwie będzie polityka rządu (poprzez nowe ustawy, rozporządzenia i politykę fiskalną, itp.).

Tempo i zakres adaptacji zasad oszczędzania energii w procesie produkcji rolniczej są uzależnione od szeregu czynników, takich jak: zasoby kapitału ludzkiego, stopa zatrudnienia, aktywność społeczna, standard życia na obszarach wiejskich oraz świadomość społeczna prowadzenia produkcji rolniczej w taki sposób, aby oszczędnie gospodarować zużyciem zasobów energetycznych. W ciągu ostatnich dwudziestu lat konsumpcja energii pierwotnej i wtórnej w polskim rolnictwie systematycznie zmniejszała się, co wynikało zarówno z prywatyzacji gospodarstw państwowych i powstawania nowoczesnych wielkoobszarowych przedsiębiorstw rolniczych po 1990 roku, jak również z modernizacji i restrukturyzacji polskiego rolnictwa po akcesji Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku. Aczkolwiek działalność gospodarcza prowadzona na obszarach wiejskich nie jest już kojarzona wyłącznie z rolnictwem, to nadal właśnie przez ten sektor przepływa główny strumień funduszy publicznych przeznaczonych na wspieranie rozwoju obszarów wiejskich. Konieczność rekompensowania stale malejącej roli gospodarczej rolnictwa pozostaje wśród najważniejszych wyzwań w kontekście wdrażania efektywności energetycznej na obszarach wiejskich w Polsce.

Wśród czynników ekonomicznych, które w największym stopniu mogą przyczynić się do poprawy efektywności energetycznej produkcji rolniczej należy wskazać następujące: rosnący udział produkcji towarowej oraz budowanie polskiej specjalizacji produkcji wysokojakościowych surowców i produktów rolniczych, takich jak ziarno zbóż, mleko, wołowina, wieprzowina i mięso drobiowe; wzrastająca produktywność w przeliczeniu na 1 hektar uprawy w produkcji roślinnej lub sztukę przeliczeniową w produkcji zwierzęcej; narastające tendencje do zachowania specyficznego charakteru produkcji w regionach, w tym organizacja grup producentów jako nowa forma pracy zespołowej w celu konkurencyjności na rynku rolniczym. Kolejne czynniki wpływające na rozwój efektywnych energetycznie technologii produkcji rolniczej tkwią bezpośrednio w potencjale każdego gospodarstwa do adaptacji najbardziej efektywnych energetycznie rozwiązań technicznych dostępnych na rynku, oraz są powiązane z kreowaną polityką w zakresie badań naukowych i rozwojowych, łącznie z transferem wiedzy z laboratoriów do praktyki produkcyjnej. Obecnie brak jest w Polsce przykładów projektów badawczo-wdrożeniowych powiązanych bezpośrednio z efektywnością energetyczną w rolnictwie. Wymienione powyżej czynniki rozwojowe mają charakter ogólny lub też są ściśle specyficzne dla produkcji rolniczej. W kontekście czynników rozwojowych o charakterze ogólnym, niezbędna jest integracja polityk w zakresie takich dziedzin jak energetyka, nauka i badania, gospodarka, i inne. Bez względu na specyfikę

czynników rozwojowych implementacja efektywności energetycznej w rolnictwie jest procesem rozważanym zarówno w krótkim, jak i długim okresie czasu. Generalnie czynniki rozwojowe odnoszą się do zmian demograficznych i społecznych, rynku energii oraz efektów uzyskiwanych w perspektywie długookresowej.

Krajowe podmioty i grupy wpływów, które rozwijają lub są zainteresowane rozwojem, lub też mają moc sprawczą, aby efektywnie energetycznie rozwiązania wprowadzać do praktyki rolniczej tworzą mikrootoczenie proefektywnościowe. Jest ono postrzegane jako swoiste „konsorcjum” podmiotów i grup oddziaływania mających wpływ na kreowanie polityki w zakresie efektywności energetycznej oraz na zainteresowanie rolników i w efekcie pośredni lub bezpośredni wpływ na wdrażanie w gospodarstwach efektywnych energetycznie technologii produkcji, oraz na promocję rozwiązań pozwalających oszczędzać energię w życiu codziennym społeczności wiejskiej.

Mikrootoczenie efektywności energetycznej w polskim rolnictwie analizowano w aspekcie potencjalnej mocy sprawczej oraz zainteresowania we wdrażaniu efektywności energetycznej w układzie podmiotów i grup wpływu ponadkrajowych, rządowych, finansowych, doradczych, dostawców energii i środków produkcji, a ponadto: organizacje pozarządowe, zrzeszenia rolników oraz instytuty badawczo-rozwojowe. Podmioty analizowano według ich znaczenia we wdrażaniu efektywności energetycznej oraz możliwości kreowania polityki oszczędzania energii w praktyce rolniczej. Najwyższą pozycję w kontekście mocy sprawczej i zainteresowania przypisano rolnikom, następnie związkom rolników oraz dostawcom środków produkcji; po drugiej stronie umieszczono podmioty, które tradycyjnie „obsługują” produkcję rolniczą – dostawcy energii oraz reprezentujący działalność związaną z obrotem hurtowym i handlem detalicznym.

W analizie barier, które mogą powodować opóźnienia we wdrażaniu efektywnych energetycznie i energooszczędnych rozwiązań w rolnictwie, zarówno w krótszej jak i dłuższej perspektywie czasu dokonano podziału uwzględniając związek z bezpośrednią produkcją rolniczą. Wśród barier o charakterze ogólnogospodarczym zidentyfikowano m.in.: niekorzystne kursy wymiany walut, przestarzały sektor energetyki, brak dywersyfikacji źródeł energii, niedopasowanie rynku pracy. Wśród barier bezpośrednio powiązane z rolnictwem wskazano na przestarzałą infrastrukturę energetyczną na obszarach wiejskich, infrastrukturę społeczną obszarów wiejskich, niedostatek informacji na temat polityki efektywności energetycznej, bariery finansowe, potencjał ludzki, słabo rozwinięte lokalne usługi techniczne, niewystarczające i zbyt powolne wdrażanie programów wsparcia wdrażania efektywności energetycznej w rolnictwie, oraz rozproszenie gospodarstw rolnych.



### 3.6. Portugalia

Portugalia jest w grupie państw unijnych najbardziej zagrożonych negatywnymi efektami oddziaływania zmian klimatycznych. Prognozuje się zmniejszenie plonów wskutek większej zmienności zjawisk pogodowych, wyższych temperatur średnich, mniejszych opadów oraz ich większej koncentracji w okresie zimowym, a także wskutek większej częstotliwości występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych. Niektóre z działań podejmowanych w Portugalii uwzględniają te aspekty, dzięki czemu np. zbudowano lub zmodernizowano systemy nawadniania upraw oraz wprowadzono dotacje dla rolników zorientowane na konserwację gleb.

Energia w produkcji rolniczej stanowi koszt zmienny, który można obniżyć dzięki wprowadzeniu innowacyjnych technologii energooszczędnych, co z kolei mogłoby zwiększyć dochód z produkcji i jednocześnie zmniejszyć ujemny wpływ na środowisko naturalne. Konsumpcja energii i efektywność energetyczna w rolnictwie jest zagadnieniem złożonym ze względu na dużą liczbę różnych czynników, które należy określić i ocenić wzajemne relacje.

W przypadku Portugalii makroocenienie efektywności energetycznej analizowano z punktu widzenia czynników demograficznych, energetycznych, edukacyjnych i badawczych, technologicznych, a także w aspekcie polityki podatkowej i istniejącego prawodawstwa oraz zmian klimatycznych. Odnotowano rosnącą liczbę młodych i dobrze wykształconych osób wiążących kariery zawodowe z sektorem rolnictwa. Może to sprzyjać racjonalnej gospodarce zasobami naturalnymi oraz umożliwiać przejście do technicznie bardziej zaawansowanych i wydajnych systemów produkcji rolniczej. Cena za energię będzie coraz bardziej liczącym się składnikiem kosztów produkcji, a jednocześnie czynnikiem uzasadniającym poprawę efektywności energetycznej. Dzięki edukacji i nauce wzrosła świadomość konieczności zachowania zasobów naturalnych oraz znaczenia energii odnawialnych i oszczędzania energii. Istnieją zachęty do wdrażania nowych systemów produkcji, bardziej ukierunkowanych na potrzeby środowiska naturalnego. Większy zasięg stosowania systemów zachowawczych w uprawie roli oraz rozwój rolnictwa precyzyjnego pozwalają wprowadzać do praktyki bardziej energooszczędne systemy produkcji.

Określono pewne grupy podmiotów zainteresowanych poprawą efektywności energetycznej w rolnictwie i mających moc sprawczą aby ją wprowadzać. Wyróżniono grupy podmiotów na poziomie ponadnarodowym, rządowym, instytucje finansowe, przemysł rolny i żywnościowy, firmy hurtowe i detaliczne, dostawców środków produkcji w rolnictwie, rolników i zrzeszenia rolników, organizacje pozarządowe, instytucje edukacyjne i badawcze. Konieczne jest rozwijanie międzynarodowej współpracy agencji rządowych i organizacji rolniczych, aby można było uczestniczyć w opracowywaniu i uzgadnianiu pro-

gramów rozwoju efektywności energetycznej na poziomie europejskim, oraz aby ukazywać nowatorskie technologie pozwalające ograniczać zużycie energii w rolnictwie. Ograniczanie uzależnienia energetycznego jest konkretnym celem realizowanym przez rząd. Rolnictwo jest tym sektorem, który może przyczynić się do zmniejszenia uzależnienia od zewnętrznych dostaw energii, a jednocześnie mieć udział w łagodzeniu zmian klimatycznych. Opinia publiczna jest lepiej poinformowana i ma większą świadomość w kwestiach związanych z energią i środowiskiem naturalnym. Przemysł oraz firmy handlowe hurtowe i detaliczne mogą być zainteresowane sprzedażą produktów wytworzonych przy mniejszym zużyciu energii i mniejszym zanieczyszczeniu środowiska. W kontekście efektywności energetycznej, rolnicy ograniczą zużycie niektórych środków produkcji. To wpłynie na działalność dostawców, którzy także będą musieli wprowadzić energooszczędne rozwiązania, aby obniżyć koszty produkcji. Ogólnie, rolnicy wykazują zainteresowanie poprawą efektywności energetycznej, lecz starszy wiek i niski poziom wykształcenia stanowią przeszkodę. Ponadto, potrzebne są pewne inwestycje, a to oznacza dodatkowe nakłady finansowe. Konieczne jest wykazanie, iż proponowane inwestycje są istotne z punktu widzenia mniejszych kosztów produkcji. W Portugalii badania są w znacznej mierze uzależnione od uniwersytetów i innych instytucji edukacyjnych. W środowisku akademickim jest zrozumienie dla badań nad efektywnością energetyczną, co przekłada się na większą liczbę prac badawczych oraz edukację związaną z energetyką, energią odnawialną oraz efektywnością energetyczną. Aktywność tej sfery makrootoczenia ma fundamentalne znaczenie dla rozwoju nowej wiedzy i umiejętności wśród przyszłych, wykształconych rolników oraz rozwoju krajowych badań w zakresie efektywności energetycznej.

Podsumowując, można wyrazić przekonanie, iż Portugalia posiada duże możliwości w kwestii promowania efektywności energetycznej w rolnictwie, lecz niezbędne są dalsze inwestycje w badania i działania upowszechnieniowo-demonstracyjne wśród rolników.

## Miary oszczędności energii w rolnictwie

Janusz Gołaszewski	University of Warmia and Mazury
Chris de Visser	Wageningen UR
Mariusz Stolarski, Zbigniew Brodziński, Ewelina Olba-Zięty, Ryszard Myhan	University of Warmia and Mazury
Hannu Mikkola, Jukka Ahokas, Tapani Jokiniemi, Mari Rajaniemi	University of Helsinki
Andreas Meyer-Aurich, Thomas Ziegler	Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim
Demetres Briassoulis, Athanasios Balafoutis, Antonis Mistriotis, Panagiotis Panagakis, Georgios Papadakis	Agricultural University of Athens
Fridtjof de Buissonjé, Hilko Ellen, Cecilia Stanghellini, Marcel van der Voort	Wageningen UR
Fátima Baptista, Luís Leopoldo Silva, Dina Murcho, José Rafael Silva, José Oliveira Peça, João Serrano	University of Evora

## Wnioski kluczowe

1. Na podstawie raportów z sześciu krajów Unii Europejskiej zinventaryzowano 481 miar oszczędności energii dotyczących przedsięwzięć mających na celu redukcję specyficznych nakładów energetycznych na wytworzenie jednostki produktu w tych sektorach rolnictwa, które są głównymi konsumentami energii.
2. Efektywność energetyczna w rolnictwie nie jest obecnie priorytetem polityki Unii Europejskiej, i tylko wyjątkowo, w zakresie oszczędności energii w szklarniach, jest obecna w polityce niektórych krajów członkowskich. Mimo to, procesy innowacyjne oraz implementacja działań zorientowanych na oszczędzanie energii są stopniowo wdrażane praktycznie we wszystkich sektorach produkcji rolniczej. Aby przyspieszyć ten proces, w co najmniej 80% przypadkach proponowanych działań potrzebne jest wsparcie badawcze i poszukiwanie nowych efektywniejszych rozwiązań.

3. Pojedyncze miary oszczędności energii mogą w istotny sposób poprawić efektywność energetyczną produkcji rolniczej, jednak w większości przypadków potrzebny jest cały zestaw skoordynowanych działań, szczególnie tam, gdzie w grę wchodzi innowacje systemowe. Niekiedy, wdrażanie rozwiązań oszczędzających energię wymaga podejścia uwzględniającego cały łańcuch wartości (np. rolnictwo precyzyjne), niekiedy zaś wymaga technologii, którą oferują firmy dostawcze (np. środki produkcji) nawet z innych sektorów gospodarki. Ewolucja i wdrażanie przedsięwzięć energooszczędnych może być procesem na tyle złożonym, że wykorzystanie tkwiącego w tych miarach potencjału oszczędności energii będzie wymagało wysiłków w dłuższym okresie czasu.
4. Określenie pakietu miar oszczędności energii dla konkretnych sektorów rolnictwa, które w dużej mierze są specyficznego dla danego kraju Unii Europejskiej, umożliwi opracowanie systemowego/holistycznego podejścia badawczego, w którym globalna oszczędność energii w danym sektorze produkcji rolniczej będzie wynikiem synergii efektów energetyczno-ekonomiczno-środowiskowych.

## Streszczenie

Ograniczanie nakładów energetycznych w produkcji rolniczej jest procesem implementacji w praktyce pewnego zestawu miar oszczędności energii związanych z działaniami energooszczędnymi w danym sektorze produkcji, infrastrukturą gospodarstw oraz działalnością zarządczą i organizacyjną. W sześciu krajowych raportach z Finlandii, Niemiec, Grecji, Holandii, Polski i Portugalii sporządzonych dla 13 działów rolnictwa określono w sumie 481 działań energooszczędnych, które klasyfikowano w zakresie 7 kategorii: 1) rodzaj nakładu energetycznego: pośredni, bezpośredni; 2) rodzaj miary oszczędności energii: poziom operacyjny, poziom systemowy, monitoring procesu, zarządzanie gospodarstwem, zorientowanie rynkowe, dobra inwestycyjne (środki produkcji); 3) ważność: od 1 – niska, do 5 – wysoka; 4) B+R: tak, nie; 5) potencjał miary oszczędności energii do wdrożenia: działanie możliwe do wdrożenia od razu, działanie niemożliwe do szybkiego wdrożenia; 6) szacowany koszt inwestycji w zakresie: od 1000 do ponad 1 000 000 EUR; 7) szacowany okres zwrotu: od 1 roku do ponad 5 lat.

Na podstawie analizy miar oszczędności energii wyprowadzono następujące wnioski:

- Miary oszczędności energii dotyczą ograniczenia zasadniczych nakładów energetycznych w produkcji rolniczej, takich jak: nawozy i środki ochrony roślin, paliwo do ciągników i innych maszyn rolniczych, ogrzewanie, chłodze-

nie i wentylacja budynków gospodarczych i innych zabudowań, energia elektryczna zasilania pomp (np. przy nawadnianiu) oraz oświetlenia, a także energia zakumulowana w budynkach i sprzęcie rolniczym.

- Analiza miar oszczędności energii wykazała, że działania energooszczędne w równym stopniu dotyczą ograniczenia nakładów energetycznych bezpośrednich, jak i pośrednich, przy czym przeważająca większość miar racjonalizujących zużycie energii (443 z 481) w skali ich ważności została oceniona w przedziale od 3 (umiarkowanie ważne) do 5 (bardzo ważne). Wdrażanie większości działań energooszczędnych w praktyce rolniczej jest aktualnie możliwe (464 z 481), ale jednocześnie celowe są zaawansowane badania w zakresie 389 z 481 analizowanych miar oszczędności energii. W uprzemysłowionym chowie trzody chlewnej i brojlerów proponuje się pewne miary oszczędności energii, które można wdrożyć wraz z technologiami obecnie dostępnymi na rynku; dotyczą one doskonalenia izolacji cieplnej, sprawniejszych systemów wentylacyjnych, oświetlenia i klimatyzacji budynków, a także zaawansowanych technik kontrolowania klimatu wewnątrz budynków.
- Prace badawczo-rozwojowe będą szczególnie istotne w racjonalizacji zużycia energii w odniesieniu do systemów gospodarowania, działalności operacyjnej oraz nakładami kapitałowymi i infrastrukturą wykorzystanymi w procesie produkcji.
- Szacunkowe koszty inwestycyjne związane z wdrażaniem działań energooszczędnych są wyraźnie zróżnicowane między sektorami rolnictwa: 1/3 wszystkich miar oszczędności energii może być wdrożona przy kosztach poniżej 1000 EUR, a 1/3 wygeneruje koszty inwestycyjne w przedziale między 1000 EUR a 25 000 EUR. Najwyższe koszty inwestycyjne wiążą się z wdrażaniem rozwiązań energooszczędnych w produkcji szklarniowej i zwierzęcej i dotyczą działań w zakresie poprawy termoizolacji, efektywniejszej wentylacji, systemów oświetlenia i klimatyzacji, oraz zaawansowanych technologii sterowania mikroklimatem w budynkach.
- W produkcji roślinnej, oszczędność energii będzie w dużej mierze zależna od tych przedsięwzięć, które mają na celu redukcję zużycia oleju napędowego poprzez optymalizację parametrów roboczych ciągników i maszyn stosowanych w pracach polowych, a także ograniczenie zużycia energii na suszenie oraz magazynowanie płodów rolnych. Z drugiej strony, zmniejszenie pośrednich nakładów energetycznych jest związane z wdrażaniem takich przedsięwzięć, które mają na celu zwiększenie produktywności roślin i wprowadzanie odmian odpornych na choroby (hodowla roślin), stosowanie alternatywnych źródeł składników odżywczych w glebie oraz środków ochrony roślin (nawozy organiczne i zielone, biopreparaty), zaawansowane monitorowanie procesu produkcyjnego oraz stosowanie środków produkcji w ilości adekwatnej do

żywności gleb i wynoszenia składników odżywczych z gleby przez rośliny (rolnictwo precyzyjne, aplikacja zmiennych dawek). Znaczenie poszczególnych miar oszczędności energii może być specyficzne dla kraju, np. w krajach południowych Unii Europejskiej większe znaczenie będą miały przedsięwzięcia energooszczędne związane z nawadnianiem upraw, podczas gdy w Europie Środkowej i Europie Północno-Wschodniej istotniejsze będą przedsięwzięcia związane z suszeniem i przechowywaniem zbiorów.

- W produkcji roślin wieloletnich, większość miar oszczędności energii wiąże się z takimi ogniwami technologii produkcji jak nawożenie, ochrona roślin i prace polowe.
- W produkcji szklarniowej, ograniczenie bezpośrednich nakładów energetycznych jest możliwe poprzez sterowanie mikroklimatem dzięki zastosowaniu wydajnych systemów grzewczych, klimatyzacyjnych i wentylacyjnych, oraz poprzez optymalizowanie procesów produkcyjnych. W grupie miar oszczędności energii w szklarni istotne są działania związane z wykorzystaniem nowych rozwiązań w zakresie odzysku energii oraz alternatywnych źródeł energii.
- Struktura miar oszczędności energii w produkcji zwierzęcej w dużej mierze zależy od kraju. W Portugalii, Polsce i w Finlandii, wiele energooszczędnych przedsięwzięć wiąże się z produkcją pasz oraz dobrostanem zwierząt. Natomiast w Holandii i w Niemczech, większość miar oszczędności energii dotyczy zużycia prądu oraz stanu budynków i infrastruktury zaangażowanej w produkcję zwierzęcej. Zużycie energii w produkcji zwierzęcej można ograniczyć poprzez zwiększenie efektywności wykorzystania środków produkcji takich jak: zużycie wody, czyszczenie pomieszczeń, termoizolacja, wentylacja, ograniczenie ilości amoniaku w budynkach, odzysk energii, optymalizowanie zużycia energii w danym systemie produkcji

## 4.1. Wprowadzenie

Rolnictwo i leśnictwo w 27 krajach Unii Europejskiej zużywa około 1,07 EJ energii finalnej wykorzystywanej bezpośrednio w postaci paliw i prądu oraz energię zakumulowaną w środkach produkcji (nawozy mineralne, pestycydy, etc.). W całkowitej konsumpcji energii pierwotnej w rolnictwie, udział bezpośrednich nakładów energetycznych stanowi 61%, ale w produkcji szklarniowej może sięgać 98%. Poprawa efektywności energetycznej produkcji rolniczej wiąże się z ograniczeniem zużycia energii i związanych z nią kosztów, przy czym potencjał oszczędności energii tkwi zarówno w samym procesie produkcyjnym, w infrastrukturze gospodarstwa, lub też jest związany z organizacją produkcji. W praktyce gospodarstwa rolnicze redukcja zużycia energii może

wynikać z wielu różnych podejść, w przekroju dwóch skrajnych – pierwszego, polegającego na adaptacji systemowej nowej energooszczędnej technologii produkcji, co z uwagi na poziom nakładów inwestycyjnych wchodzi w grę jedynie w sytuacji uruchamiania nowej produkcji, np. budowanie nowych ferm trzody chlewnej lub brojlerów, lub też drugiego, polegającego na opracowaniu pewnego pakietu miar oszczędności energii i ich implementacji w istniejącej produkcji.

Wskaźniki efektywności energetycznej danej produkcji ujmują całościowo ilość energii zużytej w całym łańcuchu wartości, aż do wytworzenia końcowego produktu. Obejmują bezpośrednie i pośrednie nakłady energetyczne ponoszone w procesie produkcyjnym. Wskaźniki efektywności energetycznej można wykorzystać w celu: 1) monitorowania efektywności energetycznej, 2) wykonanie analiz i dokonanie ewaluacji strategii oszczędzania energii, 3) oszacowanie potencjału nowej, efektywniejszej energetycznie technologii w kontekście dalszego rozwoju lub bezpośredniej implementacji. W ujęciu hierarchicznym wskaźniki efektywności energetycznej uwzględniają różny poziom agregacji, począwszy od prostych wskaźników szacujących efektywność energetyczną na poziomie operacyjnym produkcji, aż po efektywność energetyczną sektora produkcji rolniczej (np. produkcja pszenicy), sektora rolnictwa i ostatecznie całej gospodarki kraju (Phylipsen et al. 1998).

Aczkolwiek racjonalizacja zużycia energii w rolnictwie nie znajduje się wśród bieżących priorytetów politycznych i badawczych, to jednak proces wprowadzania energooszczędnych rozwiązań w produkcji rolniczej już się rozpoczął. Problem polega na tym, że regulacje prawne dotyczą gospodarki kraju jako całości, natomiast brak jest polityki poszanowania energii odnoszącej się bezpośrednio do rolnictwa. Analogicznie, prowadzone badania są fragmentaryczne i zazwyczaj pośrednio związane z poprawą efektywności energetycznej w rolnictwie. Jest to wystarczająca przesłanka do podejmowania współpracy jednostek badawczych na poziomie krajowym i międzynarodowym w celu określenia spójnej wizji rozwoju badań w tematyce efektywności energetycznej w rolnictwie oraz opracowania oryginalnego podejścia badawczego.

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę usystematyzowanego przedstawienia miar/działań mających na celu poprawę efektywności energetycznej oraz wskazania potencjału oszczędności energii w rolnictwie. W tym celu zidentyfikowano miary oszczędności energii specyficzne dla 13 sektorów produkcji rolniczej, oraz skategoryzowano te miary według ich ważności, możliwości szybkiego wdrożenia, oraz czasu zwrotu inwestycji (na podstawie ocen eksperckich).

Analiza prezentowanych miar oszczędności energii w rolnictwie miała na celu:

- opracowanie zestawu miar oszczędności energii, które mogą w istotny sposób przyczynić się do oszczędności energii w najbardziej energochłonnych sektorach produkcji rolniczej specyficznych dla krajów Unii Europejskiej;
- podkreślenie ważności miar oszczędności energii oraz określenie, które z tych miar mogą mieć charakter uniwersalny, a które mogą być specyficzne dla kraju;
- powiązanie określonej miary oszczędności energii z rodzajem działalności rolniczej oraz wskazanie tych obszarów działalności produkcyjnej gospodarstwa, w których można zastosować szeroką paletę działań energooszczędnych;
- uzyskanie wskazań dotyczących zakresu prac badawczo-rozwojowych niezbędnych do zaimplementowania określonej miary oszczędności energii o zadowalającym potencjale redukcji zużycia energii;
- wskazanie kosztów inwestycji i czasu zwrotu z inwestycji przy implementacji miar oszczędności energii.

## 4.2. Dane

Miary oszczędności energii wyszczególniono w indywidualnych raportach z 6 krajów unijnych: Finlandii, Niemiec, Grecji, Holandii, Polski i Portugalii (Załącznik 5). Dla każdego sektora produkcji rolniczej określono pewien zestaw miar na podstawie szczegółowych wywiadów z ekspertami z jednostek badawczo-naukowych, a następnie sformalizowanych w toku konsultacji z przedstawicielami praktyki rolniczej (służby doradcze, wiodące gospodarstwa rolnicze, itp.). Należy zaznaczyć, że prezentowany zestaw miar oszczędności energii nie wyczerpuje innych potencjalnych działań energooszczędnych w zakresie analizowanych sektorów produkcji rolniczej. Jest to jedynie wykaz wskazujący na różnorodność środków prowadzących do oszczędności energii i efektywniejszego energetycznie wytwarzania surowców/produktów rolniczych. Należy także podkreślić fakt, iż w prezentowanym zestawie miar oszczędności energii nie uwzględniano priorytetyzacji.

Dane krajowe dotyczące poszczególnych miar oszczędności energii kategoryzowano według 7. zmiennych: rodzaj miary (skala określająca potencjał wdrożenia), rodzaj nakładu energetycznego (bezpośredni, pośredni), szacowany potencjał danej miary, wskazania dotyczące kosztu inwestycji/wdrożenia, szacunkowy okres zwrotu inwestycji, potencjał danej miary na szybką implementację oraz potrzebę prac badawczych. Między zmiennymi często zachodzą interakcje, np. między kosztem inwestycji/wdrożenia a stopą zwrotu. Przyjęte zmienne nie zawsze w pełni i bezpośrednio oddają złożoność niektórych miar oszczędności energii, jednakże dana miara może odzwierciedlać



wzrastającą złożoność w miarę jak zwiększa się skala określająca potencjał wdrożenia. Generalnie miary operacyjne dotyczące konkretnych operacji technologicznych są mniej złożone aniżeli miary dotyczące całego łańcucha wartości. Jednakże, nawet działania na poziomie operacyjnym mogą okazać się złożone jeśli dotyczą kooperacji sektora rolnictwa z innymi sektorami gospodarki (np. wykorzystanie energooszczędnych maszyn rolniczych lub efektywne energetycznie rozwiązania w projektowaniu budynków). Z kolei, miary związane z zarządzaniem gospodarstwem mogą być trudne w implementacji jeśli angażują proces szkolenia, doradztwa i nabycia stosownej wiedzy. Na przykład, miara, która wymaga zaawansowanych badań naukowych przed zastosowaniem w praktyce wymaga zaangażowania dodatkowych funduszy i czasu, co oznacza, że działanie energooszczędne stanie się efektywne dopiero w dalszej perspektywie. Niektóre energooszczędne technologie możliwe do zastosowania w praktyce rolniczej mają swoje źródło w innych sektorach gospodarki. Przykładem może być adaptacja technik nawigacji satelitarnej RTK (Real Time Kinematic – technologia precyzyjnych pomiarów przy pomocy nawigacji satelitarnej) w rozwoju rolnictwa precyzyjnego o potencjale istotnej poprawy efektywności energetycznej produkcji roślinnej. Współcześnie rolnictwo precyzyjne staje się ważnym wyznacznikiem wprowadzania nowatorskich rozwiązań w rolnictwie, które rzutują nie tylko na organizację produkcji roślinnej ale także na zarządzanie całym łańcuchem wartości. Jednakże, ze względu na dominującą dzisiaj wielkoskalowość rolnictwa precyzyjnego, jego wdrażanie w szerokiej praktyce rolniczej jest relatywnie złożonym procesem. Oznacza to, że techniki rolnictwa precyzyjnego będą w dalszym ciągu rozwijane zanim potencjał tych technik zostanie w pełni wykorzystany w praktyce rolniczej. Ten sam proces rozwojowy dotyczy wielu innych innowacji systemowych, które mimo, że stanowią o istotnym potencjale oszczędności energii, to wiążą się z wysokim stopniem złożoności takie jak gospodarka oparta na biomasie lub waloryzacja strumieni przepływu odpadów z produkcji rolniczej.

Uwzględniono następujące zmienne:

I. Rodzaj nakładu energetycznego:

B – bezpośredni,

P – pośredni.

II. Rodzaj miary oszczędności energii / obszar działalności

1. Poziom operacyjny: miara oszczędności energii dotycząca usprawnienia czynności produkcyjnej (innowacje produkcyjne).
2. Poziom systemowy: miara oszczędności energii, które zmienia system produkcyjny i/lub jego założenia, a tym samym wpływa na szereg działań produkcyjnych (innowacje systemowe).
3. Monitoring procesu produkcyjnego: miara oszczędności energii związana z monitorowaniem i kontrolowaniem procesów składowych produkcji

- w celu optymalizacji całego procesu. W większości przypadków dotyczy zastosowania rozwiązań ze sfery teleinformatyki (ICT) i systemów zarządzania. System produkcji nie zmienia się a optymalizacja dokonuje się w zakresie poszczególnych miar oszczędności energii.
4. Zarządzanie gospodarstwem: miary dotyczą organizacji gospodarstwa i prowadzonych w nim czynności.
  5. Działania energooszczędne ukierunkowane rynkowo: miary oszczędności energii dotyczą takiego planowania produkcji, które dopasuje produkcję do zapotrzebowania na rynku uwzględniając m.in. ograniczenie strat produktu oraz prowadzenie badań rynkowych w celu poszukiwania skuteczniejszych technologii produkcji i sprzętu.
  6. Dobra inwestycyjne: miary odnoszące się do inwestycji w środki produkcji lub usprawnienie ich wykorzystania (budynki, maszyny) w celu poprawy efektywności energetycznej.
- III. Potencjał/znaczenie w sensie oszczędności energii w poszczególnych sektorach produkcji rolniczej: ta zmienna odzwierciedla relatywny potencjał poprawy efektywności energetycznej.
1. niskie
  2. pośrednie między niskim a średnim
  3. średnie
  4. pośrednie między średnim a wysokim
  5. wysokie
- IV. Wskazania potrzeby prowadzenia prac badawczo-rozwojowych (B+R)
- T – Tak  
N – Nie
- V. Wskazanie, czy dana miara oszczędności energii jest aktualnie możliwa do wdrożenia lub też, mimo potencjału wdrożeniowego jej wdrożenie aktualnie nie jest możliwe
- O – osiągalny obecnie praktyczny potencjał wdrożenia: miara jest aktualnie możliwa do wdrożenia  
T – teoretyczny potencjał wdrożenia: miara o potencjale teoretycznym, ale nie do natychmiastowego wdrożenia
- VI. Wskazanie kosztów inwestycji (w euro): przyjęte kategorie kosztów określają niezbędne koszty inwestycyjne, które należy ponieść aby wdrożyć określoną miarę oszczędności energii w danym sektorze produkcji rolniczej:
1. poniżej 1000,
  2. pomiędzy 1000 a 25 000,
  3. pomiędzy 25 000 a 1 000 000
  4. ponad 1 000 000
  5. nie dotyczy

VII. Szacunkowy okres zwrotu inwestycji (w latach): przyjęte kategorie określają czas, po upływie którego nakłady poniesione na wdrożenie określonej miary oszczędności energii będą zrównoważone przez dochody.

1. 1 rok
2. 1-5 lat
3. ponad 5 lat
4. nie dotyczy

## 4.3. Wyniki badań

### 4.3.1. Ogólna kategoryzacja miar oszczędności

Zidentyfikowano 481 miar oszczędności energii w 13 sektorach produkcji rolniczej, w tym 93 miary wskazało kilka krajów (Tabela 30). Może to oznaczać, że powtarzające się miary oszczędności energii mają znaczenie ponad krajowe i ich implementacja może dokonywać się w ramach współpracy międzynarodowej. Wykaz miar oszczędności energii wraz z komentarzami dotyczącymi wdrażania oraz kategoryzację miar ujęto w raportach z sześciu krajów uczestniczących w badaniach (Załącznik 5).

Tabela 30. Liczba miar oszczędności energii w sektorach produkcji rolniczej (według raportów krajowych)

Sektor produkcji rolniczej	Liczba miar	Finlandia	Niemcy	Grecja	Holandia	Polska	Portugalia	Razem <sup>1</sup>
Pszonica	58	9	14	20	16	21	13	93
Burak cukrowy	30		2		16	17		35
Ziemiak	31		2		17	19		38
Słonecznik	10		6				6	12
Bawełna	19			19				19
Pomidor	43		4	28	7		12	51
Ogórek	37		4	28	7			39
Papryka	10		4		7			11
Winorośl	24		3	18			16	37
Oliwki	19			18			8	26
Bydło mleczne	37	7	4		16	7	7	41
Trzoda chlewna	30	5	7		13	7	3	35
Brojlery	40	4	7		21	7	5	44
<b>Razem</b>	<b>388</b>	<b>25</b>	<b>57</b>	<b>131</b>	<b>120</b>	<b>78</b>	<b>70</b>	<b>481</b>

<sup>1</sup> całkowita liczba miar oszczędności energii zawiera duplikujące się działania, gdyż niektóre były wymienione więcej niż jeden raz w raportach krajowych.

Miary oszczędności energii wykazane w raportach krajowych odnoszące się do wybranych sektorów produkcji rolniczej i skategoryzowane w 7 zmiennych przedstawiono w tabeli 31. Ogólnie ujmując, miary oszczędności energii dotyczą w równym stopniu możliwości ograniczenia zarówno bezpośrednich, jak i pośrednich nakładów energetycznych – liczba raportowanych miar oszczędności energii powiązanych z pośrednimi nakładami energii jest zbliżona do liczby miar oszczędności energii powiązanych z bezpośrednimi nakładami energii w relacji odpowiednio: 244:230. W zdecydowanej większości przypadków (443 z 481), waga działań dla uzyskania oszczędności energii została oszacowana między 3 (umiarkowana) a 5 (duża).

Sumaryczne dane z raportów krajowych wskazują, iż wdrażanie zdecydowanej większości miar oszczędności energii w praktyce rolniczej jest obecnie możliwe do osiągnięcia (464 na 481), przy czym dane te pokazują ponadto, iż w odniesieniu do 389 miar (z 481) celowe jest rozwinięcie prac badawczo-rozwojowych. W analizie tych dwóch zmiennych (możliwość szybkiej implementacji i celowość prac B+R) szczególnie interesujący jest fakt, że w wysoko uprzemysłowionym chowie trzody chlewnej i brojlerów występuje stosunkowo dużo działań energooszczędnych, które można wdrożyć natychmiast, zgodnie z obecną wiedzą na ten temat. Są to działania związane głównie z infrastrukturą produkcyjną (budynkami). W tym przypadku powtarzające się miary oszczędności energii były związane z usprawnieniem termoizolacji, bardziej wydajnymi systemami wentylacji, oświetlenia i klimatyzacji, oraz urządzeniami kontrolującymi mikroklimat wewnątrz budynków.

Prace badawczo-rozwojowe będą szczególnie istotne w zakresie miar oszczędności energii wdrażanych na poziomie operacyjnym oraz w odniesieniu do miar związanych z inwestycjami kapitałowymi w środki produkcji (infrastrukturę) (Tabela 32). Należy zwrócić uwagę na fakt, iż 99 miar oszczędności energii nie można przypisać do jednego z sześciu pojedynczych rodzajów miar, ponieważ dotyczą działań energooszczędnych w zakresie kilku z wymienionych kategorii. Analizując te przypadki z punktu widzenia powiązań z działaniami energooszczędnymi na poziomie operacyjnym można stwierdzić, że 18 z miar wiąże poziom operacyjny z wielkością produkcji, a w 23 przypadkach działania na poziomie operacyjnym są w interakcji z procesem monitorowania i sterowania produkcją. W innych 26 przypadkach o wysokim potencjale oszczędności energii działania energooszczędne na poziomie operacyjnym są powiązane z inwestycjami kapitałowymi w środki produkcji.

Tabela 31. Liczba miar oszczędności energii w sektorach produkcji rolniczej według analizowanych zmiennych

Zmienna/Kategoria	Pszennica	Burak cukrowy	Ziemiak	Slonecznik	Bawełna	Pomidor	Ogórek	Papryka	Winorośl	Oliwka	Bydło mleczne	Trzoda chlewna	Brojlerzy	Suma
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16
<b>Rodzaj nakładów energetycznych</b>														
Bezpośredni <sup>1</sup>	39	13	15	9	6	24+1	22+1	7+1	10	8	23+4	24	30	230+7
Pośredni	54	22	23	3	13	26	16	3	27	18	14	11	14	244
<b>Rodzaj miary oszczędności energii</b>														
1. Operacyjne	61	29	31	12	6	23	8	3	24	15	19	16	20	267
2. Systemowe	12	3	3		2							1		21
3. Kontrolowanie	1	1	1			1	1	1				1	1	8
4. Zarządzanie	2	1	1								3	1	1	9
5. Rynek													1	1
6. Dobra kapitałowe	1	1	1		1	14	13	7			4	15	20	76
7. Mieszane	17	0	1	0	10	13	17	0	13	11	15	1	1	99
<b>Znaczenie dla oszczędności energii</b>														
1	2	1							3			1	2	9
2	5	1	4	1		6	5			1	3	1	2	29
3	30	6	8	4	6	17	12	2	13	10	14	14	19	155
4	29	13	13	3	5	17	11	3	13	8	14	14	11	154
5	27	14	13	4	8	11	11	6	8	7	10	5	10	134
<b>B+R</b>														
Tak	76	28	31	12	16	48	36	10	33	24	35	19	21	389
Nie	17	7	7		3	3	3	1	4	2	6	16	23	92
<b>Potencjał wdrożenia osiągalny obecnie (O) lub teoretycznie możliwy do osiągnięcia (T)</b>														
O	89	34	37	12	18	49	38	11	36	25	39	34	42	464
T	4	1	1		1	2	1		1	1	2	1	2	17

1	23	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Koszt inwestycji (euro)</b>														
< 1000	25	14	15	2	11	25	14	1	18	15	7	2	7	156
1000-25 000	33	16	16	3	4	16	15	5	13	7	12	16	16	172
25 000-100 000	20	2	2	2	3	8	8	5	4	4	13	11	13	93
> 100 000	9	3	5	2	1	2	2				5	5	5	37
Nie szacowany	6		2	5					2		4	1	3	23
<b>Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych (w latach)</b>														
< 1 roku	11	7	7	2	4	21	10	3	10	7	14	6	14	116
1-5 lat	55	25	28	8	11	18	17	5	22	16	11	15	15	246
> 5 lat	17	3	2	1	4	10	10	3	3	3	12	13	12	93
Nie szacowany	10		1	1		2	2		2		4	1	3	26

<sup>1</sup> Dodatkowe liczby oznaczają, że działania ma potencjał osiągnięcia oszczędności zarówno bezpośrednich, jak i pośrednich nakładów energii.

Tabela 32. Liczba miar oszczędności energii wymagających badań zestawione według potencjału oszczędności energii

Rodzaj miary oszczędności energii	Potencjał oszczędności energii					Razem
	1	2	3	4	5	
1. Poziom operacyjny	7	16	83	89	72	267
2. Poziom systemowy	1	2	7	5	6	21
3. Monitoring, sterowanie			3	5		8
4. Zarządzanie gospodarstwem			3	2	4	9
5. Rynek, marketing			1			1
6. Dobra inwestycyjne	1	4	30	22	19	76
Kategorie mieszane, łącznie		7	28	31	33	99
1,2			11	6	1	18
1,2,4		1			1	2
1,2,5				1		1
1,2,6			5			5
1,3		2	1	3	17	23
1,3,6				1	3	4
1,4				3	1	4
1,4,6			1	1		2
1,5				1		1
1,6		1	9	8	8	26
2,4			1	1		2
4,5,6				2		2
4,6		2		3	2	7
5,6		1		1		2

Miary oszczędności energii szacowane w kategoriach kosztów inwestycyjnych są bardzo zróżnicowane między sektorami produkcji rolniczej. Pomimo tego zróżnicowania, większość działań energooszczędnych jest możliwa do wdrożenia przy nakładach inwestycyjnych nie przekraczających 25 000 euro. Jedna trzecia wszystkich miar oszczędności energii jest możliwa do zrealizowania przy jednostkowych nakładach poniżej 1000 euro, a 1/3 wymagałaby nakładów inwestycyjnych w przedziale kosztów od 1000 do 25 000 euro (Tabela 33). Najwyższe koszty inwestycyjne dotyczą poszukiwania oszczędności energetycznych i racjonalizacji zużycia energii w produkcji szklarniowej i zwierzęcej. Około 20% miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej i 50% w produkcji zwierzęcej wymagałoby nakładów przekraczających 25 000 euro (trzecia i czwarta kategoria w tabeli 33). Należy zauważyć, że nie wszystkie działania energooszczędne zostały sklasyfikowane w kategoriach nakładów inwestycyjnych, ponieważ niektóre z nich można wprowadzić w drodze działań operacyjnych lub zarządczych bez nakładów inwestycyjnych. Prospektywiczny jest fakt, że ponad 20% miar oszczędności energii uwzględnionych w raportach krajowych może osiągnąć zwrot kosztów inwestycji w ciągu 1 roku, a 66% spośród wszystkich miar oszczędności energii może osiągnąć zwrot nakładów inwestycyjnych w okresie krótszym niż 5 lat. Okres zwrotu nakładów inwestycyjnych jest dłuższy w przypadku wdrażania miar działań energooszczęd-

nych w infrastrukturę produkcji szklarniowej i zwierzęcej. Na ogół, im wyższy jest koszt inwestycyjny związany z daną miarą oszczędności energii, tym dłuższy jest okres zwrotu z inwestycji (Tabela 33).

Tabela 33. Liczba miar oszczędności energii według kosztów inwestycji i okresu zwrotu

Koszt inwestycji	Okres zwrotu			Nie dotyczy
	< 1 roku	1-5 lat	> 5 lat	
< 1000	94	67		
1000-25 000	16	126	23	7
25 000-100 000	8	34	50	1
> 100 000	2	15	20	
Nie dotyczy		5		18

#### 4.3.2. Działania energooszczędne według działów rolnictwa

Działania energooszczędne, które wymieniano najczęściej w kontekście analizowanych sektorów produkcji rolniczej są związane z produkcją roślinną i obejmują rozwiązania mające na celu ograniczenie pośrednich nakładów energii na środki produkcji takie jak nawozy i pestycydy; wykorzystanie materiału siewnego lub sadzonkarskiego o wysokiej jakości; stosowanie efektywnych mikroorganizmów; oraz ograniczanie nakładów energii bezpośredniej na transport oraz utrzymanie infrastruktury produkcyjnej takiej jak suszarnie, magazyny, obory, chlewnie i kurniki (Tabela 34). Należy zauważyć, że efekt wymiernej oszczędności energii wynikający z wdrożenia konkretnej miary

Tabela 34. Miary oszczędności energii wymieniane najczęściej w powiązaniu z określonym procesem produkcji rolniczej

L.p.	Grupa działań energooszczędnych	Liczba miar oszczędności energii
1	Zabiegi związane z utrzymaniem żyzności gleby i dostępności składników	24
2	Ograniczenie stosowania herbicydów	18
3	Racjonalizacja prac związanych z transportem	15
4	Dopasowanie mocy traktorów i urządzeń do prac polowych	13
5	Ograniczenie stosowania fungicydów	12
6	Zwiększenie stosowania nawozów organicznych	11
7	Ograniczenie stosowania pestycydów	11
8	Stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	10
9	Działania na rzecz poprawy termoizolacji budynków	10
10	Wysoka jakość materiału siewnego	9
11	Stosowanie nawozów wieloskładnikowych	9
12	Uprawa zerowa	9
13	Ograniczenie stosowania nawozów sztucznych	9



oszczędności energii nie zawsze jest jednoznaczny. Oznacza to, że przy wdrażaniu wielu działań energooszczędnych konieczne jest rozważenie tych działań w szerszym kontekście uwzględniając między innymi elementy dobrej praktyki rolniczej, rolnictwa precyzyjnego, dostępnego parku maszynowego, oraz oszacowania ekonomiczne, energetyczne i środowiskowe w kontekście kosztów alternatywnych (analiza trade-off).

Liczba miar oszczędności energii powiązanych z bezpośrednimi i pośrednimi nakładami energetycznymi jest różna w zależności od sektora produkcji rolniczej (Tabela 35). W produkcji pszenicy, buraka cukrowego oraz ziemniaka, a także słonecznika w Niemczech, bezpośrednie nakłady energetyczne wynoszą ok. 30-50% całkowitego zużycia energii. To oznacza, że niewiele większy potencjał uzyskania oszczędności energii wiąże się z redukcją pośrednich nakładów energetycznych. Wyjątkowo wysokie bezpośrednie nakłady energetyczne, ponad 90%, charakteryzują produkcję słonecznika w Portugalii i bawełny w Grecji. W tych przypadkach, działania energooszczędne powiązane głównie z bezpośrednimi nakładami energetycznymi mogą przyczynić się do uzyskania istotnych oszczędności energii.

Tabela 35. Bezpośrednie i pośrednie nakłady energetyczne w powiązaniu z liczbą działań energooszczędnych

Sektor produkcji rolniczej	Nakłady energii i liczba powiązanych miar oszczędności energii (w nawiasach)	Liczba miar oszczędności energii według rodzaju nakładów energetycznych <sup>1</sup>	
		bezpośrednie	pośredniej
1	2	3	4
Pszenica	Zużycie oleju napędowego (25); Azot (15); Zużycie energii (11); Nawozy (9); Nasiona (5); Herbicydy (4); Nawadnianie (3); Pesticyny (3); Efektywne mikroorganizmy (2); Nawozy w zmianowaniu (2); Fungicydy (2); Zbiór (2); Fosfor (2); Potas (2); Wapń (1); Monitoring i sterowanie zużyciem energii (1); Ograniczanie strat ziarna w czasie żniw (1); Hodowla roślin (1); Magazynowanie (1); Siarka (1)	39	54
Burak cukrowy	Zużycie oleju napędowego (12); Azot (9); Nawozy (4); Nasiona (3); Pesticyny (2); Efektywne mikroorganizmy (1); Monitoring i sterowanie zużyciem energii (1); Nawożenie w relacji do zmianowania roślin (1); Fosfor (1); Potas (1)	13	22
Ziemniak	Zużycie oleju napędowego (11); Azot (8); Nawozy (7); Pesticyny (4); Sadzeniaki (2); Magazynowanie (2); Efektywne mikroorganizmy (1); Monitoring i sterowanie zużyciem energii (1); Nawożenie w relacji do zmianowania roślin (1); Sortowanie (1)	15	23
Słonecznik	Zużycie oleju napędowego (6); Herbicydy (2); Zużycie energii (1); Azot (1); Pesticyny (1); Nasiona (1)	9	3
Bawełna	Nawozy (7); Zużycie oleju napędowego (4); Zbiór (2); Nawadnianie (2); Efektywne mikroorganizmy (1); Fungicydy (1); Herbicydy (1); Nasiona (1)	6	13

1	2	3	
Pomidor	Zużycie energii (13); Budynki (10); Nawozy (6); Nawadnianie (4); Fungicydy (3); Kontrola wzrostu roślin (3); Herbicydy (2); Pesticyny (2); Zużycie oleju napędowego (1); Insektycydy (1); Nematocydy (1); Azot (1); Fosfor (1); Potas (1); Nasiona (1); Podłoże (1)	24(+1)	26
Ogórek	Zużycie energii (13); Budynki (9); Nawozy (6); Nawadnianie (3); Kontrola wzrostu roślin (3); Fungicydy (2); Zużycie oleju napędowego (1); Herbicydy (1); Pesticyny (1)	22(+1)	16
Papryka	Zużycie energii (10); Nawadnianie (1)	7(+1)	3
Winorośl	Nawozy (10); Zużycie oleju napędowego (8); Herbicydy (4); Azot (3); Nawadnianie (3); Fungicydy (2); Insektycydy (1); Pesticyny (2); Nasiona (1); Mikroorganizmy bioaktywne (1); Fosfor (1); Potas (1)	10	27
Oliwka	Zużycie oleju napędowego (6); Nawozy (6); Herbicydy (4); Fungicydy (2); Nawadnianie (2); Efektywne mikroorganizmy (1); Insektycydy (1); Azot (1); Fosfor (1); Potas (1); Sadzonki (1)	8	18
Bydło mleczne	Pasze (19); Zużycie energii (12); Zużycie oleju napędowego (5); Wentylacja (2); Lekarstwa i opieka weterynaryjna (2); Zużycie wody (1); Budynki (1); Zużycie paliwa i nakłady pracy żywej (1); Dodatki paszowe (1); Oświetlenie (1)	23(+4)	14
Trzoda chlewna	Budynki (17); Pasze (6); Zużycie energii (6); Zużycie wody (1); Zużycie oleju napędowego (1); Dodatki paszowe (1); Oświetlenie (1); Wentylacja (1); Lekarstwa i opieka weterynaryjna (1)	24	11
Brojlery	Budynki (23); Pasze (5); Zużycie energii (6); Zużycie oleju napędowego (3); Planowanie przestrzenne (2); Zużycie wody (1); Dodatki paszowe (1); Oświetlenie (1); Wentylacja (1); Lekarstwa i opieka weterynaryjna (1)	30	14

<sup>1</sup> Liczby w nawiasach oznaczają liczbę miar oszczędności energii, które mają potencjał do generowania oszczędności zużycia energii zarówno w formie bezpośrednich, jak i pośrednich nakładów energetycznych.

W przypadku uprawy roli, miary oszczędności energii są głównie powiązane z oszczędzaniem energii w obszarze pośrednich nakładów energii, podczas gdy w produkcji szklarniowej i zwierzęcej, większość miar jest związana z bezpośrednimi nakładami energii. W krajach Unii Europejskiej, potencjalne oszczędności energetyczne w sektorach produkcji rolniczej związane z uprawą roli można uzyskać poprzez ograniczenie zużycia paliw i nawozów mineralnych. W przypadku produkcji pszenicy, ziemniaka i słonecznika, znaczące oszczędności energii można uzyskać dzięki ograniczeniu zużycia energii w bezpośrednich nakładach energetycznych na suszenie i magazynowanie płodów rolnych oraz nawadnianie upraw.

Większość miar oszczędności energii zidentyfikowanych w produkcji szklarniowej dotyczy ograniczenia zużycia energii ponoszonej na budowę lub moder-

nizację szklarni, a w następnej kolejności na nawożenie i nawadnianie. W krajach Europy Środkowej dominują bezpośrednie nakłady energetyczne, stanowiące 99% całkowitych nakładów, podczas gdy w krajach Europy Południowej, stanowią one 10-40% całkowitych nakładów energetycznych. Zatem w produkcji szklarniowej w krajach Europy Środkowej ograniczenie bezpośrednich nakładów energetycznych będzie głównym czynnikiem uzyskania zasadniczych oszczędności w zużyciu energii, podczas gdy w krajach Europy Południowej większy potencjał oszczędności energii będzie miało ograniczenie pośrednich nakładów energetycznych.

W poszczególnych sektorach produkcji zwierzęcej zidentyfikowano różne miary oszczędności energii. Szacuje się, że w produkcji bydła mlecznego zasadnicze oszczędności zużycia energii można osiągnąć przede wszystkim dzięki poprawieniu jakości pasz i ograniczeniu zużycia energii związanej z procesem zadawania pasz, a w dalszej kolejności poprzez ograniczenie bezpośrednich nakładów na energię elektryczną i zużycie paliwa. W produkcji trzody chlewnej i drobiu, najważniejsze miary oszczędności energii są związane z modernizacją budynków, a w dalszej kolejności z lepszą jakością pasz i ograniczeniem zużycia energii.

### 4.3.3. Działania energooszczędne w uprawie roślin jednorocznych

W produkcji roślinnej, najwięcej działań energooszczędnych wiąże się z nawożeniem i pracami polowymi, aczkolwiek potencjał uzyskania znaczących oszczędności energetycznych jest także związany z nakładami energii na suszenie, magazynowanie oraz inne działania takie jak stosowanie efektywnych mikroorganizmów, zmiana systemu uprawy (np. uproszczona uprawa roli, wyznaczone trasy przejazdowe maszyn) oraz z wdrożeniem systemu monitorowania zużycia energii (np. nadzór nad produkcją i pozyskiwanie danych) (Tabela 36).

Tabela 36. Produkcja roślinna – liczba miar oszczędności energii według procesów produkcyjnych

Proces	Pszenvica	Burak cukrowy	Ziemniak	Słonecznik	Bawełna	Razem
Siew	5	2	2	2	1	12
Nawożenie	30	15	15	1	7	68
Ochrona roślin	9	2	4	3	2	20
Nawadnianie	3				2	5
Prace polowe	26	12	11	6	4	59
Sprzęt	3	1	1		2	7
Prace posprzętne	12		2			14
Pozostałe	5	3	3		1	12

Listę działań o wysokim potencjale uzyskania oszczędności energetycznych w produkcji roślinnej zamieszczono w tabeli 37. Należą do nich działania związane z ograniczeniem zużycia oleju napędowego na orkę i inne czynności związane z uprawą roli, a także optymalne wykorzystanie ciągników i maszyn w pracach polowych, oszczędzanie energii zużytej na suszenie i magazynowanie plonów oraz usprawnienie zarządzania produkcją w gospodarstwie. Oszczędzanie energii poprzez ograniczanie pośrednich nakładów energetycznych wiąże się z wykorzystaniem zaawansowanych, wysokoplennych i odpornych na choroby odmian roślin, ze stosowaniem alternatywnych źródeł składników

Tabela 37. Produkcja roślinna – miary oszczędności energii o potencjale osiągania oszczędności w zakresie bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych

Czynnik produkcji	Miary oszczędności energii ograniczające bezpośrednie nakłady energetyczne
Orka	systemy zerowe lub z uproszczoną uprawą roli, stałe ścieżki przejazdowe (Controlled Traffic Farming), autosterowanie RTK GPS (Real Time Kinematic)
Ciągniki i urządzenia	dostosowanie mocy ciągnika i urządzeń do prac polowych i transportu; właściwa wielkość opon, poziom ciśnienia w oponach i nacisk na przednią oś; agregowanie maszyn, integrowane stosowanie środków produkcji
System produkcji	modyfikacja w kierunku systemu ekologicznego lub zintegrowanego; rolnictwo precyzyjne; stałe ścieżki przejazdowe
Infrastruktura	zapobieganie stratom ciepła w suszarniach i magazynach; odzysk ciepła w wykorzystaniu pomp ciepła; wykorzystanie potencjału energetycznego pozostałości roślinnych
Inne	badania nad rozwojem technik sterowania efektywnością energetyczną procesu produkcyjnego, innowacyjne technologie suszenia i magazynowania, optymalizacja pod kątem energetycznym projektów technicznych suszarni i magazynów
Czynnik produkcji	Miary oszczędności energii ograniczające pośrednie nakłady energetyczne
Materiał siewny/sadzeniakowy	stosowanie nowych wysokoplennych odmian wymagające niższych nakładów energii na wyprodukowanie jednostki plonu
Nawozy	stosowanie nawozów adekwatnie do żyzności gleby i zawartości dostępnych składników odżywczych, dawkowanie zgodnie z pobieraniem składników odżywczych przez rośliny; stosowanie efektywnych mikroorganizmów, stosowanie nawozów zielonych, nawozów wieloskładnikowych, nawozów organicznych według współczynnika nawozowego N; wykorzystanie źródła azotu roślin motylkowych w celu zastąpienia azotu wnoszonego w nawozach mineralnych; uprawa roślin na zielony nawóz
Pestycydy	efektywne mikroorganizmy; dawkowanie pestycydów dostosowane do konkretnej lokalizacji, wykorzystanie potencjału biologicznej odporności roślin na choroby (odmiany)
Inne	efektywniejsze zarządzanie nawożeniem roślin, stosowaniem pestycydów, nawadnianiem; badania naukowe i rynkowe prowadzące do rozwiązań efektywnych energetycznie; mapa plonów; właściwe zmianowanie; ograniczenie strat w czasie zbioru i po zbiorach

odżywczych roślin i środków ochrony roślin (nawozy organiczne i zielone, efektywne mikroorganizmy), zaawansowanym monitorowaniem procesu produkcji i stosowaniem środków produkcji zgodnie ze stanem żyzności gleby i pobieraniem składników odżywczych przez rośliny. Niezależnie od wymienionych miar oszczędności energii, oczekuje się, że badania naukowe dotyczące nowatorskich rozwiązań systemowych (działania na poziomie wyższym niż poziom operacyjny w gospodarstwie) będą miały wysoki potencjał oszczędności energii. Wymienione działania energooszczędne są uniwersalne, ale ich znaczenie może być odmienne w różnych państwach, dlatego mogą mieć silniejsze lub słabsze efekty oszczędności energii w odniesieniu do poszczególnych rodzajów produkcji. W krajach Europy Południowej, oszczędności energii wynikające z ograniczenia nakładów energii na suszenie płodów rolnych będą mniej istotne niż oszczędności energii osiągnięte w zakresie nawadniania roślin. Również uprawy typowe dla danego kraju, np. uprawa bawełny w Grecji, mogą wymagać szczególnej uwagi w celu usprawnienia zarządzania nawadnianiem poprzez zastosowanie efektywnych energetycznie systemów nawadniania kropelkowego.

#### 4.3.4. Działanie energooszczędne w uprawie roślin wieloletnich

Miary oszczędności energii w produkcji rolniczej obejmującej winnice i gaje oliwne ujęto w raportach z Niemiec, Grecji i Portugalii. Działania energooszczędne w kontekście procesów produkcyjnych przedstawiono w tabeli 39.

Tabela 38. Uprawy roślin wieloletnich – liczba miar oszczędności energii według procesów oraz wykaz działań energooszczędnych według bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych

Proces	Winorośl			Oliwki		Razem
	Niemcy	Grecja	Portugalia	Grecja	Portugalia	
Siew			1		1	2
Nawożenie		6	9	6	3	24
Ochrona roślin	2	3	4	4	3	16
Nawadnianie		3		2		5
Prace polowe	1	4	2	4	1	12
Zbiory		1		1		2
Inne		1		1		2
<b>Główne działania energooszczędne w ograniczaniu bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych</b>						
Zużycie energii bezpośredniej	uprawa zerowa lub ograniczona, odpowiednia moc urządzeń ładujących i transportujących przy zbiorach i transporcie oliwek i winogron; gospodarka wodą – zacienianie gleby; używanie energowydajnych pomp					
Zużycie energii pośredniej	wysokojakościowy materiał roślinny; ograniczone stosowanie nawozów mineralnych i pestycydów (stosowanie precyzyjne): zwiększone nawożenie nawozami organicznymi; stosowanie efektywnych mikroorganizmów; lepsza zarządzanie nawożeniem, głównie azotem (podział dawek, efektywne wykorzystanie)					

Są to działania powiązane głównie z nawożeniem (24), ochroną roślin (16) i pracami polowymi (12). Produkcja w winnicach i gajach oliwnych w Grecji dodatkowo zawiera miary związane z nawadnianiem upraw (5) (Tabela 38).

#### 4.3.5. Działania energooszczędne w produkcji szklarniowej

Większość działań energooszczędnych w produkcji szklarniowej wiąże się z czynnościami produkcyjnymi, założeniami projektowymi szklarni oraz monitoringiem i kontrolą procesów (infrastruktura) (Tabela 39). W sekwencji liczby potencjalnych miar oszczędności energii wymienia się miary dotyczące nawożenia, ochrony roślin i nawadniania upraw.

Tabela 39. Produkcja szklarniowa – liczba miar oszczędności energii według procesów

Proces	Pomidor	Ogórek	Papryka	Razem
Siew	1			1
Nawożenie	9	6		15
Ochrona roślin	9	4		13
Nawadnianie	4	3	1	8
Prace uprawowe	1			1
Prace w produkcji	17	17	4	38
Infrastruktura szklarniowa	10	9	6	25

Działania, które posiadają potencjał ograniczenia pośrednich nakładów energetycznych, związane są z kontrolowaniem atmosfery wewnątrz szklarni poprzez energowydajne systemy sterowania i/lub z nowymi założeniami projektowymi dotyczącymi ogrzewania, chłodzenia i wentylacji szklarni, a także z optymalizacją procesów produkcyjnych (Tabela 40). Istnieją także istotne działania energooszczędne odnoszące się do wykorzystania nowych rozwiązań w obszarze odzyskiwania energii oraz wykorzystywania energii ze źródeł alternatywnych (np. energia geotermalna, energia ciepła jako produkt uboczny z instalacji przemysłowych lub ze spalarni odpadów miejskich produkujących energię w kogeneracji). Działania energooszczędne związane z infrastrukturą produkcji szklarniowej dotyczą ograniczania zużycia energii zarówno w formie bezpośredniej jak i pośredniej i polegają na ograniczeniu zużycia nawozów i pestycydów, wykorzystaniu efektywnych mikroorganizmów oraz efektywnym zarządzaniu produkcją. W przypadku wymienionych miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej wskazuje się także na celowość rozwijania prac badawczo-rozwojowych.

Tabela 40. Produkcja szklarniowa – główne działania energooszczędne w ograniczaniu bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych

Czynnik produkcji	Działania energooszczędne w powiązaniu z bezpośrednimi i pośrednimi nakładami energetycznymi
Zużycie energii	optymalizacja parametrów energetycznych procesu produkcyjnego (ogrzewanie/chłodzenie/wentylacja); odzysk ciepła z powietrza w systemie wentylacyjnym; wykorzystanie energii geotermalnej; ograniczenie zużycia paliwa do ogrzewania; obniżenie wartości zadanej temperatury
Infrastruktura szklarniowa	podwójna osłona termiczna; adaptatywność punktów zadanych; wyższe zadane wartości względnej wilgotności powietrza; osłony przeciwsłoneczne latem; kontrola wilgotności dostosowana do uprawy; stosowanie osłon dostosowane do uprawy
Proces produkcyjny	optymalne nawadnianie; wydajne energetycznie stosowanie nawozów i pestycydów; ograniczenie transpiracji roślin
Inne	prace badawczo-rozwojowe w zakresie założeń projektowych szklarni i technologii produkcji; usprawnienie zarządzania nawadnianiem, nawożeniem i ochroną roślin; rozwój modeli systemów wspomagających podejmowanie decyzji
Czynnik produkcji	Działania energooszczędne łączone z ograniczeniem nakładów energii bezpośredniej i pośredniej
Nasiona/sadzonki	hodowla roślin, wysokiej jakości nasiona i sadzonki
Środki produkcji	optymalne dawki nawozów i podział dawki; stosowanie efektywnych mikroorganizmów; stosowanie nawozów organicznych; ograniczenie zużycia nawozów i pestycydów
Infrastruktura szklarniowa	szkło antyrefleksyjne; membrana z powłoką antyskropleniową absorbująca wilgoć powstającą wskutek kondensacji pary wodnej; osłona przeciwwietrzna od północnej strony szklarni
Inne	badania rynkowe i naukowe nad adaptacją nowych rozwiązań w produkcji szklarniowej

W produkcji szklarniowej, działania energooszczędne są specyficzne w zależności od geograficznej lokalizacji produkcji. Po pierwsze, poprawa efektywności energetycznej w krajach Europy Środkowej – Niemczech i Holandii, jest związana z ograniczeniem zużycia energii w zakresie bezpośrednich nakładów energetycznych, dlatego też sugerowane miary oszczędności energii wiążą się z infrastrukturą szklarniową oraz z optymalizacją procesów produkcji, m.in. poprzez kontrolowanie atmosfery wewnątrz szklarni oraz nawadnianie. W Europie Południowej – w Grecji lub Portugalii, gdzie produkcja szklarniowa prowadzona jest przy relatywnie wyższych temperaturach otoczenia, rośliny są często wysadzone bezpośrednio do gleby. Dlatego też, poza działaniami związanymi z infrastrukturą szklarniową i nawadnianiem, występują inne możliwości działań energooszczędnych, które powszechnie występują w uprawie polowej, np. nawożenie dostosowane do żyzności gleby i dostępności składników odżywczych, lub ograniczone użycie środków produkcji (nawozów, środków ochrony roślin).

### 4.3.6. Działania energooszczędne w produkcji zwierzęcej

W zależności od kraju, występują różne zestawy miar oszczędności energii w produkcji zwierzęcej (Tabela 41). W Portugalii, Polsce i Finlandii, liczne działania energooszczędne kojarzone są z zadawaniem pasz i z dobrostanem zwierząt, podczas gdy w Holandii i w Niemczech większość wymienianych działań ma związek z zużyciem energii elektrycznej oraz eksploatacją budynków i powiązanej z nimi infrastruktury zaangażowanych w produkcji zwierzęcej. Należy zwrócić uwagę na wyszczególnione w raporcie z Holandii specyficzne miary oszczędności energii powiązane z planowaniem przestrzennym wykorzystania obornika w produkcji polowej.

Tabela 41. Liczba miar oszczędności energii w produkcji zwierzęcej według procesów i krajów

Składowe procesu	Niemcy	Finlandia	Holandia	Polska	Portugalia
Pasze (plus dodatki)	4	6	6	3+3	7
Zużycie wody					3
Leki i opieka weterynaryjna	1			3	
Zużycie energii	9		9	5	1
Zużycie paliw (i nakłady pracy żywej)	1	1	2+1	3	2
Budynki	3	2	30	4	2
Oświetlenie		3			
Wentylacja		4			
Planowanie przestrzenne			2		
Razem	18	16	50	21	15

Zużycie energii w produkcji zwierzęcej można ograniczyć poprzez zwiększenie efektywności tych nakładów produkcyjnych, które mają zasadniczy wpływ na zużycie energii takich jak zużycie wody i mycie urządzeń, izolacja termiczna, wentylacja, ograniczenie stężenia amoniaku w pomieszczeniach, odzysk energii, oraz optymalne zużycie energii dostosowane do danego typu produkcji (Tabela 42). W produkcji zwierzęcej, ważne jest także ograniczenie zużycia paliwa poprzez dostosowanie mocy ciągników i innych maszyn do prowadzonych prac, oraz racjonalizacja prac transportowych. W przypadku pośrednich nakładów energetycznych, wśród wielu miar oszczędzania energii wymienić należy poprawę jakości paszy oraz efektywności zadawania pasz i w efekcie uzyskiwanie wyższego poziomu produkcji przy niższych nakładach energetycznych. Inne przykłady maksymalnego wykorzystywania pasz są związane ze stosowaniem sensorów rui u krów mlecznych lub macior w taki sposób aby wybrać optymalny moment na przeprowadzenie inseminacji, dzięki czemu skraca się do minimum okresy rozrodcze i ogranicza niepotrzebne przypadki



brakowania stada. Przyrost masy ciała zwierząt mięsnych można monitorować przy użyciu technik analizy obrazu, stałego monitorowania spożycia wody i pasz, oraz optymalizacji wykorzystania pasz przez zwierzęta. Innego rodzaju czujniki (akustyczne, spożycia wody, itp.) można wykorzystywać do sygnalizowania momentu, gdy zwierzęta w stadzie nie rozwijają się prawidłowo. Istotne miary oszczędności energii związane są z wykorzystaniem pasz z własnej produkcji, metodami konserwowania pasz oraz gospodarowania wodą. Szereg innych miar wiąże się z warunkami utrzymania zwierząt i ich dobrostanem.

Tabela 42. Produkcja zwierzęca – miary oszczędności energii w ograniczaniu bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych

Czynnik produkcji	Miary oszczędności energii powiązane z ograniczeniem bezpośrednich nakładów energetycznych
Zużycie energii	efektywne energetyczne systemy: mycia urządzeń, pomp, grzewcze, oświetlenia energooszczędnego, optymalizacji procesów produkcji, odzysku ciepła, produkcji energii z odpadów generowanych w gospodarstwie
Zużycie paliw	zmniejszenie zużycia oleju napędowego poprzez odpowiedni dobór mocy ciągnika i innych maszyn do prac, racjonalne wykorzystanie transportu
Budynki	efektywne systemy: termoizolacji, wentylacji, wentylatorów i oświetlenia redukcji ilości amoniaku, wykorzystania rekuperacji energii do suszenia obornika, wykorzystanie wymienników ciepła, kontrola mikroklimatu wewnątrz budynku
Inne	planowanie przestrzenne, użycie pozostałości zwierzęcych do produkcji energii
Czynnik produkcji	Miary oszczędności energii powiązane z ograniczeniem pośrednich nakładów energetycznych
Pasze i żywienie	poprawa jakości pasz, żywienie zgodnie z zapotrzebowaniem zwierząt, poprawa wykorzystania pasz i mniejsze zużycie energii w żywieniu młodych zwierząt, zwiększenie wartości paszowej, zmniejszenie ilości pasz treściwych, zastąpienie mieszanek paszowych paszami uzyskiwanymi w gospodarstwie, usprawnienie zarządzania wodą, uprawa na kiszonkę składająca się z mieszanki traw i roślin motylkowych
Lekarstwa i usługi weterynaryjne	nowe lekarstwa, utrzymanie zwierząt, okres użytkowania krów mlecznych

## 4.4. Podsumowanie

Ograniczanie nakładów energetycznych w produkcji rolniczej jest procesem praktycznego wdrażania określonego zestawu miar oszczędności energii specyficznych danej produkcji oraz w zakresie infrastruktury, zarządzania i organizacji gospodarstwa rolnego. Poprawę efektywności energetycznej można uzyskać w wielu aspektach procesu produkcyjnego, w tym na poziomie operacyjnym, na poziomie całego gospodarstwa lub łańcucha wartości, a także w zakresie monitorowania procesu produkcji, orientacji rynkowej produkcji oraz w obszarze dóbr

inwestycyjnych. Wszystkie wymienione działania stanowią wyjściowe kategorie klasyfikowania miar oszczędności energii. Ponadto, miary oszczędności energii klasyfikowano według: rodzaju nakładu energetycznego, potencjału oszczędności energii związanego z daną miarą, wymaganych prac badawczo-rozwojowych, możliwości wdrożenia, szacunkowych kosztów inwestycyjnych oraz szacowanego okresu zwrotu z inwestycji. W sześciu raportach krajowych z Finlandii, Niemiec, Grecji, Holandii, Polski i Portugalii, określono łącznie 481 miar adresowanych do 13 sektorów produkcji rolniczej, które ujęto w 7 kategorii zgodnie ze specyfiką krajową i w oparciu o wiedzę ekspercką. Działania energooszczędne dotyczą ograniczenia głównych nakładów energetycznych, łącznie z nawozami i pestycydami; zużyciem paliw przez ciągniki i inne maszyny zaangażowane w produkcji; zużyciem paliw i energii na ogrzewanie, chłodzenie i wentylację infrastruktury produkcyjnej; zużyciem energii elektrycznej przez pompy oraz na oświetlenie; a także zużycie energii zakumulowanej w budynkach i sprzęcie. W wysoko uprzemysłowanej produkcji trzody chlewnej i brojlerów, istnieje wiele miar oszczędności energii, które można wdrożyć korzystając z technologii dostępnych na rynku, np. w zakresie termoizolacji, efektywniejszej wentylacji, energooszczędnego oświetlenia i systemów klimatyzacyjnych, a także zaawansowanych systemów regulowania mikroklimatu wewnątrz budynków. Ponad 80% wyszczególnionych miar oszczędności energii wymaga zaawansowanych badań. Ponadto istnieje wiele miar, które można zaimplementować natychmiast, ale które wciąż mają potencjał poprawy efektywności energetycznej dzięki dalszym pracom badawczym. Szczególne znaczenie dla poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie będą miały prace badawczo-rozwojowe zorientowane na poziom produkcji, całe gospodarstwo lub łańcuch wartości, a także w zakresie środków produkcji oraz infrastruktury gospodarstwa rolnego. Można przyjąć, że 2/3 wszystkich miar oszczędności energii można wdrożyć przy jednostkowym koszcie związanym z daną miarą na poziomie poniżej 25 000 euro, natomiast najwyższe koszty inwestycyjne wdrożenia pojedynczej miary oszczędności energii dotyczą poprawy efektywności energetycznej w produkcji szklarniowej i zwierzęcej.

## 4.5. Załączniki

### Załącznik 5: Raporty krajowe – kategoryzacja miar oszczędności energii

Poniższe raporty (1-6) zawierają zestawienia krajowe miar oszczędności energii w rolnictwie, w podziale na kategorie w zakresie siedmiu zmiennych. W kolejnych kolumnach ujęto następujące dane:

Nr kolumny	Objaśnienie
1	Sektor produkcji rolniczej/rodzaj nakładu energetycznego
2	Rodzaj nakładu energetycznego: P – pośredni, B – bezpośredni
3	Rodzaj miary oszczędności energii/obszar działalności: 1: poziom operacyjny; 2: poziom systemowy; 3: monitorowanie procesów; 4: zarządzanie gospodarstwem; 5: marketing; 6: dobra inwestycyjne/kapitałowe
4	Miara oszczędności energii
5	Potencjał/znaczenie w oszczędności energii: od 1: małe znaczenie do 5: duże znaczenie
6	Wskazania potrzeby prowadzenia prac badawczo-rozwojowych (B+R): T – Tak, N – Nie
7	Opis uwarunkowań związanych z wdrożeniem miary oszczędności energii
8	Wskazanie, czy dana miara oszczędności energii jest aktualnie możliwa do wdrożenia lub też, mimo potencjału wdrożeniowego jej wdrożenie aktualnie nie jest możliwe, O: osiągalny obecnie potencjał praktyczny wdrożenia: miara jest aktualnie możliwa do wdrożenia, T: potencjał teoretyczny wdrożenia: miara o potencjale teoretycznym, ale nie do natychmiastowego wdrożenia
9	Wskazanie kosztu inwestycji: 1: poniżej €1000; 2: pomiędzy €1000 a €25 000; 3: pomiędzy €25 000 a €1 000 000; 4: ponad €1 000 000; 5: nie dotyczy
10	Szacowany okres zwrotu: 1: 1 rok; 2: 1-5 lat; 3: ponad 5 lat; 4: nie dotyczy

## Raport 1: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Finlandii

Autorzy: Hannu Mikkola, Jukka Ahokas, Tapani Jokiniemi, Mari Rajaniemi – Uniwersytet w Helsinkach

Nakład energetyczny	B/P	Obszar działalności	Miara oszczędności energii	Potencjał	B+R T/N	Opis uwarunkowań związanych z wdrożeniem miary oszczędności energii	O/T	Koszt	Okres zwrotu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Pszemica</b>									
Azot	P	1	ograniczone zużycie mineralnych nawozów azotowych poprzez precyzyjną aplikację	3	T	GPS, zaawansowana kontrola stosowania, mapowanie pól	0	3	3
Azot	P	2	zastąpienie mineralnych nawozów azotowych azotem wiązonym biologicznie	4	T	kształcenie i ekonomiczne wsparcie rolników w celu zwiększenia udziału roślin motylkowatych w zmianowaniu	0	4	2
Pestycydy	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów poprzez precyzyjną aplikację	3	T	GPS, zaawansowana kontrola stosowania, wczesny monitoring chwastów, chorób i szkodników	0	3	3
Hodowla roślin	P	4	uzyskanie wyższych plonów przy niższych nakładach energii poprzez prace hodowlane	5	T	hodowla roślin	0	4	3
Zużycie ON	P	1	zmniejszenie specyficznego zużycia paliwa	4	T	zastąpienie starych maszyn bardziej energooszczędnyymi, etykiety i certyfikacja energetyczna	0	4	2
Zużycie ON	B	1	uprawa zerowa	3	N	siew bezpośredni	0	3	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	5	N	urządzenie do kultywacji ugoru i siewnik, który może pracować na glebie pokrytej resztkami poźniwymi	0	3	3
Zużycie ON	B	2	szkolenie w zakresie umiejętności ekonomicznej jazdy ciągnikiem	3	N	monitoring online zużycia paliwa (l/ha lub l/h)	0	2	2
Zużycie energii	B	1	lepsza termoizolacja i zapobieganie stratom ciepła z kotła suszarni i silosa suszarniczego	3	N	materiał/techniki izolacyjne	0	2	2

#### Krowy mleczne

Pasze	P	1	uprawa na kiszonce składająca się z mieszanek traw i roślin motylkowatych (obecnie głównie trawy)	5	T	kontrolowanie w zakresie zmienności plonów w latach	0	1	1
Pasze	P	1	zastąpienie suszenia innymi metodami konserwacji w produkcji paszowej (rośliny zbożowe)	5	T	szelne silosy lub inne obiekty magazynowe zamiast suszarni	0	3	3
Zużycie ON	B	1	zmniejszenie specyficznego zużycia paliwa	4	T	zastąpienie starych maszyn bardziej energoszczędnyymi, etykiety i certyfikacja energetyczna	0	3	3
Wentylacja	B	1	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	3	T	wymiennik ciepła w systemie wentylacji	0	3	3
Oświetlenie	B	1	ograniczenie zużycia energii na oświetlenie	4	N	wymiana oświetlenia na energoszczędne	0	3	3
Wentylacja	B	1	ograniczenie zużycia energii na wentylację	3	T	wentylacja grawitacyjna zamiast wymuszonej, automatyczne sterowanie otwieraniem nawiewów	0	3	3
Pasze	P	4	lepsza wykorzystanie pasz i mniejsze zużycie energii na oddech młodych zwierząt	5	T	badania rynku	0	3	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

### Trzoda chlewna

Pasze	P	1	zastąpienie suszenia innymi metodami konserwacji w produkcji paszowej (rośliny zbożowe)	5	T	szczelne silosy lub inne obiekty magazynowe zamiast suszarni	0	3	3
Budynki	P	6	lepsza termoizolacja	4	N	wprowadzenie zaawansowanych standardów termoizolacji w odniesieniu do nowych budynków inwentarskich	0	3	3
Wentylacja	B	1	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	3	T	wymiennik ciepła w systemie wentylacji	0	3	3
Oświetlenie	B	1	mniejsze zużycie energii na oświetlenie	4	N	zastąpienie oświetlenia energooszczędnym	0	3	3
Pasze	P	4	lepsze wykorzystanie pasz i mniejsze zużycie energii na odchów młodych zwierząt	5	T	badania rynku	0	3	3

### Brojlery

Pasze	P	1	zastąpienie suszenia innymi metodami konserwacji w produkcji paszowej (rośliny zbożowe)	5	T	szczelne silosy lub inne obiekty magazynowe zamiast suszarni	0	3	3
Budynki	P	6	lepsza termoizolacja	4	N	wprowadzenie zaawansowanych standardów termoizolacji w odniesieniu do nowych budynków inwentarskich	0	3	3
Wentylacja	B	1	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	3	T	wymiennik ciepła w systemie wentylacji	0	3	3
Oświetlenie	B	1	mniej energii na oświetlenie	4	N	zastąpienie oświetlenia energooszczędnym	0	3	3

## Raport 2: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Niemczech

Autorzy: Andreas Meyer-Aurich, Thomas Ziegler – Instytut Agronżynierii im. Leibniza, Poczdam-Bornim

Nakład energetyczny	B/P	Obszar działalności	Miara oszczędności energii	Potencjał	B+R T/N	Opis uwarunkowań związanych z wdrożeniem miary oszczędności energii	O/T	Koszt	Okres zwrotu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Pszonica

Nasiona	P	1	nowe odmiany	4	T	hodowla roślin	0	5	4
Azot	P	1	zmniejszone nawożenie azotem	4	T	doradztwo rolnicze	0	5	4
Herbicydy	P	1	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	doradztwo rolnicze	0	5	4
Pestycydy	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów	1	T	doradztwo rolnicze	0	5	4
Zużycie ON	B	1	uprawa zerowa	3	T	inwestycja w plóg dłuży	0	2	2
Zużycie ON	B	1	rolnictwo precyzyjne	3	T	decyzja o inwestowaniu, odpowiednia płynność finansowa	0	3	2
Zużycie energii	B	1	aktywny odzysk ciepła przez pompy ciepła	4	T	badania stosowane, inwestycje	0	3	2
Zużycie energii	B	1	badania podstawowe w zakresie suszarnictwa	3	T	badania podstawowe	0	5	4
Zużycie energii	B	1	opracowanie efektywnego energetycznie sterowania procesem produkcyjnym	5	T	badania stosowane, inwestycje	0	3	2
Zużycie energii	B	1	opracowanie innowacyjnych procesów suszenia	4	T	badania stosowane	0	5	4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie energii	B	1	zaprojektowanie optymalnych suszarni	5	T	badania stosowane, inwestycje	0	4	2
Zużycie energii	B	1	usprawnienie procesu suszenia	4	T	inwestycje	0	4	3
Zużycie energii	B	1	pasywne odzysk ciepła (wymnienniki ciepła, termoizolacja)	4	N	inwestycje	0	3	2
Zużycie energii	B	1	utilizacja ciepła odpadowego (np. biogaz, instalacje wytwarzania energii w kogeneracji (CHP))	4	N	inwestycje	0	3	2

#### Burak cukrowy

Nasiona	P	1	nowe odmiany	4	T	hodowla roślin	0	4	3
Zużycie ON	B	1	rolnictwo precyzyjne	3	T	inwestycje w maszyny	0	3	2

#### Ziemniak

Azot	B	1	zmniejszone nawożenie azotem	4	T	rolnictwo precyzyjne	0	5	2
Zużycie ON	P	1	nowe odmiany	4	T	hodowla roślin	0	5	4

#### Ślonecznik

Zużycie energii	P	1	hodowla roślin	4	T	wykorzystanie wysokiej jakości materiału siewnego	0	5	4
Azot	B	1	zmniejszone nawożenie azotem	4	T	rolnictwo precyzyjne	0	5	2
Herbicydy	B	1	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	racjonalne stosowanie pestycydów	0	5	2
Pestycydy	B	1	zmniejszone zużycie pestycydów	3	T	racjonalne stosowanie herbicydów	0	5	2
Zużycie ON	B	1	uprawa zerowa	3	T	poprawa wydajności procesu produkcji	0	5	2
Zużycie ON	B	1	rolnictwo precyzyjne	3	T	poprawa wydajności procesu produkcji	0	3	2



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

### Pomidor

Nawadnianie	B	1	nawadnianie – optymalny wydatek wody	5	T	badania nad ustaleniem optymalnego wydatku wody	0	2	2
Zużycie energii	B	6	termoizolacja	5	T	analiza energetyczna budynków	0	2	2
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	4	T	instalacja nowoczesnych systemów wentylacji	0	3	2
Zużycie energii	B	3	optymalizacja parametrów energetycznych procesów produkcyjnych (ogrzewanie/chłodzenie)	4	T	monitoring procesu produkcji	0	2	1

### Ogórek

Nawadnianie	B	1	nawadnianie – optymalny wydatek wody	5	T	badania nad ustaleniem optymalnego wydatku wody	0	2	2
Zużycie energii	P	6	termoizolacja	5	T	analiza energetyczna budynków	0	2	2
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	4	T	instalacja nowoczesnych systemów wentylacji	0	3	2
Zużycie energii	B	3	optymalizacja parametrów energetycznych procesów produkcyjnych (ogrzewanie/chłodzenie)	4	T	monitoring procesu produkcji	0	2	1

### Papryka

Zużycie energii	P	6	termoizolacja	5	T	analiza energetyczna budynków	0	2	2
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	4	T	instalacja nowoczesnych systemów wentylacji	0	3	2
Zużycie energii	B	1	nawadnianie – optymalny wydatek wody	5	T	badania nad ustaleniem optymalnego wydatku wody	0	2	1
Zużycie energii	B	3	optymalizacja parametrów energetycznych procesów produkcyjnych (ogrzewanie/chłodzenie)	4	T	monitoring procesu produkcji	0	2	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

### Winorośl

Herbicydy	P	1	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	doradztwo rolnicze	0	5	4
Pestycydy	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów	1	T	doradztwo rolnicze	0	5	4
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	3	N	inwestycje	0	2	2

### Krowy mleczne

Pasze	B/P	2,4	efektywne wykorzystanie pastwisk	3	T	optymalizacja żywienia	0	5	4
Pasze	B/P	1,2,4	żywienie zgodne ze specyficznymi potrzebami zwierząt	5	T	optymalizacja dawki pokarmowej według wydajności zwierzęcia (produkcja pasz objętościowych jest z reguły mniej energochłonna niż koncentratów paszowych)	0	5	4
Pasze	P	1	optymalizacja nawożenia	5	T	optymalizacja procesów produkcji roślinnej	0	5	4
Leki i opieka weterynaryjna	B/P	1,2	okres użytkowania krów mlecznych	5	T	poprawa warunków utrzymania w oborach w celu prewencji zwierząt przed chorobami	0	5	4

### Trzoda chlewna

Pasze	P	1	energowydajna produkcja pasz	3	N	rolnictwo precyzyjne, uprawa zerowa i system produkcji przy niskim poziomie nawożenia azotem	0	3	2
Zużycie energii	B	1	gospodarka obornikiem (produkcja biogazu)	4	T	inwestycje w technologię biogazu	0	4	3
Zużycie energii	B	3	optymalizacja parametrów energetycznych w procesach produkcyjnych (ogrzewanie /chłodzenie)	4	T	monitoring procesu produkcji	0	2	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Budynki	B	6	efektywne energetycznie wykorzystanie ciepła	5	N	analiza budynku	0	2	3
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła z powietrza wylotowego z wentylacji	4	N	instalacja nowoczesnych systemów wentylacji	0	3	2
Budynki	B	6	szczerne pomieszczenia inwentarskie, bez niekontrolowanych strat ciepłego powietrza	5	N	analiza budynków i identyfikacja źródeł utraty ciepła	0	2	2
Zużycie energii	P	1	hodowla zwierząt	3	T	nowe programy hodowlane	0	5	4

### Brojlery

Zużycie ON	P	1	energowydajna produkcja pasz	3	N	rolnictwo precyzyjne, uprawa zerowa, systemy produkcji polowej pasz przy niskim poziomie nawożenia azotem	0	3	2
Zużycie energii	P	1	gospodarka obornikiem (produkcja biogazu)	5	T	inwestycje w technologie biogazowe; płynność finansowa	0	4	3
Zużycie energii	B	3	optymalizacja procesu produkcji	4	T	monitoring procesu produkcji	0	2	1
Zużycie energii	B	6	efektywne energetycznie wykorzystanie ciepła	5	N	analiza budynków	0	2	3
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	4	N	instalacja nowoczesnych systemów wentylacji	0	3	2
Budynki	P	6	szczerne pomieszczenia inwentarskie, bez niekontrolowanych strat ciepłego powietrza	5	N	analiza budynków i identyfikacja źródeł utraty ciepła	0	2	1
Zużycie energii	P	1	hodowla zwierząt	3	T	nowe programy hodowlane	0	5	4

### Raport 3: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Grecji

Autorzy: Demetres Briassoulis, Athanasios Balafoutis, Antonis Mistrionis, Panagiotis Panagakis, Georgios Papadakis – Uniwersytet Rolniczy w Atenach

Nakład energetyczny	B/P	Obszar działalności	Miara oszczędności energii	Potencjał	B+R T/N	Opis uwarunkowań związanych z wdrożeniem miary oszczędności energii	O/T	Koszt	Okres zwrotu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

#### Pszonica

Material siewny	P	1	wysokojakościowy materiał siewny	4	T	nowe programy hodowlane nowych odmian	0	4	3
Nawozy	P	1,3	nawożenie zgodnie z żyznością gleby i dostępnością składników odżywczych roślin	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	0	1	1
Azot	P	1,3	podział dawek azotu	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	0	1	2
Nawozy	P	1	usprawnienie gospodarki nawozowej – efektywna aplikacja i wykorzystanie przez rośliny	4	T	rolnictwo precyzyjne	0	3	3
Nawozy	P	1	zwiększone wykorzystanie nawozów organicznych	3	T	systemy rolnictwa ekologicznego lub zintegrowanego; uprawa konserwująca (z pozostawieniem 30% resztek poźniwnych)	0	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	0	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nawozy	P	1	zmnieszone zuzycie nawozow mineralnych	5	T	nawozenie zintegrowane	0	1	2
Fungicydy	P	1,2	zmnieszone zuzycie fungicydow	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; wlasciwe zmiانowanie; odmiany	0	1	2
Herbicydy	P	1,2	zmnieszone zuzycie herbicydow	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; wlasciwe zmiانowanie; odmiany	0	1	2
Nawadnianie	B	4, 6	ograniczenie zuzycia pradu na nawadnianie przez wprowadzenie efektywnych energetycznie pomp	4	N	badania rynkowe nad wysoko wydajnymi pompami	0	2	3
Nawadnianie	B	1,3, 6	gospodarka wodą – nawadnianie kropelkowe	5	N	analiza rzeczywistych potrzeb roslin i wydatku wody na 1 hektar	0	2	2
Zuzycie ON	B	1, 6	moc ciagnikow i innych urzadzen dostosowana do prac polowych	5	T	wlasciwa moc ciagnika	0	3	3
Zuzycie ON	B	1, 6	uprawa zerowa	3	T	nowe technologie produkcji roslinnej bez uprawy roli; stosowanie wlasciwych maszyn	0	3	2
Zuzycie ON	B	1	racjonane wykorzystanie srodkow transportowych	3	T	wykorzystanie polaczonych narzedzi uprawowych w celu ograniczenia wielokrotnego transportu z farmy na pole	0	1	1
Zuzycie ON	B	1, 6	ograniczona uprawa roli	5	T	nowe technologie produkcji z ograniczona uprawa roli; stosowanie wlasciwych urzadzen	0	3	2
Zbiory	B	2	ograniczenie transportu	3	N	organizowanie nastepujacych po sobie zbiorow na mniejszych polach	0	1	1
Zbiory	P	1, 6	mapy plonow	5	T	rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Magazynowanie	P	1, 6	zmnieszenie zuzycia pradu	3	T	wymiana lub usprawnienie systemu napowietrzania	0	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Efektywne mikro-organizmy	P	1,2	stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	T	1	2
Nawożenie w powiązaniu z płodozmianem	P	2	właściwe zmianowanie – zmniejszenie zużycia nawozów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z pozostawieniem 30% resztek pożniwnych)	O	2	2

### Bawelna

Nasiona	P	1	wysokojakościowe nasiona	4	Y	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	O	4	3
Nawozy	P	1,3	stosowanie nawozów zgodnie z żyznością gleby i dostępnością składników	5	Y	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	1	1
Nawozy	P	1,3	podział dawek	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	1	2
Nawozy	P	1	usprawniona gospodarka nawozowa – efektywne stosowanie i wykorzystanie przez rośliny	4	T	rolnictwo precyzyjne	O	3	3
Nawozy	P	1	zwiększone wykorzystanie nawozów organicznych	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z pozostawieniem 30% resztek pożniwnych)	O	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	O	1	2
Nawozy	P	2	właściwe zmianowanie – zmniejszenie zużycia nawozów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z pozostawieniem 30% resztek pożniwnych)	O	2	2
Nawozy	P	1	zmniejszone zużycie nawozów mineralnych	5	T	nawożenie zintegrowane	O	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fungicydy	P	1,2	zmniejszone zużycie fungicydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmianowanie; odmiany	O	1	2
Herbicydy	P	1,2	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmianowanie; odmiany	O	1	2
Nawadnianie	P	4, 6	ograniczenie zużycia elektryczności	4	N	badania rynkowe nad wysoko wydajnymi systemami pompowymi	O	2	3
Nawadnianie	B	1,3, 6	gospodarka wodą – nawadnianie kropelkowe	5	N	analiza faktycznych potrzeb nawadniania na 1 hektar	O	2	2
Zużycie ON	B	6	właściwa moc urządzeń ładujących i ciągników do transportu nasion bawełny	5	T	właściwa moc urządzeń ładujących i ciągników	O	1	1
Zużycie ON	B	1, 6	właściwa moc ciągników i innych maszyn do prac polowych	5	T	właściwa moc ciągników	O	3	3
Zużycie ON	B	1	racjonalne wykorzystanie transportu	3	T	wykorzystanie połączonych narzędzi uprawowych w celu ograniczenia wielokrotnego transportu z farmy na pole	O	1	1
Zużycie ON	B	1, 6	uprawa uproszczona	5	T	nowe technologie produkcji z ograniczoną uprawą roli; stosowanie właściwych urządzeń	O	3	2
Zbiory	B	2	ograniczenie transportu	3	N	organizacja zbiorów na wielu polach	O	1	1
Zbiory	P	1, 6	mapy plonów	5	T	rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Efektywne mikro-organizmy	P	1,2	stosowanie mikroorganizmów bioaktywnych/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	T	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Pomidor</b>									
Nawozy	P	1,3	stosowanie nawozów zgodnie z żyznością gleby i dostępnością składników pokarmowych roślin	5	T	analiza zawartości makro- i mikrośladników – rolnictwo precyzyjne	O	1	1
Nawozy	P	1,3	podział dawek	5	T	analiza zawartości makro- i mikrośladników – rolnictwo precyzyjne	O	1	2
Nawozy	P	1, 6	usprawniona gospodarka nawozowa – efektywne stosowanie i wykorzystanie	4	T	rolnictwo precyzyjne	O	3	3
Nawozy	P	1	zwiększone użycie nawozów organicznych	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	O	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	O	1	2
Nawozy	P	1	zmniejszone zużycie nawozów syntetycznych	5	T	nawożenie zintegrowane	O	1	2
Pestycydy	P	1,2	stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	T	1	2
Fungicydy	I	1,2, 6	zmniejszone zużycie fungicydów	3	T	lepsza aeracja	O	1	2
Fungicydy	I	1,3, 6	zmniejszone zużycie fungicydów	4	T	zmniejszenie wilgotności	O	2	2
Herbicydy	I	1,2, 6	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	stosowanie folii solaryzacyjnej	O	2	2
Nawadnianie	I	4, 6	zmniejszenie zużycia prądu	4	N	badania nad wysokowydajnymi systemami pompowymi	O	2	3
Nawadnianie	B	1,3	gospodarka wodą	5	N	analiza faktycznych potrzeb nawadniania na 1 hektar	O	2	2



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie ON	B	1, 6	racjonalizacja transportu	3	T	infrastruktura przechowania pomidorów do czasu skompletowania ładunku	0	1	1
Kontrola wzrostu roślin	B	1	kontrola względnej wilgotności stosownie do uprawy	2	T	organizacja produkcji szklarniowej	0	1	1
Kontrola wzrostu roślin	B	1	zastosowanie osłon termooizolacyjnych stosownie do uprawy	2	T	organizacja produkcji szklarniowej	0	1	1
Zużycie energii	B	1, 3	ustawiony wyższy poziom wilgotności względnej	2	T	system monitorowania i kontroli	0	1	1
Zużycie energii	B	1, 3	niższa nastawa temperatury	4	T	system monitorowania i kontroli	0	1	1
Kontrola wzrostu roślin	B	1	ograniczenie transpiracji roślin	3	T	kontrola mikroklimatu do parametrów optymalnych dla wzrostu i rozwoju roślin	0	1	1
Zużycie energii	B	1	integracja temperatur	2	T	większa liczba sensorów	0	2	1
Budynki	B	1	usprawnienie wentylacji	3	T	elektroniczne sterowanie otwieraniem okien; nowe założenia projektowe	0	2	4
Budynki	B	6	wykorzystanie energii geotermalnej	3	T	instalacja systemu sond geotermalnych głęboko w ziemi	0	3	3
Budynki	I	6	folia okrywowa z powłoką Anti-Drip ułatwiająca splanowanie skondensowanej wody	4	T	inwestycja w zakup folii okrywowej z powłoką Anti-Drip	0	2	2
Budynki	B	1	mniejże zużycie paliwa na ogrzewanie	3	T	nowoczesne kotły (wysokowydajne, alternatywne paliwa)	0	2	4
Budynki	B	6	precyzyjny system produkcji	3	T	rolnictwo precyzyjne	0	4	3
Budynki	B	6	nowe projekty i technologie produkcji w szklarniach	3	T	prace badawczo-rozwojowe nad nowymi technologiami konstrukcji	0	4	3
Budynki	B	6	zacielenie w okresie letnim	5	T	nowe technologie w produkcji folii plastikowych	0	3	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Budynki	B	6	systemy magazynowania ciepła	2	T	instalacja systemów magazynowania ciepła	O	2	3
Budynki	P	1, 6	osłona przeciwwietrzna od strony północnej szklarni	4	T	inwestycje w osłonę przeciwwietrzną od strony północnej szklarni	O	2	2

### Ogórek

Nawozy	P	1,3	stosowanie nawozów zgodnie z żyznością gleby i dostępnością składników pokarmowych roślin	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	1	1
Nawozy	P	1,3	podział dawek	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	1	2
Nawozy	P	1, 6	usprawniona gospodarka nawozowa – efektywne stosowanie i wykorzystanie	4	T	rolnictwo precyzyjne	O	3	3
Nawozy	P	1	większe wykorzystanie nawozów organicznych	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	O	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	O	1	2
Nawozy	P	1	zmnieszone zużycie nawozów syntetycznych	5	T	nawożenie zintegrowane	O	1	2
Pestycydy	P	1,2	stosowanie mikroorganizmów bioaktywnych/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	T	1	2
Fungicydy	P	1,2	zmnieszone zużycie fungicydów	3	T	lepsza aeracja	O	1	2
Fungicydy	P	1,3	zmnieszone zużycie fungicydów	4	T	zmnieszenie wilgotności	O	2	2
Herbicydy	P	1,2, 6	zmnieszone zużycie herbicydów	3	T	zastosowanie folii solaryzacyjnej	O	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nawadnianie	P	4, 5, 6	zmniejszenie zużycia prądu	4	N	badania nad wysokowydajnymi systemami pompowymi	O	2	3
Nawadnianie	B	1,3	gospodarka wodą	5	N	analiza faktycznych potrzeb nawadniania na 1 hektar	O	2	2
Kontrola wzrostu roślin	B	1	kontrola względnej wilgotności stosownie do uprawy	2	T	organizacja produkcji szklarniowej	O	1	1
Kontrola wzrostu roślin	B	1	osłony termoizolacyjne stosownie do uprawy	2	T	organizacja produkcji szklarniowej	O	1	1
Zużycie energii	B	1, 3	wyższa nastawa poziomu wilgotności względnej	2	T	system monitorowania i kontroli	O	1	1
Zużycie energii	B	1, 3	nizsza nastawa temperatury	4	T	system monitorowania i kontroli	O	1	1
Zużycie ON	B	1, 6	racjonalizacja transportu	3	T	infrastruktura przechowania pomidorów do czasu skompletowania ładunku	O	1	1
Kontrola wzrostu roślin	B	1, 6	ograniczenie transpiracji roślin	3	T	kontrola mikroklimatu do parametrów optymalnego wzrostu i rozwoju roślin	O	1	1
Zużycie energii	B	1, 6	integracja temperatur	2	T	większa liczba sensorów	O	2	1
Budynki	B	1, 6	usprawniona wentylacja	3	T	elektroniczne sterowanie otwieraniem okien, nowe założenia projektowe	O	2	4
Budynki	B	6	wykorzystanie energii geotermalnej	3	T	instalacja systemu sond geotermalnych głęboko w ziemi	O	3	3
Budynki	P	6	folia okrywowa z powłoką Anti-Drip ułatwiającą splywanie skondensowanej wody	4	T	zakup folii okrywowej z powłoką Anti-Drip	O	2	2
Budynki	B	1, 6	mniejsze zużycie paliwa na ogrzewanie	3	T	nowoczesne kotły (wysokowydajne, alternatywne paliwa)	O	2	4
Budynki	B	6	precyzyjny system produkcji	3	T	rolnictwo precyzyjne	O	4	3
Budynki	B	6	nowe projekty szklarni i technologie produkcji szklarniowej	3	T	prace badawczo-rozwojowe nad nowymi technologiami konstrukcji	O	4	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nawadnianie	P	5, 6	zmniejszenie zużycia prądu	4	N	badania rynku pod kątem wysokowydajnych systemów pompowych	O	2	3
Nawadnianie	B	1,3	gospodarka wodą – nawadnianie	5	N	analiza faktycznych potrzeb nawadniania na 1 hektar	O	2	2
Nawadnianie	B	1,3, 6	gospodarka wodą – okrywanie gleby	5	N	zastosowanie włókny do okrycia gleby	O	2	2
Zużycie ON	B	1, 6	właściwa moc ciągników i innych maszyn do prac polowych	5	T	właściwa moc ciągników	O	3	3
Zużycie ON	B	1, 6	uprawa zerowa	3	T	wykorzystanie włókny ogrodniczej (mulczowanie)	O	3	2
Zużycie ON	B	1	racjonalne wykorzystanie transportu	3	T	wykorzystanie połączonych narzędzi uprawowych w celu ograniczenia wielokrotnego transportu z farmy na pole	O	1	1
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	5	T	nowe technologie produkcji z ograniczoną uprawą roli	O	3	2
Zużycie ON	B	4, 6	właściwa moc urządzeń ładunkowych i ciągników do transportu	5	T	właściwa moc ciągników	O	1	1
Efektywne mikro-organizmy	P	1,2	stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	T	1	2

### Oliwka

Nawozy	P	1,3	stosowanie nawozów zgodnie z żyznością gleby i dostępnością składników	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	1	1
Nawozy	P	1,3	podział dawek	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Budynki	B	6	zacienianie w okresie letnim	5	T	nowe technologie w produkcji folii plastikowych	0	3	3
Budynki	B	6	systemy magazynowania ciepła	2	T	instalacja systemów magazynowania ciepła	0	2	3
Budynki	P	1, 6	osłona przeciwwietrzna od północnej strony szklarni	4	T	inwestycje w osłone przeciwwietrzną od strony północnej szklarni	0	2	2

### Winorośl

Nawozy	P	1,3	stosowanie nawozów zgodnie z żyznością gleby i dostępnością składników	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	0	1	1
Nawozy	P	1,3	podział dawek	5	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	0	1	2
Nawozy	P	1, 6	usprawniona gospodarka nawozowa – efektywne stosowanie i wykorzystanie	4	T	rolnictwo precyzyjne	0	3	3
Nawozy	P	1	zwiększone wykorzystanie nawozów organicznych	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; orka zachowawcza (z pozostawieniem 30% resztek)	0	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	0	1	2
Nawozy	P	1	zmniejszone zużycie nawozów mineralnych	5	T	nawożenie zintegrowane	0	1	2
Fungicydy	P	1,2	zmniejszone zużycie fungicydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmiernowanie; odmiany	0	1	2
Herbicydy	P	1,2	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmiernowanie; odmiany	0	1	2
Herbicydy	P	1,2, 6	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	wykorzystanie włókniiny ogrodniczej (mulczowanie)	0	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nawozy	P	1, 6	usprawnienie gospodarki nawozowej – efektywne stosowanie i wykorzystanie przez rośliny	4	T	rolnictwo precyzyjne	0	3	3
Nawozy	P	1	zwiększone wykorzystanie nawozów organicznych	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; orka zachowawcza (z pozostawieniem 30% resztek)	0	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	0	1	2
Nawozy	P	1	zmniejszone zużycie nawozów mineralnych	5	T	nawożenie zintegrowane	0	1	2
Fungycydy	P	1,2	zmniejszone zużycie fungicydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmanowanie; odmiany	0	1	2
Herbicydy	P	1	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	wypas owiec lub kóz w gajach oliwnych	0	2	2
Herbicydy	P	1,2	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmanowanie; odmiany	0	1	2
Herbicydy	P	1,2, 6	zmniejszone zużycie herbicydów	3	Y	stosowanie włókniiny ogrodniczej (mulczowanie)	0	2	2
Nawadnianie	B	4, 5, 6	ograniczenie zużycia energii elektrycznej przez pompy (pompowanie wody)	4	N	badania rynkowe nad wysokowydajnymi systemami pompowymi	0	2	3
Nawadnianie	B	1,3	gospodarka wodą – nawadnianie	5	N	analiza faktycznych potrzeb nawadniania na 1 hektar	0	2	2
Zużycie ON	B	1,6	właściwa moc ciągników i innych maszyn do prac polowych	5	T	właściwa moc ciągników	0	3	3
Zużycie ON	B	1	uprawa zerowa	3	Y	nie mechaniczna regulacja zachwaszczenia	0	3	2
Zużycie ON	B	1	racjonalizacja prac transportowych	3	Y	wykorzystanie połączonych narzędzi uprawowych w celu ograniczenia wielokrotnego transportu z farmy na pole	0	1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	5	Y	nowe technologie produkcji z ograniczoną uprawą roli	O	3	2
Zużycie ON	B	4, 6	właściwa moc urządzeń ładunkowych i ciągników do transportu oliwek	5	T	właściwa moc ciągników i urządzeń	O	1	1
Efektywne mikro-organizmy	P	1,2	stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	T	1	2

## Raport 4: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Holandii

Autorzy: Chris de Visser, Fridtjof de Buissonjé, Hilko Ellen, Cecilia Stanghellini, Marcel van der Voort – Wageningen UR

Nakład energetyczny	B/P	Obszar działalności	Miara oszczędności energii	Potencjał	B+R T/N	Opis uwarunkowań związanych z wdrożeniem miary oszczędności energii	O/T	Koszt	Okres zwrotu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Pszonica

Material siewny	P	1	wysoko jakościowy materiał siewny	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	A	4	3
Nawozy	P	1	nawożenie nieorganiczne	5	T	podział dawki nawozów nieorganicznych	A	2	2
Nawozy	P	2	uprawa roślin na zielony nawóz	5	T	użycie roślin jako zielonego nawozu	A	2	2
Nawozy	P	2	dawkowanie nawozów zgodnie z potrzebami roślin	5	T	zastosowanie nawozu odpowiada pobraniu składników przez rośliny (np. analiza soku i/lub techniki sensorowe)	A	1	1
Nawozy	P	1	usprawnienie gospodarki nawozowej	4	T	rolnictwo precyzyjne; dawkowanie automatyczne według potrzeb roślin i badań próbek gleby/pomiary (czujniki)	A	2	2
Nawozy	P	2	poprawa żyzności gleby (organizmy żywe)	4	T	stosowanie (dobrego) kompostu (z bioaktywatorami) poprawia żyzność gleby i pobranie składników pokarmowych przez rośliny	A	2	2



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nawozy	P	1	nawożenie organiczne według współczynnika wykorzystania azotu	5	T	zastosowanie wskaźnika wykorzystania azotu w praktyce stosowania nawożenia organicznego	A	1	1
Herbicydy	P	1	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	rolnictwo precyzyjne; stosowanie GPSIS (optimum use of crop protection products) i innych modeli (chorób i pogody) do określenia potrzeb i ilości opryskiwań	A	2	2
Zużycie ON	D	1	uprawa uproszczona	5	N	różne warianty ograniczonej uprawy roli mogą zmniejszyć zużycie paliwa	A	2	2
Zużycie ON	D	1	wyłączanie ciągników	5	N	ciągniki przez 25% pracują w trybie jałowym. Potencjał skrócenia tego czasu do 15%	A	1	1
Zużycie ON	D	1	ciśnienie powietrza w oponach	5	N	właściwe ciśnienie w oponach to 20% większa prędkość i 15% mniejsze spalanie	A	2	2
Zużycie ON	D	1	rozmiar opon	5	N	15-30% zużycia paliwa jest związane z przeniesieniem mocy z kół na powierzchnię gruntu. Większe opony oznaczają efektywniejsze przeniesienie mocy i mniejsze spalanie paliwa	A	2	2
Zużycie ON	D	1	zestaw ciągnika i maszyny	5	N	wykorzystanie ciągnika, którego moc nie przekracza 15% mocy wymaganej do napędu danej maszyny. Większy traktor zużyje więcej paliwa, nawet jeśli wykorzystuje 75% potencjalnej mocy	A	1	1
Zużycie ON	D	1	maszyny do uprawy gleby dostosowane do rodzaju pracy	5	N	uprawa gleby odpowiada za zużycie największej części z wykorzystanych paliw. Maszyny lepiej dostosowane do rodzaju wykonywanych prac połowych przyczyniają się do ograniczenia zużycia paliwa	A	1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie ON	D	1	nacisk na przednią oś	5	N	dopasowując nacisk na przednią oś (maks. 25% całego nacisku) można zaoszczędzić 1 do 5 l/ha	A	1	1
Kontrola zużycia energii	D	3	pomiary zużycia energii	3	T	pomiar zużycia energii w gospodarstwie (np. energia elektryczna nie tylko całkowite zużycie, ale z podziałem na czynności produkcyjne/budynki)	A	1	1

### Burak cukrowy

Nasiona	P	1	wysokojakościowe nasiona	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	O	4	3
Nawozy	P	1	nawożenie mineralne	5	T	podział dawki nawozów mineralnych	O	2	2
Nawozy	P	2	uprawa roślin na zielony nawóz	5	T	wykorzystanie roślin jako nawozu zielonego	O	2	2
Nawozy	P	2	dawkowanie nawozów zgodnie z poborem przez rośliny	5	T	zastosowanie nawozu odpowiada poborowi składników przez rośliny (np. analiza soku i/lub techniki sensorowe)	O	1	1
Nawozy	P	1	usprawnienie gospodarki nawozowej	4	T	rolnictwo precyzyjne; dawkowanie automatyczne według potrzeb roślin i badań próbek gleby/pomiary (czujniki)	O	2	2
Nawozy	P	2	poprawa żyzności gleby (organizmy żywe)	4	T	stosowanie (dobrego) kompostu (z bioaktywatorami) poprawia żyzność gleby i pobór składników pokarmowych przez rośliny	O	2	2
Nawozy	P	1	nawożenie organiczne na podstawie współczynnika roboczego nawozu azotowego	5	T	zastosowanie wskaźnika wykorzystania azotu w praktyce stosowania nawożenia organicznego	O	1	1
Pestycydy	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów	3	T	rolnictwo precyzyjne; stosowanie GEPWIS (optimum use of crop protection products) i innych modeli (chorób i pogody) do określenia potrzeb i ilości opryskiwań	O	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	5	N	różne warianty ograniczonej uprawy roli mogą zmniejszyć zużycie paliwa	0	2	2
Zużycie ON	B	1	wyłączanie traktorów	5	N	ciągniki przez 25% pracują w trybie jałowym. Potencjał skrócenia tego czasu do 15%	0	1	1
Zużycie ON	B	1	ciśnienie powietrza w oponach	5	N	właściwe ciśnienie w oponach to 20% większa prędkość i 15% mniejsze spalanie	0	2	2
Zużycie ON	B	1	rozmiar opon	5	N	15-30% zużycia paliwa jest związane z przeniesieniem mocy z koła na powierzchnię gruntu. Większe opony oznaczają efektywniejsze przeniesienie mocy i mniejsze spalanie paliwa	0	2	2
Zużycie ON	B	1	zestaw ciągnika i maszyny	5	N	wykorzystanie ciągnika, którego moc nie przekracza 15% mocy wymaganej do napędu danej maszyny. Większy traktor zużyje więcej paliwa, nawet jeśli wykorzystuje 75% potencjalnej mocy	0	1	1
Zużycie ON	B	1	maszyny do uprawy gleby dostosowane do prac	5	N	uprawa gleby odpowiada za zużycie największej części z wykorzystanych paliw. Maszyny lepiej dostosowane do rodzaju wykonywanych prac połowych przyczyniają się do ograniczenia zużycia paliwa	0	1	1
Zużycie ON	B	1	nacisk na przednią oś	5	N	dopasowując nacisk na przednią oś (maks. 25% całego nacisku) można zaoszczędzić 1 do 5 l/ha	0	1	1
Kontrola zużycia energii	B	3	pomiary zużycia energii	3	T	pomiar zużycia energii w gospodarstwie (np. energia elektryczna nie tylko całkowite zużycie, ale z podziałem na czynności produkcyjne/budynki)	0	1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ziemiaki</b>									
Sadzeniaki	P	1	wysokojakościowe sadzeniaki	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	O	4	3
Nawozy	P	1	nawożenie mineralne	5	T	podział dawki nawozów mineralnych	O	2	2
Nawozy	P	2	uprawa roślin na zielony nawóz	5	T	wykorzystanie roślin jako nawozu zielonego	O	2	2
Nawozy	P	2	dawkowanie nawozów zgodnie z pobraniem przez rośliny	5	T	zastosowanie nawozu odpowiadającego pobraniu składników przez rośliny (np. analiza soku i/lub techniki sensorowe)	O	1	1
Nawozy	P	1	usprawniona gospodarka nawozowa	4	T	rolnictwo precyzyjne; dawkowanie automatyczne według potrzeb roślin i badań próbek gleby/pomiary (sensory)	A	2	2
Nawozy	P	2	poprawa żyzności gleby (organizmy żywe)	4	T	stosowanie (dobrego) kompostu (z bioaktywatorami) poprawia żyzność gleby i pobór składników pokarmowych przez rośliny	A	2	2
Nawozy	P	1	nawożenie organiczne na podstawie współczynnika roboczego nawozu azotowego	5	T	zastosowanie wskaźnika wykorzystania azotu w praktyce stosowania nawożenia organicznego	A	1	1
Pestycydy	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów	3	T	rolnictwo precyzyjne; stosowanie GEWIS (optimum use of crop protection products) i innych modeli (chorób i pogody) do określenia potrzeb i ilości opryskiwań	A	2	2
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona roli	5	N	różne warianty ograniczonej uprawy roli mogą zmniejszyć zużycie paliwa	A	2	2
Zużycie ON	B	1	wyłączanie ciągników	5	N	ciągniki przez 25% pracują w trybie jałowym. Potencjał skrócenia tego czasu do 15%	A	1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie ON	B	1	ciśnienie powietrza w oponach	5	N	właściwe ciśnienie w oponach to 20% większa prędkość i 15% mniejsze spalanie	A	2	2
Zużycie ON	B	1	rozmiar opon	5	N	15-30% zużycia paliwa jest związane z przeniesieniem mocy z kół na powierzchnię gruntu. Większe opony oznaczają efektywniejsze przeniesienie mocy i mniejsze spalanie paliwa	A	2	2
Zużycie ON	B	1	zestaw ciągnika i maszyny	5	N	wykorzystanie ciągnika, którego moc nie przekracza 15% mocy wymaganej do napędu danej maszyny. Większy ciągnik zużyje więcej paliwa, nawet jeśli wykorzystuje 75% potencjalnej mocy	A	1	1
Zużycie ON	B	1	maszyny do uprawy gleby dostosowane do prac	5	N	uprawa gleby odpowiada za zużycie największej części paliw. Maszyny lepiej dostosowane do wykonywanych prac ograniczą zużycie paliwa	O	1	1
Zużycie ON	B	1	nacisk na przednią oś	5	N	dopasowując nacisk na przednią oś (maks. 25% całego nacisku) można zaoszczędzić 1 do 5 l/ha	O	1	1
Magazynowanie	B	6	oszczędzanie energii w magazynie/przechowalni	2	T	potencjał 25% oszczędności energii dzięki poprawieniu przepływu powietrza	O	2	2
Zużycie energii	B	3	pomiary zużycia energii	3	T	pomiar zużycia energii w gospodarstwie (np. energia elektryczna nie tylko całkowite zużycie, ale z podziałem na czynności produkcyjne/budynki)	O	11	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

### Pomidor

Zużycie energii	B	1	sterowanie adaptacyjne	5	T	elastyczna kontrola klimatu	0	1	1
Zużycie energii	P	6	szkło antyrefleksyjne	3	T	osłona antyrefleksyjna	0	3	3
Zużycie energii	B	6	lepsza termoizolacja	5	T	podwójne szklenie/niska emisja	0	3	3
Zużycie energii	P	6	szkło rozpraszające światło	3	T	osłona rozpraszająca światło	0	3	3
Zużycie energii	B	6	podwójna osłona termiczna	5	N	pojedyncza osłona jest standardem; większa liczba osłon umożliwia skuteczniejszą izolację	0	2	2
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	4	T	instalacja najnowszych technologii systemów wentylacyjnych	0	3	2
Zużycie energii	B/P	1	inteligentne nawadnianie	5	T	nawadnianie w obiegu zamkniętym lub inteligentne nawadnianie	0	2	2

### Ogórek

Zużycie energii	B	1	sterowanie adaptacyjne	5	T	elastyczna kontrola klimatu	0	1	1
Zużycie energii	P	6	szkło antyrefleksyjne	3	T	osłona antyrefleksyjna	0	3	3
Zużycie energii	B	6	lepsza termoizolacja	5	T	podwójne szklenie/niska emisja	0	3	3
Zużycie energii	P	6	szkło rozpraszające światło	3	T	osłona rozpraszająca światło	0	3	3
Zużycie energii	B	6	podwójna osłona termiczna	5	N	pojedyncza osłona jest standardem; większa liczba osłon umożliwia skuteczniejszą izolację	0	2	2
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	4	T	instalacja nowoczesnych technologii systemów wentylacyjnych	0	3	2
Zużycie energii	B/P	1	nawadnianie	5	T	nawadnianie w obiegu zamkniętym lub inteligentne nawadnianie	0	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

### Papryka

Nawadnianie	B/P	1	nawadnianie	5	T	nawadnianie w obiegu zamkniętym lub inteligentne nawadnianie	O	2	2
Zużycie energii	B	1	sterowanie adaptacyjne	5	T	elastyczna kontrola klimatu	O	1	1
Zużycie energii	P	6	szkło antyrefleksyjne	3	T	osłona antyrefleksyjna	O	3	3
Zużycie energii	B	6	lepsza termoizolacja	5	T	podwójne szklenie/niska emisja	O	3	3
Zużycie energii	P	6	szkło rozpraszające światło	3	T	powłoka rozpraszająca światło	O	3	3
Zużycie energii	B	6	podwójna osłona termiczna	5	N	pojedyncza osłona jest standardem; większa liczba osłon umożliwia skuteczniejszą izolację	O	2	2
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła z powietrza wylotowego	4	T	instalacja nowoczesnych technologii systemów wentylacji	O	3	2

### Krowy mleczne

Pasze	B	4	redukcja zużycia koncentratów na kg mleka	4	N	dozowniki pasz treściwych i dzienne pomiary udoju od każdej krowy	O	2	1
Pasze	B	1,5	mniejsze zużycie energii na produkcję pasz	4	N	składniki koncentratów powinny być wytwarzane lokalnie	O	2	1
Pasze	P	1	mniejsze zużycie energii w procesie produkcji, zamienniki koncentratów	3	T	optymalizacja procesu produkcyjnego, sprzęt do przemysłowego lub gospodarczego wykorzystania	O	3	3
Zużycie ON	B	1,2,5	mniejsze zużycie paliwa na transport zewnętrzny	4	N	przemysł paszowy/mleczarski powinny być lokalne	O	2	1
Zużycie ON i pracy	B	2,4	mniejsze zużycie paliwa i nakładów pracy żywej	4	T	wykorzystanie możliwości innowacyjnych systemów wypasu	O	2	2
Zużycie energii	B/P	1,2,4	mniejszy nakład energetyczny, ale większa ilość energii w przeliczeniu na kg mleka	2	N	trudniejszy do wdrożenia, wymaga przejścia na ekologiczny system produkcji	P	2	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie energii	B	1,6	mniejsze zużycie energii dzięki wykorzystaniu paneli solarnych do zasilania zgarniaczy obornika	3	T	inwestycja w panele solarne i automatyczny zgarniacz obornika	0	2	3
Zużycie ON	B	1,4,6	większa efektywność przechowywania pasz objętościowych i strategia zadawania pasz	3	N	inwestycje w centralny ośrodek paszowy i maszyny paszowe do mieszania i transportowania indywidualnych dawek	0	3	2
Zużycie energii	B	1,3	efektywne mycie – mniejsze zużycie wody i mycie w niższej temperaturze wody	3	T	nowe techniki myjące i detergenty powinny umożliwiać zmniejszenie zużycia wody	0	2	2
Zużycie energii	B	1,6	energooszczędne oświetlenie	4	T	różne typy lamp (TL/LED/ wysokociśnieniowe)	0	2	2
Zużycie energii	B	1,4,6	zmniejszenie zużycia energii przez zainstalowanie energooszczędnego systemu oświetlenia	4	T	automatyczne włączanie/wyłączanie indywidualnych lamp przez czujniki fotoelektryczne	0	2	2
Zużycie energii	B	1,6	zmniejszenie zużycia energii przez odzysk ciepła ze schładzania mleka	4	T	nowy proces techniczny (schładzanie wodą, system eco 2000), nowy silnik schładzacza	0	3	2
Zużycie energii	B	1,4	optymalizacja automatycznego udoju (AMS)	5	T	w Holandii funkcjonuje ponad 2500 ferm z systemem AMS, które zużywają 1,5-krotnie więcej energii niż udoj tradycyjny, co wymaga zoptymalizowania	0	2	2
Zużycie energii	B	1	wykorzystanie ciepłej wody z systemem odzysku ciepła ze schładzania mleka	5	T	izolowany system do pompowania ciepłej wody do różnych punktów na fermie, gdzie używa się ciepłej wody	0	2	2
Zużycie energii	B	1	wykorzystanie ciepła z obornika	2	T	wymiennik ciepła w zbiorniku na obornik	0	3	3
Pasze	P	4	poprawa wydajności pasz i zmniejszenie zużycia energii na odchów cieląt i jałówek	5	T	integracja wyżej wymienionych działań dotyczących pasz i infrastruktury	0	3	3



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Trzoda chlewna</b>									
Pasze	P	1	poprawa wartości odżywczej pasz	3	T	poprawa jakości produkcji pasz	0	2	2
Budynki	B	6	lepsza termoizolacja	3	N	wyliczenie ROI (gaz) (zwrot z inwestycji)	0	2	3
Budynki	B	6	lepsza termoizolacja	4	N	wyliczenie ROI (elektryczność)	0	2	3
Budynki	B	6	światło dzienne zamiast sztucznego	4	N	wyliczenie ROI	0	2	2
Budynki	B	6	energooszczędne oświetlenie (światłówki HF, LED, indukcyjne)	4	N	wyliczenie ROI	0	2	2
Budynki	B	6	wentylatory zużywające mniej energii na 1000 m <sup>3</sup> powietrza	4	N	energowydajne wentylatory	0	2	2
Budynki	B	6	chłodzenie posadzki pod dużymi zwierzętami i pod prosięta i warchlaki	2	N	wodne ogrzewanie podłogowe	0	2	3
Budynki	B	1	ciepło/zimno zmagazynowane w gruncie	3	N	wyliczenie ROI	0	2	3
Budynki	B	1	ciepło/zimno zmagazynowane w gruncie; stała temperatura powietrza wchodzącego; wolniejsze tempo wentylacji	3	N	wyliczenie ROI	0	2	3
Budynki	B	6	wentylacja naturalna	3	T	usprawnienie systemu wentylacji naturalnej	0	2	2
Budynki	B	1	wykorzystanie wymienników ciepła	3	T	wyliczenie ROI	0	3	2
Budynki	B	1	używanie regulatorów sterowania częstotliwością wymiany powietrza	3	N	wyliczenie ROI	0	2	2
Budynki	B	2	coroczna kontrola sprzętu sterującego mikroklimatem	3	N	kontrakt na coroczną kontrolę	0	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Brojlery</b>									
Pasze	P	1	wymiana 10-15% pasz gotowych na ziarno zbóż uprawianych w gospodarstwie	2	T	ograniczenie nakładów na zakup pasz	O	2	2
Budynki	B	6	przy wysokiej temperaturze schładzanie przez odparowanie powietrza wchodzącego (spryskiwacze, mokre maty)	5	N	wyższe przyrosty wagi, mniejsza liczba upadków	O	2	1
Budynki	B	6	lepsza termoizolacja	3	N	zmniejszenie zużycia energii (gaz/prąd)	O	2	3
Budynki	B	6	połączenie naturalnej i wymuszonej wentylacji (automatyczna wentylacja hybrydowa)	3	T	zmniejszenie zużycia energii	O	2	2
Budynki	B	6	suszenie obornika powietrzem z wentylacji w celu ograniczenia nakładów energetycznych na transport i/lub dalsze przetwarzanie obornika (spalanie, peletyzacja)	3	N	zmniejszenie nakładów energii na transport/zwiększenie wartości wykorzystania obornika	O	3	2
Budynki	B	6	energospzczędne systemy oświetlenia: lampy sodowe, metalohalogenkowe, świetlówki HF, LED, indukcyjna, armatura odblaskowa	4	N	zmniejszenie zużycia energii	O	2	2
Budynki	B	6	energospzczędne systemy ograniczania emisji amoniaku, pyłów (szczególnie wykorzystanie wymienników ciepła z wolniejszym tempem wentylacji)	3	T	zmniejszenie zużycia energii	O	5	4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Budynki	B	1	ciepło/zimno zmagazynowane w gruncie w połączeniu z pompą ciepła do ogrzewania powietrza wentylowanego	3	N	zmniejszenie zużycia energii	0	2	3
Budynki	B	6	punktowe ogrzewanie pisklat lampami podcerwonowymi, mniejsze zużycie gazu na ogrzewanie całego budynku	3	N	zmniejszenie zużycia gazu	0	1	1
Budynki	B	6	niskotemperaturowe (< 50°C) systemy grzewcze, w tym wody użytkowej w połączeniu z ogrzewaniem posadzki/naściennym	4	N	zmniejszenie zużycia energii	0	2	2
Budynki	B	6	czujnik ruchu podłączony do oświetlenia w często używanych pomieszczeniach	1	N	zmniejszenie zużycia energii	0	1	1
Budynki	B	1	regularne czyszczenie wentylatorów	3	N	zmniejszenie zużycia energii	0	1	1
Budynki	B	6	okna szczelkowe w ścianach/dachu zapewniające światło naturalne z dodatkowym światłem sztucznym	4	N	zmniejszenie zużycia energii	0	2	2
Budynki	B	1	podziemne rury (wymylnik ciepła) do schładzania napływającego powietrza, niższe tempo wentylacji	3	N	zmniejszenie zużycia energii	0	2	3
Budynki	B	1	użycie energooszczędnych wentylatorów z bezpośrednim strumieniem powietrza/sterowane według częstotliwości wymiany powietrza/lub kaskadowo	3	N	zmniejszenie zużycia energii	0	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Budynki	B	1	użycie wymiennika ciepła z wentylatorem	3	T	zmniejszenie zużycia energii	0	3	2
Budynki	B	6	odzysk ciepła z innych procesów	3	N	większa efektywność energetyczna	0	3	3
Budynki	B	6	pionowe kominy wentylacyjne prowadzące ciepłe powietrze spod kalenicy do posiadzki	4	N	zmniejszenie zużycia energii	0	2	1
Budynki	B	5	coroczna kontrola sprzętu sterującego mikroklimatem	3	N	zmniejszenie zużycia energii	0	1	2
Planowanie przestrzenne	I	4	rozplanowanie przestrzenne: farma z produkcją roślinną i drobiu wykorzystuje obornik zamiast nawozów mineralnych	4	N	mniejsze zużycie nawozów mineralnych	0	3	3
Planowanie przestrzenne	B	1	rozplanowanie przestrzenne: farma posiada wystarczająco dużo ziemi aby wykorzystać obornik (pod uprawę zbóż)	5	N	zmniejszenie zużycia energii	0	5	4

## Raport 5: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Polsce

Autorzy: Janusz Gołaszewski, Mariusz Stolarski, Zbigniew Brodziński, Ryszard Myhan, Ewelina Olba-Zięty – Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

Nakład energetyczny	B/P	Obszar działalności	Miara oszczędności energii	Potencjał	B+R T/N	Opis uwarunkowań związanych z wdrożeniem miary oszczędności energii	O/T	Koszt	Okres zwrotu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Pszonica

Materiał siewny	P	1	wysokojakościowy materiał siewny	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	T	4	3
Wapń	P	2	stosowanie nawozów wapniowych stosownie do jakości gleby i wymagań rośliny	2	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Potas	P	2	stosowanie nawozów potasowych stosownie do zasobności gleby w potas i z uwzględnieniem pobrania przez rośliny	2	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Fosfor	P	2	stosowanie nawozów fosforowych stosownie do zasobności gleby w fosfor i z uwzględnieniem pobrania przez rośliny	3	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Siarka	P	2	stosowanie nawozów wapniowych stosownie do jakości gleby i wymagań rośliny	1	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Azot	P	1,3	podział dawki azotu	5	T	analiza zawartości makro- i mikrośladników – rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Azot	P	2	lepszą gospodarką nawożenia azotem	4	T	rolnictwo precyzyjne; właściwy płodozmian	0	2	2
Nawozy	P	1	zwiększenie wykorzystania nawozów organicznych	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z pozostawieniem 30% resztek poźniowych)	0	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	0	1	2
Nawozy	P	1	zmniejszone zużycie nawozów mineralnych	5	T	nawożenie zintegrowane	0	1	2
Fungicydy	P	1,2	zmniejszone zużycie fungicydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmianowanie; odmiany	0	1	2
Herbicydy	P	1,2	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmianowanie; odmiany	0	1	2
Zużycie ON	B	1	dopasowanie mocy ciągników i innych maszyn do rodzaju prac polowych	4	T	właściwa moc ciągników i maszyn	0	3	2
Zużycie ON	B	1	uprawa zerowa	3	T	nowe technologie produkcji z uprawą zerową; stosowanie właściwych urządzeń	0	3	2
Zużycie ON	B	1	racjonalizacja transportu	3	T	łączenie prac uprawowych	0	3	2
Zużycie ON	B	1	uproszczona uprawa roli	5	T	nowe technologie produkcji z ograniczoną uprawą roli; stosowanie właściwych urządzeń	0	3	2
Ograniczanie strat	P	1	ograniczenie strat w trakcie wegetacji roślin, podczas sprętu i magazynowania	3	N	działania organizacyjne (np. odpowiednia temperatura suszenia)	0	4	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie energii	B	4,6	wykorzystanie resztek poźniwnych do wytwarzania energii (np. do suszenia ziarna)	2	T	oszczędzanie zużycia energii poprzez jej wytwarzanie na farmie	P	3	3
Efektywne mikro-organizmy	P	1	stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	O	1	2
Nawozy wg płodozmianu	P	4	właściwe zmianowanie – mniejsze zużycie nawozów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z pozostawieniem 30% resztek poźniwnych)	O	2	2

#### Burak cukrowy

Nasiona	I	1	wysokojakościowe nasiona	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	T	4	3
Potas	I	1	dawkowanie nawozów potasowych zgodnie z pobraniem przez rośliny	2	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Fosfor	I	1	dawkowanie nawozów fosforowych zgodnie z pobraniem przez rośliny	3	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Nawozy	I	1	dawkowanie nawozów zgodnie z pobraniem przez rośliny	1	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	1	2
Azot	I	1	podział dawek nawozów azotowych	4	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Azot	I	1	efektywne stosowanie i wykorzystywanie azotu	4	T	rolnictwo precyzyjne; właściwe zmianowanie	O	2	2
Azot	I	1	usprawnienie gospodarki nawozowej	4	T	rolnictwo precyzyjne	O	1	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nawozy	I	1	zwiększone wykorzystanie nawozów organicznych	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z pozostawieniem 30% resztek poźniwnych)	0	1	2
Nawozy	I	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	0	1	2
Nawozy	I	1	zmniejszone zużycie nawozów mineralnych	5	T	nawożenie zintegrowane	0	1	2
Pestycydy	I	1	zmniejszone zużycie pestycydów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; właściwe zmiernowanie; odmiany	0	1	2
Zużycie ON	D	1	dopasowanie mocy ciągników i innych maszyn do prac polowych	4	T	adekwatna moc ciągników i maszyn	0	2	2
Zużycie ON	D	1	racjonalizacja transportu	4	T	łączenie prac uprawowych	0	2	2
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	5	T	nowe technologie produkcji z uproszczoną uprawą; stosowanie właściwych maszyn i urządzeń	0	3	2
Zużycie ON	B	6	używanie urządzeń do załadunku i transportu buraków o mocy dostosowanej do ładunku	5	T	odpowiednia moc urządzeń do załadunku i ciągników/ciężarówek	0	2	2
Aktywne mikroorganizmy	P	1	stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	0	1	2
Nawozy wg płodozmiannu	P	4	właściwe zmiernowanie – mniejsze zużycie nawozów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z zostawieniem 30% resztek poźniwnych)	0	2	2



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ziemniak</b>									
Sadzeniak	P	1	wysokojakościowe sadzeniaki	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	T	4	3
Nawozy	P	1	nawożenie upraw zgodnie z pobraniem przez rośliny	2	T	rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Nawozy	P	1	dawkowanie nawozów zgodnie z pobraniem przez rośliny	3	T	rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Azot	P	1	podział dawki azotu	4	T	rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Nawozy	P	1	efektywne stosowanie nawozów i ich wykorzystanie	4	T	rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Nawozy	P	1	lepsza gospodarka nawozowa	4	T	rolnictwo precyzyjne	O	1	2
Nawozy	P	1	zwiększone użycie nawozów organicznych	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z zostawieniem 30% resztek poźniowych)	O	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawozów wieloskładnikowych	4	T	nowe wydajniejsze formy nawozów wieloskładnikowych	O	1	2
Nawozy	P	1	zmniejszone zużycie nawozów mineralnych	5	T	nawożenie zintegrowane	O	1	2
Pestycydy	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów	3	T	rolnictwo zintegrowane	O	1	2
Pestycydy	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów	3	T	właściwy płodozmian	O	1	2
Pestycydy	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów	3	T	nowe odmiany	O	1	2
Zużycie ON	B	1	dopasowanie mocy ciągników i maszyn do prac polowych	4	T	zastosowanie właściwej mocy ciągników i maszyn	O	4	2
Zużycie ON	B	1	racjonalizacja transportu	3	T	łączenie prac polowych	O	4	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	5	T	nowe technologie produkcji z uprawą uproszczoną; stosowanie właściwych urządzeń	O	4	2
Sortowanie	B	1	efektywne sortowanie bulw ziemniaka	2	T	stosowanie energooszczędnych sposobów sortowania	O	2	2
Magazynewanie	B	5,6	oszczędności energii w przechowywaniu	2	T	oszczędności przez produkcję energii w gospodarstwie	O	2	2
Efektywne mikro-organizmy	P	1	stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	O	1	2
Nawożenie w relacji do zmianowania roślin	P	4	właściwe zmianowanie – ograniczenie zużycia nawozów	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (z pozostawieniem 30% resztek poźniowych)	O	2	2

### Krowy mleczne

Pasze	P	1	poprawa wartości paszowej	5	T	modyfikacja technologii produkcji pasz, przygotowania i dozowania paszy	O	4	2
Dodatki paszowe	P	1	poprawa wartości paszowej	4	T	stosowanie pasz wielokładnikowych o wysokim wskaźniku strawności	O	4	1
Zużycie ON	B	1,4	racjonalizacja transportu	4	T	lepsza organizacja transportu pasz, przygotowania i dozowania; wyposażenie w nowy energooszczędny sprzęt	O	4	2
Zużycie energii	B	6	wydajny system pompowania	3	T	modernizacja systemu pompowania	O	3	1
Zużycie energii	B	6	odzysk ciepła ze schładzania mleka	3	T	wymiennik ciepła	O	4	1
Budynki	B	6	nowe systemy wentylacji	3	T	modernizacja wentylacji – nowe, energooszczędne wentylatory plus wentylacja grawitacyjna	O	3	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Leki i usługi weterynaryjne	P	1	nowe leki i terapie	3	T	stosowanie nowych skutecznych leków i zabiegów	T	4	3

#### Trzoda chlewna

Pasze	P	1	poprawa wartości paszowej	5	T	modyfikacja technologii produkcji pasz, przygotowania i zadawania	O	4	2
Dodatki paszowe	P	1	poprawa wartości paszowej	4	T	stosowanie pasz wieloskładnikowych o wysokim wskaźniku strawności	O	3	1
Zużycie ON	B	1,4	racjonalizacja transportu	4	T	lepsza organizacja transportu pasz, przygotowania i dozowania; wyposażenie w nowy sprzęt	O	4	2
Zużycie energii	B	6	wydajny system pompowania	3	T	modernizacja systemu pompowania	O	3	1
Budynki	B	6	nowe systemy wentylacji	4	T	modernizacja wentylacji – nowe, energooszczędne wentylatory plus wentylacja grawitacyjna	O	3	1
Zużycie energii	B	6	wytwarzanie ciepła z pozostałości poprodukcyjnych w gospodarstwie	3	T	produkcja ciepła z własnych źródeł w wysokowydajnych kotłach	O	4	2
Leki i usługi weterynaryjne	P	1	nowe leki i terapie	4	T	stosowanie nowych leków o większej skuteczności	T		3

## Raport 6: Miary oszczędności energii z podziałem na kategorie w głównych sektorach produkcji rolniczej w Portugalii

Autorzy: Fátima Baptista, Luís Leopoldo Silva, Dina Murcho, José Rafael Silva, José Oliveira Peça, João Serrano – Uniwersytet w Evorze

Nakład energetyczny	B/P	Obszar działalności	Miara oszczędności energii	Potencjał	B+R T/N	Opis uwarunkowań związanych z wdrożeniem miary oszczędności energii	O/T	Koszt	Okres zwrotu
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### Pszonica

Material siewny	P	1	wysokojakościowy materiał siewny	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	O	1	1
Fosfor	P	1	dawkowanie nawozów fosforowych zgodnie z pobraniem przez rośliny	4	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Potas	P	1	dawkowanie nawozów potasowych zgodnie z pobraniem przez rośliny	4	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Azot	P	1	podział dawki azotu	4	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Azot	P	1	efektywne stosowanie nawozów i ich użytkowanie	4	T	rolnictwo precyzyjne; właściwy płodozmian	O	2	3
Azot	P	1	usprawniona gospodarka nawozowa	4	T	rolnictwo precyzyjne	O	2	3
Nawozy	P	1	zwiększone wykorzystanie nawozów organicznych	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; uprawa konserwująca (pozostawienie 30% resztek poźniwnych)	O	2	3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pesticyd	P	1	zmniejszone zużycie pestycydów	2	T	rolnictwo zintegrowane, właściwy plodowzrost, nowe odmiany	O	1	2
Nawadnianie	P	1	gospodarowanie zużyciem wody	3	T	usprawnienie procesu produkcji	O	2	2
Zużycie ON	B	1	właściwa moc ciągników i innych maszyn do prac polowych	4	T	właściwa moc ciągników i maszyn	O	3	4
Zużycie ON	B	1	uprawa zerowa	5	T	nowe technologie produkcji z uprawą zerową; zastosowanie właściwych maszyn	O	2	4
Zużycie ON	B	1	racjonalizacja transportu	3	T	połączenie prac uprawowych	O	2	4
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	5	T	nowe technologie produkcji z uprawą uproszczoną; stosowanie właściwych urządzeń	O	2	4

### Ślonecznik

Nasiona	I	1	wysokojakościowe nasiona	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	O	1	1
Herbicydy	I	1	zmniejszone zużycie herbicydów	2	T	system produkcji organicznej lub zintegrowanej; właściwe zmianowanie roślin, nowe odmiany	O	1	1
Zużycie ON	B	1	właściwa moc ciągników i innych maszyn do prac polowych	5	T	właściwa moc ciągników i maszyn	O	3	3
Zużycie ON	B	1	uprawa zerowa	5	T	nowe technologie produkcji z uprawą zerową; stosowanie właściwych urządzeń	O	2	2
Zużycie ON	B	1	racjonalizacja transportu	5	T	połączone prace uprawowe	O	2	2
Zużycie ON	B	1	uprawa uproszczona	5	T	nowe technologie produkcji z uprawą uproszczoną; stosowanie właściwych urządzeń	O	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Pomidor</b>									
Nasiona	P	1	wysokojakościowe nasiona	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	O	1	1
Fosfor	P	1	dawkowanie nawozów fosforowych zgodnie z pobraniem przez rośliny	3	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników	O	1	1
Potas	P	1	dawkowanie nawozów potasowych zgodnie z pobraniem przez rośliny	3	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników	O	1	1
Azot	P	1	efektywne stosowanie i wykorzystanie azotu	3	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników	O	1	1
Pestycydy	P	1	stosowanie efektywnych mikroorganizmów/owadów	3	T	rolnictwo zintegrowane	P	1	1
Fungicydy	P	1	zmniejszone zużycie fungicydów	2	T	rolnictwo zintegrowane	O	1	1
Herbicydy	P	1	zmniejszone zużycie herbicydów	3	T	rolnictwo zintegrowane	O	1	1
Insektycydy	P	1	zmniejszone zużycie insektycydów	4	T	rolnictwo zintegrowane	O	1	1
Nematocydy	P	1	zmniejszone zużycie nematocydów	3	T	rolnictwo zintegrowane	O	1	1
Nawadnianie	P	1	zarządzanie zużyciem wody	4	T	system recyklingu	O	1	1
Podłoże	P	1	wydłużenie czasu przechowywania	4	T	badania nad trwałością przechowywania	O	1	1
Budynki	B	3	zmniejszone zużycie pestycydów, nawozów, wody do nawadniania	4	T	systemy kontroli środowiska uprawy	O	2	2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

### Winorośl

Material nasadzeniowy	P	1	wysokojakościowy materiał nasadzeniowy	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	0	1	2
Nawozy	P	1	stosowanie nawożenia zgodnie z pobraniem przez rośliny	3	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Fosfor	P	1	dawkowanie nawozów fosforowych zgodnie z pobraniem przez rośliny	3	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Potas	P	1	dawkowanie nawozów potasowych zgodnie z pobraniem przez rośliny	3	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Azot	P	1	podział dawki azotu	4	T	analiza zawartości makro- i mikroskładników – rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Nawozy	P	1	efektywne stosowanie i wykorzystanie nawozów	4	T	rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Azot	P	1	efektywne stosowanie i wykorzystanie azotu	4	T	rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Azot	P	1	usprawnienie gospodarki azotem	1	T	rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Nawozy	P	1	usprawnienie gospodarki nawozowej – wydajne stosowanie i wykorzystanie	1	T	rolnictwo precyzyjne	0	2	2
Nawozy	P	1	zwiększone zużycie nawozów organicznych	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; ochrona przyrody	0	1	1
Zużycie ON	B	1	właściwa moc ciągników i innych maszyn do prac polowych	4	T	właściwa moc ciągników	0	1	1
Zużycie ON	B	1	racjonalizacja transportu	4	T	łączenie prac uprawowych	0	1	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fungicydy	P	1	zmnieszone zuzycie fungicydow	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	O	1	1
Herbicydy	P	1	zmnieszone zuzycie herbicydow	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	O	1	1
Insektycydy	P	1	zmnieszone zuzycie insektycydow	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	O	1	1
Pestycydy	P	1	zmnieszone zuzycie pestycydow	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane	O	1	1

### Oliwka

Nasiona	P	1	wysokojakosciowe nasiona	4	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian	O	1	2
Fosfor	P	1	dawkowanie nawozow fosforowych zgodnie z pobraniem przez rosliny	3	T	analiza zawartosci makro- i mikroskladnikow - rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Potas	P	1	dawkowanie nawozow potasowych zgodnie z pobraniem przez rosliny	2	T	analiza zawartosci makro- i mikroskladnikow - rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Azot	P	1	podzial dawki azotu	4	T	analiza zawartosci makro- i mikroskladnikow - rolnictwo precyzyjne	O	2	2
Fungicydy	P	1	zmnieszone zuzycie fungicydow	4	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; odmiany	O	1	1
Herbicydy	P	1	zmnieszone zuzycie herbicydow	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; odmiany	O	1	1
Insektycydy	P	1	zmnieszone zuzycie insektycydow	3	T	rolnictwo ekologiczne lub zintegrowane; odmiany	O	1	1
Zuzycie ON	B	1	wlasciwa moc ciagnikow i innych maszyn do prac polowych	4	T	wlasciwa moc ciagnikow i maszyn	O	1	1



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

### Krowy mleczne

Pasze	P	1	wysokojaściowe suszone zielonki	3	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian pastewnych	O	1	1
Pasze	P	1	wysokojaściowe pasze	4	T	pasze kompletne	O	1	1
Pasze	P	1	wysokojaściowe koncentraty paszowe	4	T	pasze kompletne	O	1	1
Pasze	P	1	wysokojaściowe zielonki i kiszonki	3	T	nowe programy hodowlane w kierunku nowych odmian pastewnych	O	1	1
Zużycie wody	P	1	zarządzanie wodą	2	T	nowe systemy recyklingu wody do mycia	O	2	2
Zużycie ON	B	1	właściwa moc ciągników i innych maszyn do prac polowych	4	T	właściwa moc ciągników, maszyn i urządzeń	O	1	1
Zużycie energii	B	6	odpowiednia wielkość urządzeń do udoju	3	T	badania rynku	O	1	1

### Trzoda chlewna

Pasze	P	1	wysokojaściowe pasze treściwe	4	T	pasze kompletne	O	1	1
Zużycie wody	P	1	zarządzanie wodą	1	T	recykling wody do mycia	O	2	2
Budynki	B	6	usprawniona termoizolacja	3	T	dobra izolacja termiczna	O	2	1
Trzoda chlewna									
Pasze	P	1	wysokojaściowe pasze	3	T	pasze kompletne	O	1	1
Pasze	P	1	wysokojaściowe koncentraty paszowe	5	T	pasze kompletne	O	1	1
Zużycie wody	P	1	zarządzanie wodą	1	T	recykling wody do mycia urządzeń	O	2	2
Zużycie ON	B	1	właściwa moc ciągników i urządzeń	2	T	właściwa moc ciągników i urządzeń	O	1	1
Budynki	B	6	usprawniona termoizolacja	3	T	dobra izolacja termiczna	O	2	1



# Analiza ekonomiczna i środowiskowa miar efektywności energetycznej w rolnictwie – studium przypadków i efekty alternatywne

Andreas Meyer-Aurich, Hasan Jubaer, Lukas Scholz, Thomas Ziegler	Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim
Tommy Dalgaard	Aarhus University
Hannu Yli-Kojola, Jussi Esala, Hannu Mikkola, Mari Rajaniemi, Tapani Jokiniemi, Jukka Ahokas	University of Helsinki
Janusz Gołaszewski, Mariusz Stolarski, Zbigniew Brodziński, Ryszard Myhan, Ewelina Olba-Zięty	University of Warmia and Mazury
Chris de Visser, Marcel van der Voort, Cecilia Stanghellini, Hilko Ellen, Arie Klop, Harm Wemmenhove	Wageningen UR
Fátima Baptista, Dina Murcho, Luis Leopoldo Silva, Jose Rafael Silva, José Oliveira Peça, Mário Louro, Carlos Marques	University of Evora
Antonis Mistriotis, Athanasios Balafoutis, Panagiotis Panagakis, Demetres Briassoulis	Agricultural University of Athens

## Streszczenie

Poniższe opracowanie jest efektem współpracy między partnerami realizującymi projekt „AgrEE: Agriculture and Energy Efficiency”, w części „Economic and Environmental Analysis”, powstałym w oparciu o studia przypadków budowania efektywności energetycznej, prowadzone przez partnerów projektu w siedmiu krajach Unii Europejskiej. Studia przypadków prezentują zróżnicowane geograficznie analizy energetyczne, ekonomiczne i środowiskowe w kontekście kosztów alternatywnych (trade-off). Opracowanie poszczególnych

przypadków poprzedziła intensywna dyskusja mająca na celu uzgodnienie podejścia metodycznego, które ostatecznie wykorzystano w badaniach. Pomimo faktu, iż prezentowane studia przypadków przedstawiają bardzo zróżnicowane miary efektywności energetycznej w rolnictwie poszczególnych krajów Europy, to wszystkie analizowane przypadki podlegały identycznej procedurze analitycznej przedstawionej w Podrozdziale 5.3.

Podrozdział 5.4 zawiera studia przypadków związane z poprawą efektywności energetycznej w poszczególnych krajach Unii Europejskiej, łącznie z syntetycznym podsumowaniem po analizie każdego systemu produkcji.

Podrozdział 5.5 zawiera wnioski i eksponuje najważniejsze osiągnięcia z przeprowadzonych badań.

Prezentowane wyniki badań stanowią rozwinięcie wcześniejszych prac, ujętych w raportach konsorcjum AgrEE dotyczących „State-of-the-art on energy efficiency in Europe” (Gołaszewski i in. 2012), gdzie przedstawiono *status quo* wykorzystania energii w produkcji rolniczej, oraz miary oszczędności energii o potencjale implementacji w różnych systemach produkcji rolniczej i w różnych krajach Europy (Gołaszewski i in. 2012a). Przedstawiono analizę energetyczną, ekonomiczną i środowiskową związaną z zastosowaniem konkretnych miar oszczędności energii oraz wskazano na ograniczenia działań energooszczędnych w związku ze specyficznymi uwarunkowaniami środowiskowymi produkcji rolniczej w różnych regionach geograficznych Europy.

## Lista akronimów

AgrEE	Agriculture and Energy Efficiency	rolnictwo i efektywność energetyczna
AMS	Automatic Milking System	automatyczny system udoju
CAP	Common Agricultural Policy	Wspólna Polityka Rolna
CFD	Computational Fluid Dynamics	obliczeniowa mechanika płynów
CHP	Combined Heat and Power	jednostka kogeneracji energii – jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła
CTF	Controlled Traffic Farming	ścieżki technologiczne/ przejazdowe
CVT	Continuously Variable Transmission	bezstopniowa skrzynia biegów
DE	Germany	Niemcy
EE	Energy Efficiency	efektywność energetyczna
EL	Greece	Grecja
EM	Effective Microorganisms	efektywne mikroorganizmy

ENGAGE	European Network for Advanced Engineering in Agriculture and Environment	sieć współpracy instytucji badawczych w obszarach rolnictwa, biosystemów i inżynierii środowiskowej
EurAgEng	European Society of Agricultural Engineers	Europejskie Stowarzyszenie Inżynierów Rolnictwa
FI	Finland	Finlandia
GHG	Greenhouse Gases	gazy cieplarniane
GPS	Global Positioning System	globalny system pozycjonowania
GNSS	Global Navigation Satellite System	globalny system nawigacji satelitarnej
HDPE	High-Density PolyEthylene	polietylen o dużej gęstości
ICT	Information and Communication Technology	teleinformatyka
ISO	International Organization for Standardization	międzynarodowa organizacja standaryzacyjna
K	Potassium	potas
KBBE	Knowledge-Based Bio-Economy	biogospodarka oparta na wiedzy
LDPE	Low-Density PolyEthylene	polietylen o niskiej gęstości
N	Nitrogen	azot
NE	Northeast	północny wschód
NL	Netherlands	Holandia
NPK	Nitrogen-Phosphorus-Potassium	azot-fosfor-potas
NW	Northwest	północny zachód
P	Phosphorus	fosfor
PAR	Photosynthetically Active Radiation	promieniowanie czynne fotosyntetycznie
PDO	Protected Designation of Origin	oznaczenia pochodzenia geograficznego produktów rolnych w Unii Europejskiej
PEC	Primary Energy Consumption	konsumpcja energii pierwotnej
PL	Poland	Polska
PP	Polypropylene	polipropylen
PRODER	Programa de Desenvolvimento Rural	program rozwoju obszarów wiejskich w Portugalii
PT	Portugal	Portugalia
PTO	Power-Take-Off	wał odbioru mocy
SCAR	Standing Committee on Agricultural Research	Stały Komitet ds. Badań Naukowych w Rolnictwie przy Unii Europejskiej

SE	Southeast	południowy wschód
SPEC	Specific Primary Energy Consumption	specyficzne zużycie energii pierwotnej
SW	Southwest	południowy zachód
TMR	Total Mixed Ration	pasza pełnoskładnikowa
UAA	Utilized Agricultural Area	użytki rolne

### Jednostki:

°C	degree Celsius	stopnie Celsjusza
% w/v	mass concentration (mass/volume mass in g in 100 ml solution)	koncentracja masy (masa/objętość ≈ masa w g w 100 ml roztworu)
CO <sub>2</sub> e	equivalent carbon dioxide	ekwiwalent dwutlenku węgla
EUR or €	Euro	Euro
h	hour	godzina
ha	hectare = 10 000 m <sup>2</sup>	hektar = 10 000 m <sup>2</sup>
hp	horse power = 746 W	konie mechaniczne = 746 W
g	gram = 10 <sup>-3</sup> kg	gram = 10 <sup>-3</sup> kg
GJ	gigajoule = 10 <sup>9</sup> J	giga dżul = 10 <sup>9</sup> J
J	joule	dżul
K	Kelvin	Kelvin
kg	kilogram	kilogram
kWh	kilowatt hour = 3.6 MJ	kilowatogodzina = 3.6 MJ
L	litre = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>	litr = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
LU	livestock unit	duża jednostka przeliczeniowa
m	meter	metr
ml	milliliter = 10 <sup>-3</sup> L	mililitr = 10 <sup>-3</sup> L
MJ	megajoule = 10 <sup>6</sup> J	mega dżul = 10 <sup>6</sup> J
mg	milligram	miligram
PJ	petajoule = 10 <sup>15</sup> J	peta dżul = 10 <sup>15</sup> J
PLN	Polish Złoty	złoty polski
RPM	revolutions per minute	obrotów na minutę
t	metric ton = 1000 kg	tona metryczna = 1000 kg
W	watt	wat
y	year	rok

## 5.1. Wstęp

Jak dotychczas problematyka poprawy efektywności energetycznej<sup>30</sup> w rolnictwie europejskim nie była szczególnie eksponowana, z wyjątkiem programów redukcji nakładów energetycznych na produkcję szklarniową rozwijanych w niektórych krajach Unii Europejskiej. Mimo tego, ograniczenie zużycia energii w rolnictwie, szczególnie w zakresie pośrednich nakładów energetycznych staje się ważnym elementem polityki efektywności energetycznej całej gospodarki. Projekt AgrEE (Rolnictwo i Efektywność Energetyczna) miał na celu wskazanie potencjału możliwości oszczędności energii w relatywnie krótkim czasie oraz w dłuższej perspektywie czasowej. W założeniach integralną częścią analizy energetycznej jest analiza efektów środowiskowych wynikających z ograniczenia bezpośrednich i pośrednich nakładów energetycznych, gdyż poprawa efektywności energetycznej oznacza ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na jednostkę produkcji. Potencjał oszczędności energii w rolnictwie wynika z warunków rolno-środowiskowych produkcji, a szczególnie klimatu, dlatego też w projekcie AgrEE przedstawiono przykłady systemów produkcji rolniczej w Europie południowo-wschodniej, południowo-zachodniej, północno-wschodniej i północno-zachodniej. Dane świadczące o potencjale oszczędności energii przełożone na efekty ekonomiczne i środowiskowe w poszczególnych krajach zostały następnie transponowane na poziom ponad krajowy w celu identyfikacji zakresu współpracy międzynarodowej i poprawienia efektu uczenia się w kontekście implementacji efektywności energetycznej<sup>31</sup>. W projekcie AgrEE zakłada się aktywny udział różnych podmiotów z dwóch powodów. Po pierwsze, instytucje i osoby prawne mające wpływ na budowanie polityki efektywności energetycznej poprzez zaangażowane w opracowywanie ram współpracy, a następnie wdrażanie działań energooszczędnych w praktyce. Ponadto, raporty AgrEE wymagają merytorycznej i wszechstronnej oceny efektywności energetycznej przez wiele podmiotów rynku, aby określić takie ramy działań, które będą odzwierciedlały rzeczywiste potrzeby i możliwości praktyki rolniczej.

W celu skutecznej implementacji działań energooszczędnych w praktyce rolniczej w ramach projektu AgrEE podjęto współpracę z europejską siecią ENGAGE skupiającą instytucje badawcze zajmujące się inżynierią rolniczą, biosystemową oraz środowiskową oraz z siecią EurAgEng, stanowiącą Europejskie Stowarzyszenie Inżynierów Rolnictwa. Ponadto, w ramach projektu AgrEE

---

<sup>30</sup> Technicznie rzecz ujmując, efektywność energetyczna oznacza mniejsze nakłady energii przy zachowaniu ekwiwalentnego poziomu nakładów ekonomicznych na daną działalność lub usługę; z kolei oszczędność energii jest pojęciem, które dodatkowo zawiera efekt mniejszego zużycia energii poprzez zmianę behawioralną lub ograniczenie aktywności gospodarczej. W praktyce, trudno jest rozdzielić te dwa pojęcia, dlatego często są używane zamiennie (Energy Efficiency Plan 2011. Brussels, 8.3.2011, COM(2011) 109 final).

<sup>31</sup> Krzywa uczenia jest empiryczną metodą analizy efektu uczenia się wskutek zmian technologii.

podjęto współpracę z Grupą Roboczą UE „Agriculture & Energy”, która funkcjonowała w ramach Stałego komitetu ds. Badań w Rolnictwie (SCAR) przy Dyrektoriacie Generalnym ds. Badań i Innowacji Komisji Europejskiej (DG R & I) a także z siecią ekspertów działających pod szyldem Biogospodarki Opartej na Wiedzy (KBBE). Wymienione gremia gwarantują merytoryczną opinię, co oznacza, że raport AgrEE powinien wskazać jednoznacznie wartość dodaną z racji badań naukowych nad efektywnością energetyczną.

Poniżej przedstawiono wybrane studia przypadków budowania efektywności energetycznej w różnych krajach Unii Europejskiej, które zawierają pogłębioną analizę interakcji między miarami efektywności energetycznej a ekonomiką produkcji rolniczej i oddziaływaniami środowiskowymi. W opracowaniu rozwija się wcześniejsze tezy konsorcjum AgrEE postawione w analizie state-of-the-art efektywności energetycznej w Europie (Gołaszewski i in. 2012). W odniesieniu do każdego z omawianych przypadków przedstawiono wyniki analizy w kontekście kosztów alternatywnych (trade-off) oraz podejścia wygrany-wygrany (win-win). W wymiarze europejskim oszacowano wpływ implementacji określonych miar oszczędności energii na efekty energetyczne, ekonomiczne oraz emisję gazów cieplarnianych. Prezentowane studia przypadków dotyczą produkcji rolniczej prowadzonej w hipotetycznym gospodarstwie o przeciętnej wielkości, w którym implementowano określone miary oszczędności energii. Oszacowano i przedstawiono wpływ określonych działań energooszczędnych na ekonomikę gospodarstwa, zużycie energii, wydajność energetyczną oraz emisję gazów cieplarnianych. Podejście metodyczne przyjęte w niniejszej pracy umożliwia wgląd w złożoność procesu poprawy efektywności energetycznej.

## 5.2. Miary efektywności energetycznej w rolnictwie

Zużycie energii można ograniczyć poprzez zmniejszenie nakładów energetycznych. Jednakże, poprawa efektywności energetycznej jest możliwa do osiągnięcia tylko wówczas, gdy zostanie ograniczony nakład energetyczny na jednostkę wytworzonej produkcji. Zatem, poprawa efektywności energetycznej może być osiągnięta zarówno przy zwiększonych, jak i zmniejszonych nakładach energii, w zależności od relacji między nakładem a efektem produkcyjnym. Ogólnie, poprawa efektywności energetycznej jest możliwa dzięki usprawnieniom w technologii produkcji, przy czym także prosta adjustacja poziomu nakładów energetycznych do danego systemu produkcji rolniczej sprzyja poprawie efektywności energetycznej. Miary efektywności energetycznej w rolnictwie można pogrupować w siedmiu klastrach według technologii produkcji do której dana miara jest adresowana.



### **5.2.1. Uproszczona uprawa roli i system sterowania ruchem maszyn rolniczych (Controlled Traffic Farming CTF)**

Uproszczona uprawa roli w systemach produkcji roślinnej jest rozwiązaniem skutecznie ograniczającym nakłady energii. W tym systemie produkcji zużycie paliwa jest mniejsze, co oznacza redukcję emisji gazów cieplarnianych i niższe koszty produkcyjne. Dodatkowo, do ograniczania efektu cieplarnianego może przyczyniać się efekt sekwestracji węgla w glebie. Z drugiej strony, w określonych warunkach glebowo-klimatycznych uproszczona uprawa roli może modyfikować plonowanie roślin i w rezultacie neutralizować wymienione pozytywy takiej uprawy. Każdy indywidualny przypadek oszczędności energetycznej w produkcji rolniczej jest specyficzny w kontekście uwarunkowań regionalnych, czego dowodzą prezentowane studia przypadków. Korzystanie z technik rolnictwa precyzyjnego, zwłaszcza zastosowanie odbiorników GNSS z kinematyką czasu rzeczywistego<sup>32</sup> do autosterowania ciągnikami po ustalonych trasach przejazdowych (CTF). Systemy sterowania ruchem maszyn rolniczych, powszechnie stosowane w Australii i coraz bardziej popularne w Europie, odnoszą się przede wszystkim do rozwiązań technicznych wpływających korzystnie na jakość gleby, ale także umożliwiają ograniczanie zużycia paliwa o około 20% i zwiększenie plonów dzięki zmniejszeniu ugniatania gleby i roślin przez maszyny rolnicze. To z kolei przekłada się na mniejsze zużycie energii na uprawę mniej zagęszczonej gleby, a w dłuższym okresie czasu pozwala korzeniom roślin sięgać głębiej po składniki odżywcze i wodę (Tullberg i in. 2007; Tinker i in. 2010).

### **5.2.2. Waloryzacja strumienia odpadów i produktów ubocznych**

Wykorzystanie odpadów i produktów ubocznych w systemach produkcji rolniczej do wytworzenia materiałów energetycznych, chemicznych i innych może przyczynić się do efektywniejszego wykorzystania energii w rolnictwie. Strumienie zagospodarowania pozostałości z produkcji mogą być znacznie zróżnicowane, np. słoma może być wykorzystana do generacji energii lub do produkcji obornika w produkcji zwierzęcej, który następnie może być wykorzystany do produkcji biogazu. Kolejna opcja może polegać na bezpośrednim wykorzystaniu słomy do produkcji różnego rodzaju produktów nieżywnościowych. Cechą wspólną wszystkich strumieni waloryzacyjnych odpadów i pro-

---

<sup>32</sup> GNSS-RTK – Global Navigation Satellite System Real Time Kinematic.

duktów ubocznych jest fakt, iż dodatkowo wytworzone dobra, takie jak energia, chemikalia i materiały eliminują zużycie energii w innych łańcuchach produkcyjnych, co z kolei przekłada się na uniknięte niekorzystne oddziaływania środowiskowe w analizie cyklu życia produktów. Jednakże, uniknięte oddziaływania środowiskowe wynikające z waloryzacji danego strumienia odpadów nie powinny dotyczyć tych samych odpadów w referencyjnym systemie produkcji, co oznacza, że wartość tych odpadów należy uwzględnić w referencyjnym systemie produkcji. Na przykład, stosowanie obornika jako nawozu nie może być traktowane jako działanie energooszczędne, gdyż obornik jest naturalnie wykorzystywany w nawożeniu roślin. W Unii Europejskiej obowiązuje szereg regulacji prawnych związanych z nawożeniem (np. Dyrektywa Azotanowa), które gwarantują kontrolowane stosowanie obornika na polu, i w szczególności określają maksymalne dawki nawozu na jeden hektar. Zatem, samo nawożenie obornikiem nie może być uznane za działanie energooszczędne, natomiast działanie w kierunku efektywniejszego wykorzystania obornika przez rośliny może znacznie przyczynić się do poprawy efektywności energetycznej, gdyż w takim przypadku mniejsze zużycie nawozów mineralnych implikuje mniejsze zużycie energii na produkcję nawozów, a ponadto można oczekiwać korzystnych efektów środowiskowych wskutek redukcji zrzuć biogenów do środowiska.

### **5.2.3. Miary oszczędności energii w procesach magazynowania, suszenia, wentylacji i chłodzenia płodów rolnych**

Procesy technologiczne po sprzęcie roślin związane z magazynowaniem, suszeniem, wentylacją i chłodzeniem mają zasadniczy wpływ na zużycie energii w rolnictwie. Typowym procesem konserwacji i utrzymania wysokiej jakości surowców rolniczych, np. ziarna pszenicy, nasion słonecznika lub zielonki jest suszenie. Jest to jednocześnie proces najbardziej energochłonny, gdyż zazwyczaj wymaga odparowania dużej ilości wody z powodu wysokiej wilgotności zebranych płodów. W suszarnictwie produktów lub surowców roślinnych zazwyczaj istotne są łagodne procesy suszenia w niezbyt wysokich temperaturach. Z kolei, niektóre suszarnie lub magazyny, np. do przechowywania ziemniaków lub cebuli, wymagają prostych systemów wentylacji, które bez dodatkowych nakładów energii cieplnej gwarantują utrzymanie produktu lub surowca w optymalnej wilgotności uniemożliwiającej rozwój mikroorganizmów chorobotwórczych. Jednakże, w większości przypadków utrzymanie optymalnych warunków wilgotnościowych wymaga zazwyczaj znacznych ilości energii elektrycznej do zasilania wentylatorów.

Identyfikacja i wdrażanie rozwiązań energooszczędnych w suszarnictwie i chłodnictwie płodów rolnych wymaga podejścia procesowego. Zwiększenie równomierności suszenia poprzez zoptymalizowanie parametrów suszarni, zminimalizowanie strat ciepła, zmaksymalizowanie odzysku energii łącznie z zastosowaniem pomp ciepła, oraz optymalizacja procesu sterowania przekładają się na szereg rozwiązań prowadzących do poprawy efektywności energetycznej procesów przechowywania. Efekty oszczędności energii można wyrazić w postaci ilorazu specyficznej konsumpcji energii pierwotnej przypadającej na jednostkę odparowanej wilgoci. Wartość ilorazu jest znacznie zróżnicowana w zależności od rodzaju procesu suszenia (np. typu ciągłego lub wsadowego), wymiarów suszarni, rodzaju suszonego produktu/surowca, początkowej wilgotności, warunków meteorologicznych podczas sprzętu, a także czasu eksploatacji sprzętu. W Europie występują istotne różnice w tym zakresie pomiędzy krajami. Etapy obróbki produktów rolnych po zbiorach nie zawsze mają miejsce w samym gospodarstwie. Na przykład w Niemczech lub w Polsce suszenie często odbywa się bezpośrednio w gospodarstwie, gdyż w ten sposób można uzyskać wyższą cenę produktu na rynku. Natomiast w Holandii preferowane jest zlecenie podmiotom zewnętrznym usługi suszenia. Jeśli magazynowanie, suszenie i inne procesy posprzętne nie są wykonywane w gospodarstwie, to potencjalne miary oszczędności energii w odniesieniu do tych procesów nie mają wpływu na bilans energetyczny gospodarstwa. Niemniej jednak, usługi zewnętrzne są istotne z punktu widzenia usługodawców, którzy mogą implementować różne działania energooszczędne i przez to mieć realny wpływ na obniżenie zużycia energii w kontekście ogólnego bilansu energetycznego danej produkcji rolniczej.

#### 5.2.4. Systemy nawadniania

Pompowanie wody do nawadniania pól może mieć istotny wpływ na zużycie energii. Innowacyjne technologie nawadniania efektywnie gospodarują wodą i tym samym umożliwiają mniejsze zużycie energii w przeliczeniu na jednostkę nawadnianej uprawy. Technologie te powinny być dostosowane do specyfiki danej produkcji, co oznacza, że nie mogą być bezpośrednio transponowane na inne uprawy. W prezentowanych studiach przypadków przedstawiono różne sposoby prowadzenia nawodnień adekwatne dla różnych upraw. Można przyjąć, że racjonalne systemy nawadniania przekładają się na pozytywne efekty środowiskowe poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych wskutek oszczędności w zużyciu paliw. Co więcej, różne systemy nawadniania poprzez efekty interakcyjne mogą mieć wpływ na emisję tlenu diazotu ( $N_2O$ ).

### **5.2.5. Gospodarka nawozowa (mniejsze dawki, rolnictwo precyzyjne)**

Pośrednie nakłady energetyczne związane z zużyciem nawozów mineralnych stanowią od 30 do 50% całkowitego zużycia energii w rolnictwie. Dlatego też, wszelkie działania poprawiające efektywność wykorzystania nawozów przez rośliny mają zasadniczy wpływ na efektywność energetyczną produkcji. Przykładowo, większą skuteczność nawożenia można uzyskać poprzez zastosowanie technik rolnictwa precyzyjnego. Jednak, różne technologie prezentują odmienny potencjał, który w każdym przypadku należy analizować odrębnie.

Ograniczenie nawożenia mineralnego zmniejsza zużycie energii, ale także i plony, co może prowadzić do pogorszenia efektywności energetycznej. Tego rodzaju alternatywne efekty wymagają szczególnej analizy i poszukiwania właściwej relacji między redukcją nawożenia a optymalnym poziomem zużycia energii.

### **5.2.6. Budynki (lekka konstrukcja, izolacja)**

Materiały i konstrukcja budynków w rolnictwie przyczyniają się pośrednio do efektywności zużycia energii, przez koszt energii zawarty w materiałach, łącznie z materiałami izolacyjnymi (które powodują zmniejszone zapotrzebowanie na energię bezpośrednią). Choć można osiągnąć istotne oszczędności energii stosując lekkie konstrukcje budynków, to takie zyski trzeba amortyzować przez cały okres użytkowania budynku. Izolacja budynku natomiast daje bezpośrednie oszczędności roczne w przypadku Europy Północnej. W krajach śródziemnomorskich, budynki można wznosić w technologii lekkiej konstrukcji, gdyż niewielka potrzeba ogrzewania występuje jedynie przez krótki okres roku.

### **5.2.7. Usprawnianie efektywności energetycznej w systemach produkcji zwierzęcej**

W systemach produkcji zwierzęcej efektywność energetyczna może być do pewnego stopnia poprawiona poprzez zwiększenie wydajności produkcji, np. zwiększenie produkcji mleka, mięsa lub jaj w przeliczeniu na jedno zwierzę. Kraatz (2012) wykazał, że zmiana diety w żywieniu krów mlecznych może ograniczyć zużycie energii z 2,1 MJ kg<sup>-1</sup> do 1.7 MJ kg<sup>-1</sup> mleka wynikające ze zwiększenia wydajności jednostkowej krów z 4000 kg do 8000 kg mleka rocznie. W produkcji bydła mlecznego zwiększona efektywność energetyczna

wiąże się przede wszystkim z redukcją nakładów energetycznych na odchów cieląt potrzebnych do zachowania stada. Jednakże, zwiększanie mleczości krów nie musi przekładać się na mniejsze zużycie energii na produkcję 1 kg mleka, gdyż wysoki koszt pasz treściwych może nie być zrekompensowany przez ograniczone koszty energii na odchów cieląt.

### **5.3. Metodyka analizy miar oszczędności energii w kontekście poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie oraz powiązania z ekonomiką produkcji i oddziaływaniem na środowisko**

Poprawa efektywności energetycznej wiąże się z mniejszym zużyciem energii na wyprodukowanie takiej samej ilości produktu rolniczego. Na analizę ekonomicznych i środowiskowych kosztów alternatywnych produkcji (trade-off) składa się ocena wpływu miar oszczędności energii na bezpośrednie i pośrednie zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych oraz ekonomikę produkcji. Badanie zużycia energii oraz efektów ekonomicznych i środowiskowych opiera się na analizie typu „od kołyski do bramy gospodarstwa” (cradle-to-farm-gate) i uwzględnia wszystkie koszty produkcji oraz emisje związane z wytworzeniem danego produktu rolniczego, zgodnie z normą ISO 14040. Jest to procedura przyjęta w projekcie AgrEE. Kalkulacje kosztów opierają się na uwarunkowaniach ekonomicznych produkcji w analizowanych krajach, podczas gdy zużycie energii i oszacowania emisji gazów cieplarnianych, gdy tylko to było możliwe, określano według standardowego podejścia metodycznego.

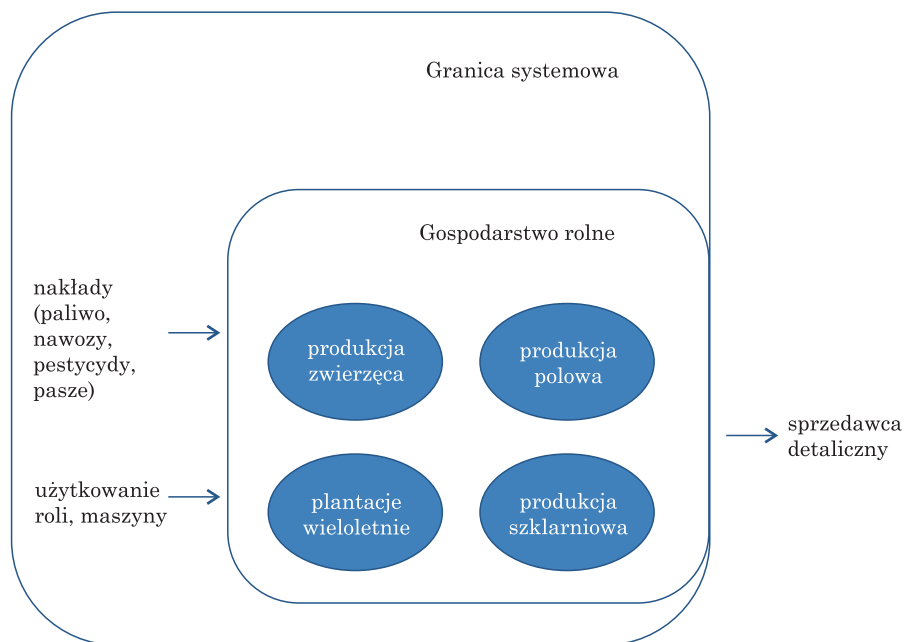
#### **5.3.1. Modelowanie systemów rolniczych w ocenie kosztów alternatywnych w analizowanych studiach przypadków**

Alternatywne koszty związane z oszczędnością energii, emisją gazów cieplarnianych i ekonomiką gospodarstwa po implementacji odpowiednich miar efektywności energetycznej modelowano w arkuszach obliczeniowych. Skonstruowano cztery szablony modeli umożliwiające szacowanie wpływu miar oszczędności energii na poziomie gospodarstwa w odniesieniu do systemów produkcji roślinnej, zwierzęcej, szklarniowej i upraw wieloletnich. Gospodarstwa zdefiniowano jako typowe dla danej produkcji, dlatego też wirtualne farmy utworzone w poszczególnych krajach reprezentują zgeneralizowane warunki

produkcyjne. Taka procedura umożliwiła uzyskanie wyników o uśrednionej i wskaźnikowej wartości. Obliczenia miały charakter teoretyczny i nie były związane z konkretną działalnością produkcyjną, przy czym ceny, nakłady i plony odzwierciedlały średnie wartości w danym kraju.

W zakresie każdej produkcji rolniczej, dla wybranych przypadków, budowano modele, w których zakładano uwarunkowania produkcyjne typowe dla danego kraju. Zamiast modelowania wyłącznie konkretnej produkcji, wpisano ją w ramy działalności produkcyjnej całego gospodarstwa analizując powiązane koszty i oszczędność energii, koszty ekonomiczne oraz emisję gazów cieplarnianych.

W celu uzyskania wyników porównywalnych w skali Europy, wybrano jednakową granicę dla procesów produkcji rolniczej we wszystkich ocenach ekonomicznych i środowiskowych. W analizie zysków i strat z tytułu implementacji określonej miary oszczędności energii jako granicę przyjęto bramę gospodarstwa (Rys. 32). W niektórych krajach pewne procesy produkcyjne dokonują się w obrębie gospodarstwa, podczas gdy w innych krajach te same procesy mogą być realizowane poza granicami gospodarstwa. Przykładowo, w produkcji pszenicy proces suszenia nie został uwzględniony w przypadku gospodarstw holenderskich, ale został ujęty w gospodarstwach niemieckich. Warto zaznaczyć, iż celem opracowania nie jest porównywanie różnych państw, ale rozpoznanie potencjalnych efektów działań energooszczędnych na poziomie gospodarstwa.



Rys. 32. Granice systemu produkcji rolniczej w ocenie energetycznej, ekonomicznej i środowiskowej

### 5.3.2. Oceny oszczędności energii i redukcji emisji gazów cieplarnianych w powiązaniu z miarami oszczędności energii

Obliczenia oszczędności energii i emisji gazów cieplarnianych w powiązaniu z miarami efektywności energetycznej wykorzystują dane z raportu „State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture” opublikowanego na stronie internetowej AgrEE<sup>33</sup> (Gołaszewski i in. 2012) oraz zostały poszerzone o kwestię emisji gazów cieplarnianych. Z reguły, o ile nie zaznaczono inaczej, dane do przeliczeń pochodziły z bazy danych Biograce (www.biograce.net).

### 5.3.3. Oceny oszczędności kosztów w powiązaniu z miarami oszczędności energii

Podstawą ocen ekonomicznych były nakłady produkcyjne wyliczone według utworzonych modeli gospodarstw. Ponadto, koszty stałe przypisano według szacunkowego okresu użytkowania sprzętu rolniczego. Ceny środków produkcji i maszyn (koszty zmienne) pochodziły z danych krajowych i zostały scharakteryzowane w analizowanych studiach przypadków.

## 5.4. Studia przypadków

Studia przypadków prowadzone w różnych krajach europejskich obejmowały analizę miar oszczędności energii w interakcji z ekonomiką działalności

Tabela 43. Sektory produkcji rolniczej ujęte w studiach przypadków w czterech regionach Europy

Sektory produkcji	Regiony			
	SW (PT)	SE (EL)	NW (DE, NL)	NE (PL, FI)
Produkcja roślinna, polowa	pszenica	bawełna, pszenica	pszenica, burak cukrowy (NL),	pszenica
Produkcja mleczarska	bydło mleczne		bydło mleczne (NL)	bydło mleczne
Produkcja mięsa wieprzowego, drobiowego	trzoda chlewna, broilery		trzoda chlewna, broilery (NL)	trzoda chlewna (FI), brojlery
Produkcja szklarniowa	pomidor	systemy produkcji szklarniowej	pomidor, ogórek, papryka (NL)	
Uprawy wieloletnie	oliwka, winorośl	oliwka, winorośl	winorośl (DE)	

<sup>33</sup> www.AgrEE.aua.gr

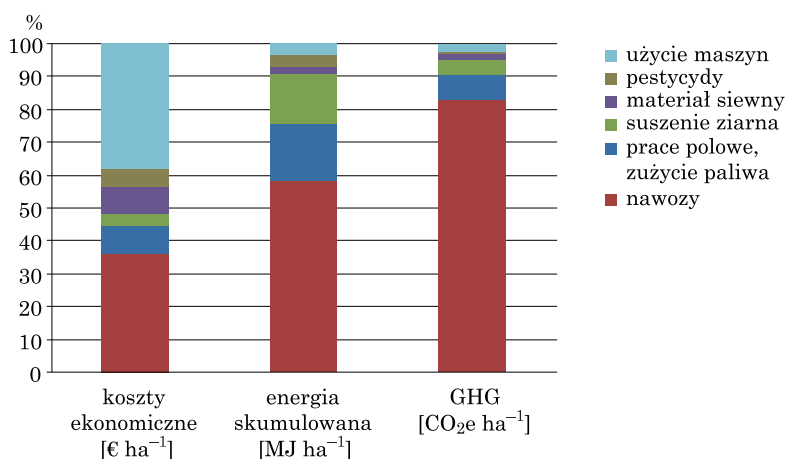
gospodarstwa i oddziaływania na środowisko. Badania miały na celu rozpoznanie potencjalnych możliwości oszczędności energii w produkcji rolniczej, a także ewentualnych ograniczeń i zagrożeń związanych z implementacją poszczególnych miar efektywności energetycznej w Europie. Sektory produkcji roślinnej i zwierzęcej poddane analizie przedstawiono w tabeli 43.

## 5.4.1. Studium przypadków – połowa produkcja roślinna

### 5.4.1.1. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy w Niemczech

Autorzy: Andreas Meyer-Aurich, Thomas Ziegler, Hasan Jubaer, Lukas Scholz, Tommy Dalgaard

Dane statystyczne odnośnie do produkcji pszenicy w Niemczech przedstawiono w trzech wariantach (niskie, średnie i wysokie zużycie energii) w raporcie „State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture”, na stronie internetowej AgrEE (Gołaszewski i in. 2012). Najwyższe nakłady energetyczne w typowej produkcji pszenicy w Niemczech wynikają ze stosowania nawozów mineralnych i suszenia ziarna; kolejne to użycie paliw (Rys. 33).



Rys. 33. Procentowy udział środków produkcji oraz nakładów w produkcji pszenicy w ujęciu ekonomicznym, energetycznym i emisji gazów cieplarnianych

Bezpośrednie nakłady energetyczne w produkcji pszenicy stanowią około 1/3 całkowitego zużycia energii; pozostałe nakłady energetyczne wynikają z pośredniego zużycia energii, które w bilansach statystycznych jest z reguły kwalifikowane jako zużycie poza sektorem rolnictwa (przemysł). Mimo tego, z uwagi na



fakt ich wykorzystania w produkcji rolniczej pośrednie nakłady energetyczne powinny być uwzględnione w szacunkach potencjalnych źródeł oszczędności energii w rolnictwie.

Implikacje związane ze wdrażaniem miar oszczędności energii na poszczególnych etapach procesu produkcyjnego są różne. Przykładowo, usprawnienie systemów suszenia ziarna pszenicy najczęściej wymaga dużych nakładów inwestycyjnych, z kolei ograniczone stosowanie nawozów mineralnych nie wymaga inwestycji, o ile nie łączy się ze stosowaniem takich rozwiązań technicznych jak rolnictwo precyzyjne. Poza tym, niższe niż optymalne dawki nawozów implikują ryzyko większych kosztów alternatywnych w postaci niższych plonów, podczas gdy rolnictwo precyzyjne, a szczególnie stosowanie precyzyjnie określonych dawek nawozów w konkretnych miejscach na polu, może poprawić efektywność energetyczną bez ograniczenia plonów.

### **Inwestycje w systemy suszenia ziarna**

W celu wdrożenia właściwych rozwiązań energooszczędnych w systemach suszenia ziarna, istotne jest rozpoznanie głównych powodów niskiej efektywności. Do podstawowych czynników powodujących zmienne specyficzne zużycie energii podczas suszenia ziarna pszenicy zaliczyć należy rodzaj procesu suszenia (ciągły lub wsadowy), kubatura i czas eksploatacji suszarni, wyjściowy poziom wilgotności ziarna oraz warunki pogodowe.

Do suszenia pszenicy stosuje się kilka rodzajów suszarni. Większość z nich jest dobrze znana, a ich wykorzystywanie mocno ugruntowane w praktyce. Jednakże, nie wszystkie suszarnie zaprojektowano lub są eksploatowane w sposób sprzyjający oszczędności energii. Przykładowo, w niewłaściwie zaprojektowanej suszarni ziarno jest suszone niejednorodnie, co powoduje wysokie zużycie energii. Dlatego też, jednym z najważniejszych mierników efektywności energetycznej jest stosowanie w praktyce takich projektów suszarni, które są optymalizowane pod kątem zużycia energii.

Kolejną miarą do wdrożenia na poziomie gospodarstwa, która nie wymaga znaczących wydatków inwestycyjnych, jest usprawnienie posiadanych urządzeń suszarniczych dzięki adaptacji modułu sterującego umożliwiającego optymalne zużycie energii. Na przykład, zoptymalizowany system kontroli przebiegu procesu może wyraźnie zmniejszyć specyficzne zużycie energii.

Znaczna ilość energii marnuje się podczas suszenia ziarna pszenicy tylko i wyłącznie dlatego, że system nie jest właściwie użytkowany. Poza stratami ciepła powodowanymi słabą izolacją termiczną lub jej brakiem, z reguły brak jest systemu odzysku ciepła z zużytego powietrza, co przekłada się na dodatkowe zużycie energii. A zatem, maksymalny odzysk ciepła, np. za pomocą pomp ciepła,

oraz minimalizowanie strat ciepła przez lepszą izolację są niezbędne do osiągnięcia poprawy efektywności energetycznej.

### **Rolnictwo precyzyjne**

Rolnictwo precyzyjne jest działaniem energooszczędnym polegającym na dokładnej aplikacji środków produkcji i minimalizacji strat składników pokarmowych. Dla zilustrowania tego zagadnienia, podano przykład z niemieckiego studium przypadku, gdzie w gospodarstwie dokonano dużych inwestycji w zakresie rolnictwa precyzyjnego, dzięki czemu ograniczono stosowanie nawozów i jednocześnie zwiększono plony (Meyer-Aurich i in. 2008).

### **Ograniczone nawożenie azotem**

Ograniczone nawożenie azotem może okazać się działaniem skutecznym w ograniczaniu nakładów energetycznych na 1 ha. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, iż przy stosowaniu dawek innych niż optymalne także plony mogą ulec zmianie; generalnie, zmniejszenie dawki nawozu może oznaczać redukcję plonów. Wpływ ograniczonego nawożenia azotem na plonowanie badali Meyer-Aurich i in. (2011), a uzyskane wyniki wykorzystali do ilustracji kosztów alternatywnych związanych z redukcją nakładów na nawożenie w różnych systemach zmianowania roślin.

### **Względny wkład różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużycie energii, koszty produkcji oraz emisję gazów cieplarnianych**

Różne nakłady produkcyjne i etapy procesu produkcyjnego w różnym stopniu determinują relacje między kosztami całkowitymi produkcji, zużyciem energii pierwotnej oraz emisją gazów cieplarnianych. Oznacza to, że niewielkie zmiany w relacjach między nakładami i w przebiegu procesu produkcyjnego mogą powodować marginalne zmiany w kosztach produkcji ale mieć duży wpływ na zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Na przykład, suszenie ziarna ma względnie mały udział w całkowitych kosztach ekonomicznych produkcji pszenicy, ale jednocześnie implikuje duże zużycie energii. I odwrotnie, koszty produkcyjne związane z wykorzystaniem sprzętu są dużo wyższe aniżeli zużycie energii lub emisje gazów cieplarnianych.

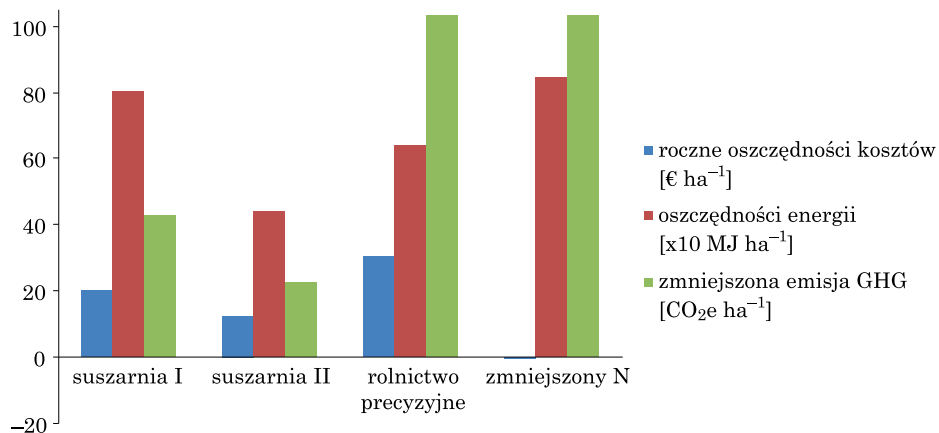
## Wpływ różnych miar oszczędności energii na ekonomikę produkcji i środowisko

Przeprowadzone analizy przypadków wykazały, że wszystkie proponowane działania energooszczędne przyczyniły się do oszczędności energii oraz mniejszej emisji gazów cieplarnianych, zawierając się w zakresach od 2,3% do 4,4% całkowitego zużycia energii oraz od 1,3% do 5,9% emisji gazów cieplarnianych (Tabela 44). Oszczędności kosztów wyniosły od 1,3% do 3,2% w przypadku wszystkich działań energooszczędnych, z wyjątkiem miary związanej z ograniczonym stosowaniem nawozów azotowych. W tym przypadku udział kosztów związanych z nawożeniem azotowym był niewielki, gdyż zastosowana dawka nawozu była poniżej dawki optymalnej ekonomicznie.

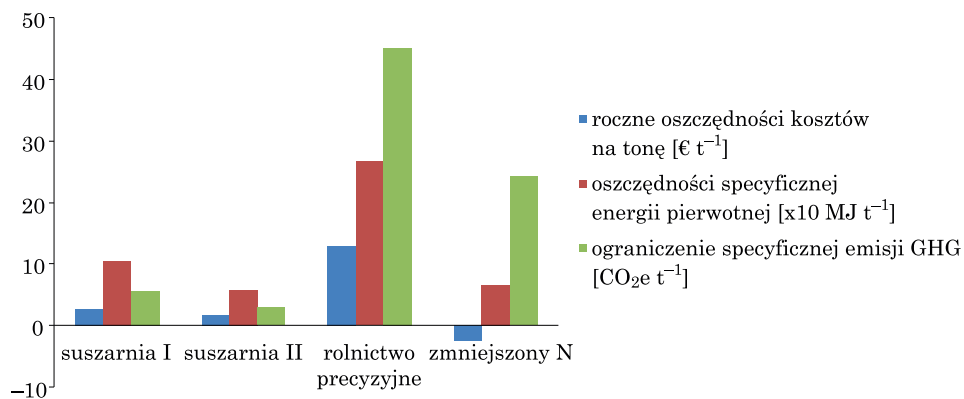
Tabela 44. Koszty roczne, konsumpcja energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych a miary efektywności energetycznej w produkcji pszenicy

Miara oszczędności energii	Koszt roczny		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Wariant podstawowy	952	100,0	19 260	100,0	1722	100,0
Suszarnia I (nowa, optymalne rozwiązanie projektowe)	932	97,9	18 459	95,8	1679	97,5
Suszarnia II (optymalizacja istniejącej suszarni)	939	98,7	18 820	97,7	1699	98,7
Rolnictwo precyzyjne	921	96,8	18 620	96,7	1661	96,4
Ograniczenie nawożenia azotem	952	100,1	18 414	95,6	1621	94,1

Podczas gdy miary oszczędności energii związane z dawką stosowanego nawożenia azotem mają silny wpływ na emisję gazów cieplarnianych, to usprawniony proces suszenia ma istotny wpływ na większe zużycie energii ale relatywnie mniejszy na emisję gazów cieplarnianych (Rys. 34). Porównując różne rozwiązania poprawiające efektywność energetyczną z rolnictwem precyzyjnym należy zwrócić uwagę na fakt, iż efekty ekonomiczne i środowiskowe stają się bardziej ewidentne jeśli są powiązane z uzyskanymi plonami (w przeliczeniu na tonę ziarna) (Rys. 35). Wynika to z zakładanego efektu rolnictwa precyzyjnego – wyższych plonów. Jako, że ograniczenie nawożenia azotem przekłada się na niższe plony, efekty środowiskowe są mniej ewidentne przy ich przeliczeniu na tonę produktu, podczas gdy efekty ekonomiczne stają się bardziej wyraźne. Jednakże, stosowanie nawożenia azotem mniejszego o 10% w stosunku do dawek optymalnych nie ma większego wpływu na bilans nakładów energetycznych na 1 tonę ziarna, aczkolwiek przy bardziej drastycznym ograniczeniu nawożenia azotem występują ujemne wartości oszczędności energii.



Rys. 34. Wpływ różnych miar oszczędności energii na oszczędność kosztów, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 hektar



Rys. 35. Wpływ różnych miar oszczędności energii na oszczędność kosztów, zużycie energii i emisję GHG w przeliczeniu na 1 tonę

Wszystkie miary oszczędności energii, których implementacja wymagała nakładów inwestycyjnych wykazały dodatnie roczne przepływy pieniężne, wskazując tym samym ich dochodowość. To zagadnienie wymaga jednak dalszych badań, łącznie z analizą wrażliwości, w celu całościowej analizy inwestycji.

## Wnioski

Wprowadzenie rolnictwa precyzyjnego, przy ograniczonym stosowaniu nawozów oraz usprawnione technologie suszenia okazały się działaniami energooszczędnymi, które poprawiają efektywność energetyczną produkcji pszenicy.

Podczas gdy rolnictwo precyzyjne i usprawnione technologie suszenia ziarna wymagają nakładów inwestycyjnych, to zmniejszenie poziomu nawożenia można zrealizować bez dodatkowych wydatków (choć na poziomie gospodarstwa potrzebny jest dokładny monitoring stosowania nawozów i ich wpływu na plony, tak aby miara związana z ograniczeniem nawożenia była ekonomicznie optymalna). Mimo, iż polityka środowiskowa mająca na celu ograniczenie zanieczyszczeń związanych z reaktywnymi formami azotu została już wprowadzona, to bieżąca polityka nie podejmuje w ten sam sposób problemów związanych z zużyciem energii i emisją gazów cieplarnianych (Häussermann & Dohler 2010). Oddziaływania środowiskowe związane ze wszystkimi analizowanymi miarami oszczędności energii są porównywalne, bez wyraźnej dominacji efektów zastosowania jednej miary nad inną. Jednak ograniczenie nawożenia azotem łączy się ze stratą ekonomiczną. Dlatego też, jest mało prawdopodobne, aby ta miara mogła być szeroko wdrażana w praktyce rolniczej, o ile obligacja do takich działań nie będzie wynikała z określonych programów środowiskowych. Jednak, biorąc pod uwagę bieżącą politykę zorientowaną na zrównoważoną produkcję żywności w skali świata oraz prace nad Wspólną Polityką Rolną w Unii Europejskiej, to aktualnie działania energooszczędne związane z ograniczaniem nawożenia roślin nie wydają się być priorytetowe. Działania omawiane w tym studium przypadku są ściśle związane z procesem produkcji ziarna pszenicy i nie uwzględniają złożonych współzależności istotnych w kontekście płodozmianu, a które mogą mieć duży wpływ na efektywność energetyczną, szczególnie wówczas, gdy w zmianowaniu występują rośliny strączkowe.

#### **5.4.1.2. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy w Finlandii**

Autorzy: Hannu Yli-Kojola, Jussi Esala, Hannu Mikkola, Mari Rajaniemi, Tapani Jokiniemi, Jukka Ahokas

Pszenica jest rośliną uprawianą w całej Europie, dlatego została wybrana do badań studialnych przez sześć krajów w ramach konsorcjum AgrEE. Choć jęczmień i owies są ważniejszymi roślinami zbożowymi w Finlandii, uprawianymi na większym areale (w 2010 roku jęczmień: 448 000 ha, owies: 296 000 ha, pszenica: 214 000 ha; Źródło: Ośrodek Informacyjny Ministerstwa Rolnictwa i Leśnictwa 2011). Jęczmień i owies są lepiej przystosowane do krótkiego okresu wegetacyjnego w Finlandii. Z uwagi na wymagany dłuższy okres wegetacyjny i wyższe temperatury wzrostu i rozwoju roślin, ryzyko wystąpienia niekorzystnego dla pszenicy sezonu wegetacyjnego na północy Finlandii jest wyższe niż w przypadku jęczmienia lub owsa. Tradycyjny ciąg zabiegów uprawowych pszenicy zaczyna się od orki jako główny zabieg agrotechniczny w uprawie roli

pod pszenicę. Po niej następują inne zabiegi uprawowe, siew i jednocześnie nawożenie, zabiegi ochrony roślin, żniwa i suszenie ziarna.

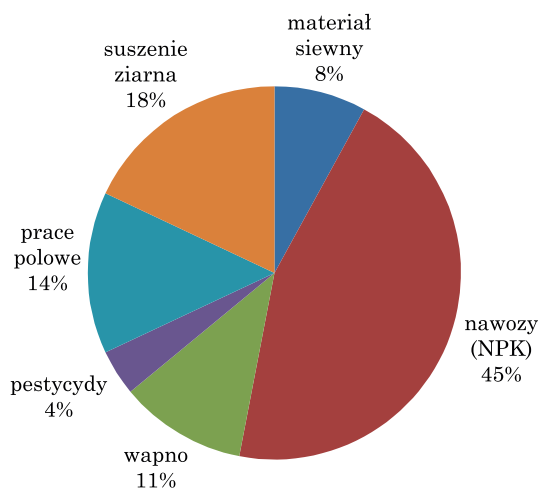
Łączny siew i nawożenie (co drugi rząd na głębokość 6-8 cm) jest to zabieg uprawowy specyficzny dla krajów skandynawskich; rozwiązanie, które wpływa pozytywnie na wzrost roślin zbożowych i oleistych. Poprawia pobór azotu, ogranicza zachwaszczenie, obniża wilgotność ziarna w okresie zbiorów i zwiększa plony (Kara i Räisänen 1976; Esala i Larpes 1986a; Esala i Larpes 1986b; Rasmussen i in. 1996; Rees i in. 1997). Ta metoda jest stosowana na szeroką skalę i nie może być uznana za innowacyjną miarę oszczędności energii. W uprawach roślin zbożowych farmerzy również preferują kultywatorowanie ścierniska i siewy bezpośrednie w glebę aniżeli zaorywanie pól. Oba rozwiązania zmniejszają zużycie paliwa (Danfors 1988), ale jeśli plony są takie same jak w technologii uprawy z orką, to w pierwszym przypadku efektywność energetyczna jest większa.

W warunkach skandynawskich konieczne jest dosuszanie ziarna. W Finlandii, wieloletnie dane wskazują, że wilgotność ziarna w momencie zbioru jest na poziomie: jęczmień 18,8%, owies 18,5%, pszenica jara 20,5%, pszenica ozima 21,0%, i żyto 23,1% (Sieviläinen 2008). W praktyce, ziarno zbóż trzeba dosuszać każdego roku. Ziarno można przechowywać wykorzystując inne technologie niż suszenie, np. zakiszanie, z dodatkiem kwasu propionowego, lub konserwowanie bez dostępu powietrza. Jednak głównie stosowane jest suszenie (90% zbiorów ziarna, wg. Suomi i in. 2003) ponieważ jest to odpowiednia metoda w przechowywaniu zbóż przeznaczonych na spożycie, do celów przemysłowych lub na eksport. Część zbiorów (powyżej 60% według Suomi i in. 2003) jest przeznaczona na paszę dla zwierząt i w tym przypadku możliwe jest przechowywanie w stanie świeżym, bez suszenia (Siljander-Rasi i in. 2000). Wpływ metod przechowywania świeżego ziarna na efektywność energetyczną i wyniki ekonomiczne omówiono w podrozdziałach poświęconych studiom przypadków w produkcji mleka, wędzliny i brojlerów.

### **Zużycie energii i oszczędności w produkcji pszenicy**

Rozkład zużycia energii w uprawie pszenicy w Finlandii zaprezentowano na rysunku 36. Głównym nakładem produkcyjnym są nawozy, które mogą stanowić atrakcyjny cel działań energooszczędnych. Są potencjalne miary ograniczające nakłady na nawożenie azotem poprzez właściwe zmianowanie, w tym uwzględniające rośliny strączkowe. Pewien potencjał oszczędności energii ma ograniczenie nawożenia fosforem lub potasem dzięki poprawieniu wskaźników wykorzystania składników pokarmowych roślin z gleby. Jednak zmiany w płodozmianie wymagałyby także zmian na rynku produktów rolnych. Powinno istnieć do-

stateczne zapotrzebowanie na produkty roślinne inne niż zbożowe przy racjonalnym poziomie cen. Jedną z możliwości jest wprowadzanie do zmianowania uprawy roślin na nawóz zielony lub uprawa międzyplonów pomiędzy roślinami towarowymi. Takie rozwiązania powinny być ekonomiczne konkurencyjne w stosunku do nawożenia mineralnego. Zmiany w sposobie zmianowania oraz ich wpływ na rynek rolny są relatywnie trudne do przewidzenia, stąd też w tym studium przypadku poddano analizie suszenie ziarna i zużycie paliwa na zabiegi uprawowe. Stanowią one drugi i trzeci pod względem wielkości strumień nakładów energii w uprawie pszenicy.



Rys. 36. Rozkład nakładów energii na produkcję pszenicy w Finlandii w systemie średnio intensywnym. Całkowity nakład energii: 12,3 GJ ha<sup>-1</sup>

Suszenie ziarna jest drugim co do wielkości nakładem energetycznym w produkcji pszenicy w Finlandii. Można zaoszczędzić 10-20% energii dzięki izolacji termicznej rozgrzanych metalowych powierzchni urządzeń suszarniczych (Ahokas and Koivisto 1983). Izolacja termiczna w żaden sposób nie utrudnia korzystania z suszarni; jest to relatywnie mała inwestycja, którą farmer może wykonać samodzielnie, co może stanowić atrakcyjny sposób zainwestowania w poprawę efektywności energetycznej. Oszczędność energii można także osiągnąć ograniczając suszenie ziarna nocą. Wpływ temperatury na zdolność utrzymywania wody w powietrzu można odczytać z wykresu Moliera<sup>34</sup>. Ogrzewanie zwiększa absolutną zdolność utrzymywania wody przy wyższej niż przy niższej

<sup>34</sup> Wykres Moliera – związany z termodynamiką atmosfery; warunkuje m.in. dobór urządzeń wykorzystywanych w wentylacji oraz klimatyzacji.

temperaturze. Dlatego, z punktu widzenia oszczędności energii, wskazane jest używanie do suszenia ziarna powietrza o jak najwyższej temperaturze, oczywiście przestrzegając zasad bezpieczeństwa przeciwpożarowego oraz wpływu wysokich temperatur na jakość ziarna. Temperatura powietrza nocą jest o 5-10°C niższa niż w ciągu dnia. Uwzględnienie tych uwarunkowań mogłoby przełożyć się na oszczędność energii w zakresie od 5% do 20%. Odzysk ciepła z wylotu urządzeń suszarniczych jest możliwy technicznie, ale aktualnie nieekonomiczny z powodu zbyt wysokich kosztów inwestycyjnych.

Jedną z propozycji, jak zmniejszyć zużycie oleju napędowego w produkcji rolniczej, jest szkolenie farmerów w zakresie ekonomicznego użytkowania ciągników. Zakłada się, że takie szkolenie miałyby podobny wpływ na zużycie paliwa, jak nauka ekonomicznej jazdy kierowców samochodów. Dodatkowo zakłada się, że stała informacja o bieżącym zużyciu paliwa ( $L ha^{-1}$ ) ułatwiałaby traktorzystom jazdę ekonomiczną.

Powyższe miary oszczędności energii są postrzegane jako praktyczne i stosunkowo łatwe do bezpośredniego wdrożenia. Szacuje się, że każda z nich ma potencjał obniżenia zapotrzebowania na energię w produkcji pszenicy, a gdyby zostały wdrożone wspólnie, to można oczekiwać oszczędności energii na poziomie 10% w grupie bezpośrednich nakładów energetycznych i 3% całkowitych nakładów energetycznych na produkcję pszenicy.

### **Izolacja termiczna suszarni ziarna**

W Finlandii typowe suszarnie ziarna mają kształt silosów i wykorzystują gorące powietrze. Ziarno jest suszone we wsadach o objętości 10-70 m<sup>3</sup>. Ziarno krąży w suszarni w trakcie suszenia i z reguły kilkakrotnie przechodzi przez segment wstępnego czyszczenia, gdzie odrzucane są pyły, śmieci, nasiona chwastów oraz ziarno lekkie, złej jakości. Suszarnie w trybie pracy ciągłym nie są popularne z uwagi na brak ciągłości dostaw zboża z powodu niepewnych warunków pogodowych w trakcie zbiorów oraz trudności z dosuszeniem bardzo mokrego ziarna. Temperatura powietrza wprowadzanego wynosi 60-80°C, w zależności od wilgotności ziarna. Jest niższa, jeśli ziarno jest bardziej wilgotne, gdyż wysoka temperatura może ograniczyć zdolność ziarna do kiełkowania. Ziarno przeznaczone na paszę dla zwierząt może być suszone powietrzem o temperaturze 100°C i wyższej (Suomi i in. 2003).

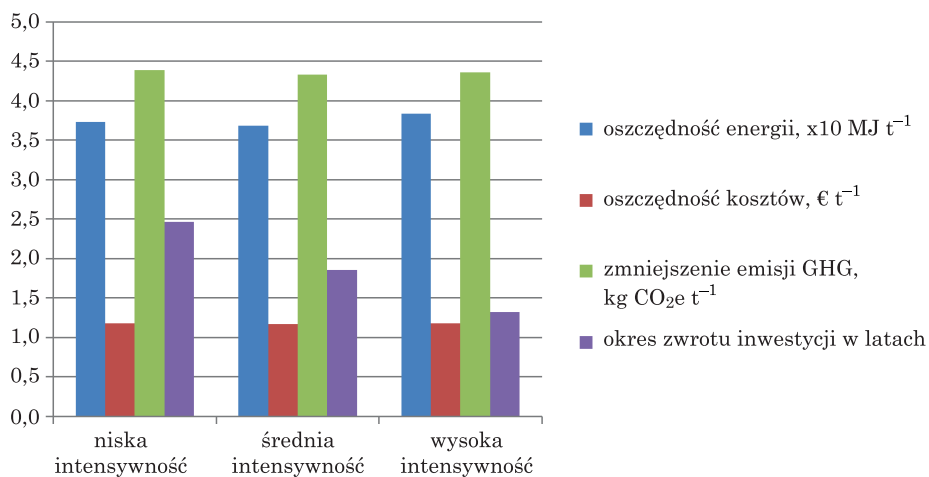
Z powodu wysokiej temperatury powietrza wpływającego do suszarni, wszystkie jej metalowe powierzchnie są gorące. Nieizolowane powierzchnie mogą prowadzić do utraty znacznej ilości energii (Ahokas and Koivisto 1983). Izolacja termiczna może zostać wykonana w prosty sposób, polegający na zamontowaniu warstwy izolacyjnej na grzanej powierzchni suszarni oraz wokół przewodów



prowadzących gorące powietrze z kotła do suszarni. Jedynie przewody doprowadzające powietrze powinny być izolowane; wylot powietrza można pozostawić bez izolacji.

Na wykonanie izolacji termicznej suszarni o pojemności 30 m<sup>3</sup> ziarna potrzeba 40 m<sup>2</sup> folii poliuretanowej. Jej cena rynkowa wynosi 800 € (40 m<sup>2</sup> x 20 € m<sup>-2</sup> = 800 €). Koszt zamontowania wynosi 200 € (10 h x 20 € h<sup>-1</sup>). Okres amortyzacji wynosi w przybliżeniu 15 lat. Szacowane oszczędności wynoszą 10% paliwa zużytego na suszenie ziarna.

Na rysunku 37 przedstawiono oszczędność energii w MJ t<sup>-1</sup> i koszt implementacji tej miary oszczędności w € t<sup>-1</sup>, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w CO<sub>2</sub>e t<sup>-1</sup>, oraz okres zwrotu w latach w przypadku gospodarstwa o powierzchni 120 ha. Intensywność uprawy nie miała wpływu na powyższe wskaźniki. Okres zwrotu inwestycji wyniósł 1,3-1,5 roku. Obliczenia wykonane na mniejszym obszarze uprawy wskazały na okres zwrotu poniżej 10 lat, nawet w przypadku gospodarstwa o powierzchni 30 ha. Roczny stopa zwrotu inwestycji była wyższa niż koszty roczne, i w efekcie koszt redukcji emisji gazów cieplarnianych był ujemny w zakresie od -172 € kg<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>e do -634 € kg<sup>-1</sup> CO<sub>2</sub>e.



Rys. 37. Wpływ izolacji termicznej suszarni na oszczędność kosztów, zużycie energii, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i okres zwrotu inwestycji w gospodarstwie o powierzchni 120 ha. Analizowano niski, średni i wysoki poziom intensywności produkcji

Temperatura powietrza w trakcie suszenia powinna być stała. Jeśli temperatura powietrza atmosferycznego spadnie, wówczas potrzeba więcej energii na podgrzewanie powietrza do suszenia. Na przykład, jeśli temperatura suszenia wynosi 70°C, a temperatura na zewnątrz w ciągu dnia wynosi 15°C, to temperaturę powietrza należy ustawić na 55°C. W nocy temperatura otoczenia może wynieść 5°C, więc konieczne jest podwyższenie temperatury suszenia do 65°C,

czyli nakład energetyczny jest większy o 18%. W trakcie szczytu żniwnego nie zawsze jest możliwe suszenie ziarna wyłącznie w ciągu dnia, ponieważ pojemność suszarni w wielu przypadkach jest ograniczeniem dla intensywnej podaży ziarna, więc suszarnia musi pracować przez całą dobę.

### **Ekonomiczna jazda ciągnikiem**

Można zmniejszyć ilość paliwa na prace z użyciem ciągnika, jeśli ciągnik będzie optymalnie obciążony w stosunku do mocy silnika (Renius 1999; Handler i Nadlinger 2009). Najbardziej energooszczędny zakres obciążenia jest charakterystyczny dla danego silnika, ale można go także określić na podstawie testów. Przy energetycznie najbardziej wydajnym obciążeniu, moment obrotowy osiąga 70-90% maksymalnych wartości a prędkość silnika osiąga 60-80% swojego maksimum. Ciągnik można prowadzić z optymalnym obciążeniem jeśli jego moc jest właściwie dopasowana do obsługiwanego urządzenia, oraz gdy możliwe jest przekazywanie napędu z silnika traktora dzięki odpowiedniej wielkości i zbalansowanym oponom oraz zastosowaniu wałka odbioru mocy (WOM). Są to podstawowe uwarunkowania techniczne ekonomicznego prowadzenia ciągnika (ekojazda). Tego rodzaju wprowadzenie do teorii gospodarki paliwowej w rolnictwie można włączyć w proces edukacji o ekologicznym prowadzeniu ciągników. W niektórych krajach, jak opisuje to Tinker (1992), od lat dostępne są wskaźniki efektywności pracy silników oraz program doradczy w rodzaju „Gear Up and Throttle Back”<sup>35</sup>.

Kursy jazdy ekonomicznej (ekojazda) dla kierowców samochodów udowodniły, że zużycie paliwa po odbytych kursach jest o 6-13% mniejsze (SenterNovem 2005). Badania wykazały także, iż natychmiastowa informacja zwrotna o zużyciu paliwa, pokazywana na wskaźnikach lub monitorze, pomaga oszczędzać paliwo i przystosować się do zasad energooszczędnego kierowania pojazdem. Doświadczenie badawcze autorów opracowania związane z zużyciem paliwa w ciągnikach w trakcie prac polowych dowodzi, że również na polu można kierować ciągnikiem w sposób, który pozwala oszczędzać paliwo (Ahokas & Mikkola 1986).

Kurs jazdy może trwać jeden dzień, np. 2-3 godziny teorii i 2-3 godziny szkolenia praktycznego. Najlepsze byłoby szkolenie jednorazowo grupy 10-15 traktorzystów. Taka grupa jest na tyle niewielka, że w trakcie kursu możliwe są spontaniczne dyskusje między uczestnikami, zaś szkolenie praktyczne jest łatwe do zorganizowania. Tematyka szkolenia powinna zawierać informacje o licznikach zużycia paliwa, pozwalających na odczyt w czasie rzeczywistym także w ciągnikach starszego typu. Jeśli w ciągniku zamontowany jest odbior-

---

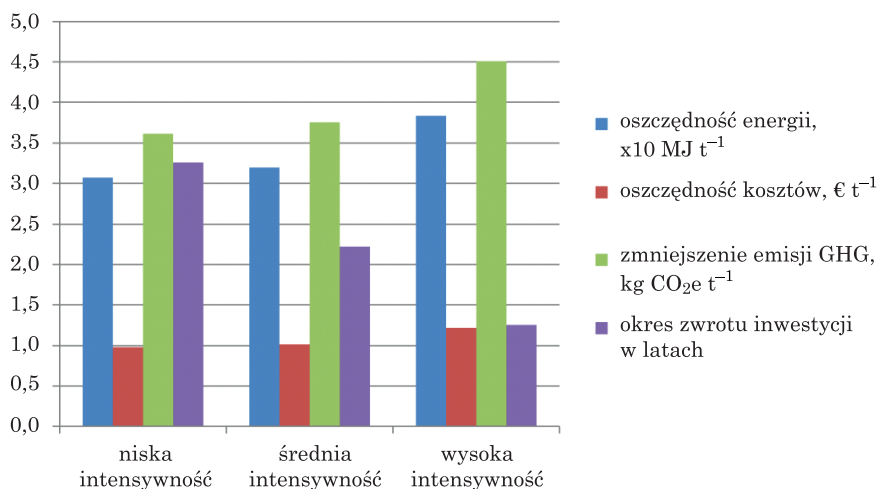
<sup>35</sup> „Gear up and throttle back” oznacza możliwość oszczędności zużycia paliwa przy lekkim obciążeniu na przeniesieniu napędu (mniej niż 65% pełnej mocy) jeśli zmniejszone obroty wałka odbioru mocy nie stanowią ograniczenia.

nik GNSS<sup>36</sup>, wówczas operator może odczytać zużycie paliwa w przeliczeniu na pokonany dystans lub obszar pola. W nowoczesnych ciągnikach takie urządzenia są dostępne jako wyposażenie standardowe lub jako dodatkowa opcja.

Równie ważne jest szkolenie praktyczne, gdyż pokazuje wpływ stylu jazdy na zużycie paliwa. Dobrym sposobem na zainteresowanie i zmotywowanie uczestników kursu jest rozegranie zawodów. Jeśli w ciągniku występuje urządzenie GNSS, może to zachęcić traktorzystę do wykorzystywania tej techniki w kierowaniu ciągnikiem po polu, co może ograniczyć o około 5-10% nakładanie się tras przejazdów, a tym samym zwiększając efektywność zużycia paliwa, czasu traktorzysty, ilości zużytego materiału siewnego lub środków ochrony roślin i nawozów. Lepsze wykorzystanie nawozów i pestycydów, poza ograniczeniem nakładów na środki produkcji, prowadzi do zwiększenia ilości i jakości plonów, oraz ogranicza emisję gazów cieplarnianych. Oszczędności zużycia środków chemicznych ochrony roślin i nawozów dotyczą oszczędności w zakresie pośrednich nakładów energetycznych.

Nakłady inwestycyjne konieczne do zrealizowania tego działania obejmują kurs jazdy ekonomicznej (300 €) oraz adaptację urządzeń umożliwiających informację zwrotną na temat zużycia paliwa, dostępną w kabinie ciągnika (650 €). Okres amortyzacji urządzeń szacowany jest na 10 lat, a szacunkowe oszczędności wynoszą 10% zużytego paliwa.

Analizę ekonomiczną przeprowadzono na przykładzie gospodarstwa o powierzchni 120 ha, ale badano także koszty w mniejszych gospodarstwach.



Rys. 38. Wpływ ekonomicznej jazdy ciągnikiem na oszczędność kosztów, zużycie energii, zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, oraz okres zwrotu w gospodarstwie o powierzchni 120 ha. Analizowano niski, średni i wysoki poziom intensywności produkcji

<sup>36</sup> GNSS – Global Navigation Satellite System – nawigacja satelitarna.

Na rysunku 38 przedstawiono oszczędności kosztów i energii w MJ t<sup>-1</sup>, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w kg CO<sub>2</sub>e t<sup>-1</sup>, a także okres zwrotu z inwestycji w latach. Wielkość oszczędności uzyskanych przez to działanie była podobna do wynikających z izolacji termicznej suszarni. Oszczędności z tytułu wdrożenia zasad ekojazdy były wyższe przy większej intensywności upraw, podczas gdy miara związana z izolacją termiczną nie była wrażliwa na intensywność uprawy. Szacowany okres zwrotu z inwestycji wynosi 1,3-3,3 lat, a nawet w przypadku gospodarstwa 40 hektarowego nie przekroczył 10 lat. Koszty redukcji emisji gazów cieplarnianych były dla tego działania ujemne ponieważ roczna stopa zwrotu z inwestycji była wyższa niż koszty roczne.

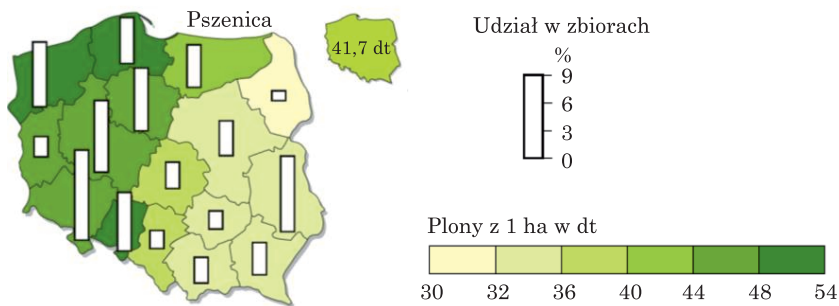
Współczesne ciągniki wyposażone w automatyczną lub bezstopniową (wariator) skrzynię biegów sprzyjają oszczędności energii, ponieważ umożliwiają pracę silnika przy najbardziej wydajnej energetycznie prędkości i obrotach wałka odbioru mocy w relatywnie dużym zakresie prędkości i obciążenia. Zintegrowane elektroniczne zespoły kontroli pracy silnika mogą dostosować prędkość pracy silnika i transmisję mocy lepiej, niż potrafiłby to zrobić operujący traktorem człowiek. Chociaż skuteczność przenoszenia mocy w przypadku automatycznej lub bezstopniowej skrzyni biegów jest niższa niż ręcznej skrzyni biegów, to w tym pierwszym przypadku efektywniejsza praca silnika przekłada się efektywniejsze zużycie paliwa (Tinker 1992).

### **5.4.1.3. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy w Polsce (warunki województwa warmińsko-mazurskiego)**

Autorzy: Janusz Gołaszewski, Mariusz Stolarski, Zbigniew Brodziński, Ryszard Myhan, Ewelina Olba-Zięty

Udział Polski w produkcji pszenicy w skali świata wynosi 1,4%, a w UE-27 odpowiednio 6,9%. Mimo tendencji zmniejszającego się wykorzystania pszenicy, zastępowanej częściowo przez kukurydzę lub pszenżyto, pszenica pozostaje najważniejszą rośliną zbożową w Polsce (Rys. 39).

Ocenę efektywności energetycznej oraz potencjał oszczędności energetycznej w produkcji pszenicy ozimej wykonano na przykładzie towarowego gospodarstwa rolniczego w Łęczanach (województwo warmińsko-mazurskie; 53.9667 °N, 21.1333 °E) na podstawie danych z 2011 roku. Gospodarstwo nie prowadzi produkcji zwierzęcej. Powierzchnia gruntów ornych wynosi 1058 ha. Gleby są zróżnicowane od piaszczystych, poprzez gleby piaszczysto-ilaste, po gleby ilasto-gliniaste; kompleksu przydatności rolniczej od 3 (kompleks pszenny wadliwy) do 6 (kompleks żytni wadliwy). W strukturze zasiewów gospodarstwa uprawia się pszenicę ozimą (59.4%), rzepak ozimy (18.1%), owies (14.2%), rzepak jary (8.1%) i żyto ozime (0.2%). Słoma jest przeznaczana na cele energetyczne.



Rys. 39. Rozkład regionalny produkcji pszenicy w Polsce w procentach udziału w zbiorach i plonach z 1 ha

Źródło: Mały rocznik statystyczny 2011.

W analizach efektywności energetycznej dla warunków omawianego gospodarstwa przyjęto trzy miary oszczędności energii:

1. Zmiana w strukturze zmianowania roślin polegająca na ograniczeniu powierzchni uprawy roślin oleistych (rzepak ozimy) i włączeniu do zmianowania rośliny strączkowej (bobik).
2. Przyoranie słomy i stosowanie nawozów wieloskładnikowych.
3. Zastosowanie efektywnych mikroorganizmów.

Wymienione miary oszczędności energii reprezentują trzy aspekty zrównoważonej produkcji uwzględniając rachunek energetyczny i ekonomiczny produkcji oraz kwestie środowiskowe.

### **Zmiana w strukturze zmianowania roślin polegająca na ograniczeniu powierzchni uprawy roślin oleistych (rzepak ozimy) i włączeniu do zmianowania rośliny strączkowej (bobik)**

Wprowadzenie roślin strączkowych do płodozmianu z udziałem roślin zbożowych i przemysłowych umożliwia zredukowanie ilości stosowanych nawozów azotowych oraz poprawia produktywność roślin przez zwiększanie zasobów materii organicznej, poprawienie żyzności i aktywności biologicznej gleby oraz efektywniejsze wykorzystanie przez rośliny przemysłowych środków produkcji (Korbas, Mrówczyński 2011)<sup>37</sup>. W efekcie mniejsze są nakłady na nawożenie roślin i poprawia się efektywność wykorzystania składników pokarmowych. Większa jest też skuteczność i efektywność zastosowanych środków ochrony roślin, dzięki czemu zmniejszają się nakłady na odchwaszczanie oraz ochronę

<sup>37</sup> Korbas M., Mrówczyński M. (Ed.) 2011. Methodology of integrated production of winter and spring wheat. (In Polish: Metodyka integrowanej produkcji pszenicy ozimej i jarej).

roślin przed chorobami i szkodnikami. Poprawia się również aktywność biologiczną gleby, w tym występowanie mikroorganizmów antagonistycznych w stosunku do agrofagów, co także przekłada się na ograniczenie liczby zabiegów ochrony roślin i zredukowanie ilości stosowanych pestycydów.

### **Przyoranie słomy i stosowanie nawozów wieloskładnikowych**

W Polsce, duża presja rynku na biomasę energetyczną sprawia, że słoma staje się cennym paliwem i wiele gospodarstw towarowych zwiększa swoje dochody sprzedając słomę. W takich okolicznościach oraz przy generalnie niskiej zawartości humusu w polskich glebach intensywna towarowa produkcja roślinna przy braku dopływu substancji organicznej do gleby powoduje stopniową degradację (wyjałowienie) gleb. W warunkach analizowanego gospodarstwa celowe jest przyoranie słomy w celu utrzymania zawartości humusu w glebie, co przy jednoczesnym zastosowaniu nawozów płynnych wieloskładnikowych NPK z mikroelementami może stanowić o pozytywnym bilansie produkcyjnym z energetycznego, ekonomicznego i środowiskowego punktu widzenia. Kompozycja tego typu nowych nawozów zawiera składniki wspomagające pobieranie pierwiastków przez roślinę, a postać płynna nawozu ułatwia przeprowadzenie zabiegu nawożenia. W przypadku zastosowania tego typu preparatów nie ma potrzeby nawożenia fosforem i potasem a dawkę azotu można obniżyć o 10%. W uprawie pszenicy ozimej nawóz wieloskładnikowy jest stosowany w dawce około 3 t ha<sup>-1</sup> w dwóch okresach o największym zapotrzebowaniu na składniki odżywcze, tj. jesienią w celu przygotowania roślin do zimowania oraz wiosną w celu uruchomienia szybkiego wzrostu i rozwoju roślin. Ponadto, stosowanie tego typu nawozów wzmacnia odporność roślin, pobudza metabolizm i w efekcie przyczynia się do zwiększenia plonowania.

### **Zastosowanie efektywnych mikroorganizmów**

Biopreparat Effective Microorganisms (EM)<sup>38</sup> w zrównoważonej produkcji pszenicy ozimej jest wykorzystywany coraz częściej. W zależności od potrzeb może być stosowany razem z materiałem siewnym, dolistnie i/lub doglebowo. EM charakteryzuje się szerokim spektrum działania i kompleksowo oddziałuje na środowisko życia roślin. Ma to związek z wielokierunkowym działaniem zawartych w nim różnych grup antagonistycznych mikroorganizmów, należą-

---

<sup>38</sup> Higa T., Parr J.F. 1994. Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. Publ. International Nature Farming Research Center Atami, Japan.

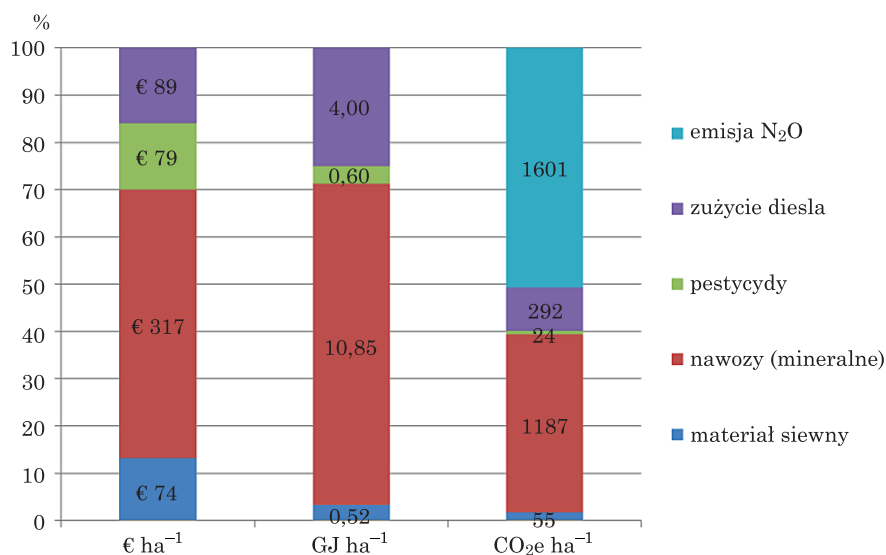
cych do odmiennych jednostek systematycznych. EM zawiera m.in. bakterie mlekowe (*Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*), bakterie fotosyntetyzujące (*Rhodospseudomonas palustris*, *Rhodobacter sphaeroides*), drożdże (*Saccharomyces albus*, *Candida utilis*), promieniowce (*Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*) oraz grzyby pleśniowe (*Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*) (Higa 1998; Valarini et al. 2003). Wśród pozytywnych aspektów oddziaływania biopreparatu na wzrost i rozwój roślin wskazuje się na działanie indukujące odporność roślin, plonochronne i plonotwórcze. Ponadto biopreparaty wykazują działanie próchnicotwórcze i regulujące stosunki biotyczne gleb. Wprowadzając EM do gleby uzyskuje się poprawę właściwości fizycznych i chemicznych, przy czym efekty są uzależnione od rodzaju gleb i dawki preparatu (Kaczmarek i in. 2007; Kaczmarek i in. 2008). Zastosowanie biopreparatu korzystnie wpływa na aktywność biologiczną gleby i ograniczenie procesów gnilnych, zwiększenie zawartości próchnicy, detoksykację gleby skażonej pestycydami, poprawę przyswajalności związków trudnodostępnych dla roślin, zwiększenie efektu fotosyntezy, hamowanie rozwoju fitopatogenów oraz poprawę jakości plonów roślin (Higa 1998; Yamada, Xu 2000; Stielow 2003).

### **Względny udział poszczególnych nakładów i etapów procesu do całkowitych kosztów produkcji, zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych**

W analizowanym gospodarstwie pszenica ozima była jedną z pięciu upraw w plodozmianie zbożowo-przemysłowym. W strukturze wydatków na produkcję pszenicy ozimej dominował koszt zakupu nawozów mineralnych € 317 ha<sup>-1</sup> (Tab. 45). Udział kosztów związanych z zakupem materiału siewnego, pestycydów i zużyciem diesla był na zbliżonym poziomie i wynosił odpowiednio dla wymienionych nakładów 74 €, 79 €, i 89 € (Rys. 40). Największe nakłady energetyczne w produkcji pszenicy ozimej były związane z nawozami (68%) i zużyciem diesla (25%). Z kolei najpoważniejsze skutki środowiskowe miała emisja ditlenku węgla związana z produkcją wykorzystanych nawozów mineralnych (1187 kg CO<sub>2</sub>e) oraz emisją podtlenku azotu bezpośrednio z nawozów oraz pośrednio poprzez wyługowanie i ulatnianie (1601 kg CO<sub>2</sub>e) Łącznie, wymienione źródła stanowiły 88% emisji CO<sub>2</sub>e z jednego hektara. Przeciętnie z powierzchni 1 hektara ulatnia się około 1.4 kg N<sub>2</sub>O rocznie, z czego 50% emisji przypisuje się nawozom azotowym<sup>39</sup>.

---

<sup>39</sup> Golka W. 2011. Soil tillage techniques reducing the emission of greenhouse gases (In Polish: Techniki uprawy gleby ograniczające emisję gazów cieplarnianych). Problems of Agricultural Engineering – Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 4/2011.



Rys. 40. Udział różnych nakładów przetwarzania w produkcji pszenicy, zużyciu energii oraz emisji gazów cieplarnianych

W bilansie analizowanego gospodarstwa procentowy udział kosztów, nakładów energetycznych i emisyjności ditlenku węgla związanych z materiałem siewnym, nawozami mineralnymi, pestycydami, wykorzystaniem diesla oraz emisją podtlenku azotu w produkcji pszenicy ozimej przedstawiono w tabeli 45. W strukturze całkowitych kosztów gospodarstwa koszty związane z produkcją pszenicy zawierały się w przedziale od 17.9% (diesel) do 19.6% (materiał siewny). W kategoriach zużycia energii i emisyjności, pestycydy wykorzystane w produkcji pszenicy stanowiły ponad 3/4 (78.8%) wszystkich nakładów na ochronę roślin w gospodarstwie, zaś pozostałe nakłady oraz emisja podtlenku azotu stanowiły około 1/5 w strukturze poszczególnych nakładów i emisji N<sub>2</sub>O związanych z produkcją roślinną w gospodarstwie.

Tabela 45. Procentowy udział nakładów na produkcję pszenicy w strukturze kosztów ekonomicznych, zużycia energii i emisji ditlenku węgla w analizowanym gospodarstwie

Nakład produkcyjny	Koszt ekonomiczny	Zużycie energii	Emisja CO <sub>2</sub> e
Materiał siewny	19,6	24,9	13,9
Nawozy mineralne	18,3	19,1	19,3
Pestycydy	18,3	78,8	78,8
Diesel	17,9	17,9	14,8
Emisja podtlenku azotu (N <sub>2</sub> O)			19,2



## Wpływ przyjętych miar oszczędności energii na ekonomikę produkcji i środowisko

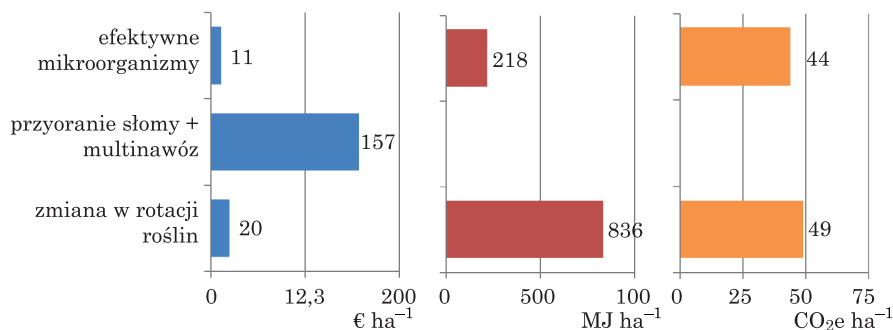
Przeciętne koszty produkcji przeliczone na 1 hektar powierzchni upraw w gospodarstwie wynosiły 1140 € ha<sup>-1</sup>, przy nakładach energetycznych na poziomie 15,21 GJ ha<sup>-1</sup> oraz emisyjności 1563 kg CO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup> (Tab. 46). Spośród trzech miar oszczędności energii dwa skutkowały redukcją nakładów energetycznych: o 4,5% przez wprowadzenie rośliny strączkowej do zmianowania roślin oraz o 1,4% przez wykorzystanie efektywnych mikroorganizmów. Jednocześnie trzecia miara związana z przyoraniem obornika i stosowaniem nawozów wieloskładnikowych w postaci płynnej nie powodowała zasadniczej zmiany w nakładach energetycznych i emisyjności ale istotnie ograniczała koszty produkcji o 13,8%. Stosowanie płynnych nawozów wieloskładnikowych w kilku terminach staje się częstą praktyką w gospodarstwach wielkoobszarowych. W efekcie gospodarstwo zmniejsza koszty produkcji przy podobnych nakładach energetycznych oraz poziomie emisyjności gazów cieplarnianych.

Tabela 46. Dochody, koszty roczne, zużycie energii oraz emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 hektar w gospodarstwie z zaimplementowanymi miarami oszczędności energii w produkcji pszenicy

Miary oszczędności energii	Dochód		Koszt		Zużycie energii		Emisja CO <sub>2</sub> e	
	€ ha <sup>-1</sup>	€ ha <sup>-1</sup>	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	kg ha <sup>-1</sup>	%
Aktualna praktyka produkcyjna	1232	1140	1140	100	15213	100	1563	100
Zmiana w rotacji roślin		1120	1084	98,2	14377	94,5	1514	96,8
Przyoranie słomy plus nawóz wieloskładnikowy		983	86,2	86,2	15213	100	1563	100
Efektywne mikroorganizmy		1129	99,0	99,0	14995	98,6	1519	97,1

Wszystkie zastosowane miary obniżyły koszty produkcji, a zmiana w rotacji roślin i zastosowanie mikroorganizmów także zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Największa redukcja kosztów 157 € ha<sup>-1</sup> była związana z działaniem polegającym na przyoraniu słomy z jednoczesnym zastosowaniem płynnego nawozu wieloskładnikowego (86,2% względem aktualnej praktyki produkcyjnej), aczkolwiek zasadniczo mniejsze koszty odnotowano dla miary związanej z modyfikacją zmianowania roślin (wprowadzenie rośliny strączkowej obniżyło koszt produkcji o 20 € ha<sup>-1</sup>) i zastosowaniem efektywnych mikroorganizmów (redukcja o 11 € ha<sup>-1</sup>) (Rys. 41). Spośród trzech analizowanych miar oszczędności energii, największe ograniczenie nakładów energetycznych o 836 MJ ha<sup>-1</sup> powodowała zmiana w rotacji roślin. Uzyskany efekt był

czterokrotnie większy niż w przypadku zastosowania efektywnych mikroorganizmów. W odniesieniu do obu tych miar, redukcja emisji gazów cieplarnianych wyrażona w równoważniku ditlenku węgla zawierała się w zakresie od 44 CO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup> do 49 CO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup>.



Rys. 41. Wpływ miar oszczędności energii na redukcję kosztów, nakładów energetycznych i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 hektar

#### 5.4.1.4. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy, buraka cukrowego i ziemniaka w Holandii

Autorzy: Chris de Visser, Marcel van der Voort

Pszenica, ziemniak i burak cukrowy są to trzy główne rośliny uprawne w Holandii. Pod względem powierzchni upraw, pszenica zajmuje największy areal (155 000 ha), w następnej kolejności plantacje buraka cukrowego (72 000 ha) i ziemniaka konsumpcyjnego (69 000 ha) (Kamp i in. 2010). Jednak pod względem zużycia energii na 1 hektar produkcji w skali całego kraju, kolejność jest odwrotna: najwięcej energii pochłaniają uprawy pszenicy, kolejno plantacje ziemniaka i następnie buraka cukrowego (Kamp i in. 2010). Najwyższe nakłady energii w typowej dla Holandii uprawie pszenicy dotyczą nawożenia i zużycia paliw (Rys. 42-44). Na przeważającym obszarze Holandii nie przechowuje się pszenicy w gospodarstwach. Dlatego energia wydatkowana na suszenie ziarna nie została wliczona do analiz, gdyż suszenie ziarna odbywa się poza bramą farmy. W charakterystycznej dla Holandii uprawie ziemniaka, najwyższe nakłady energii związane są z nawożeniem, zużyciem paliw i dosuszeniem/magazynowaniem bulw ziemniaka, które z reguły odbywa się na miejscu, w gospodarstwie.

Aby wskazać obszary, gdzie możliwa jest poprawa efektywności energetycznej, zastosowano trzy miary oszczędności energii w odniesieniu do typowej

farmy holenderskiej o powierzchni 120 ha. Takie przykładowe, modelowe gospodarstwo produkuje pszenicę (25% powierzchni), burak cukrowy (25%), ziemniak konsumpcyjny (25%), cebulę (12.5%) i groch (12.5%). Według cen z 2011 roku, przychody i koszty farmy można podsumować następująco: całkowite koszty w wysokości € 768 000 wyliczono według norm określonych na podstawie informacji z rynku dostawców środków produkcji i skupujących płody rolne, aktualnej praktyki rolniczej oraz opinii ekspertów. Koszt ziemi oraz budynków wyliczono na podstawie aktualnej wartości rynkowej ziemi uprawnej i wartości odtworzeniowej budynków i wyposażenia produkcyjnego. Ziemia w Holandii jest stosunkowo droga w porównaniu z większością krajów unijnych. W model funkcjonowania farmy wpisano pewną ilość prac zleczanych, lecz większość zadań produkcyjnych jest wykonywana nakładem własnej pracy i sprzętu. Koszt pracy obliczono według czasu pracy oraz regulacji wynikających z układu zbiorowego pracy. Koszty mechanizacji wyliczono jako procent wartości odtworzeniowej zgodnie z ratą amortyzacji, kosztów ubezpieczenia i utrzymania maszyn w dobrym stanie technicznym. Koszty zmienne zawierały takie składniki jak energia, nawozy, pestycydy i materiał siewny. Koszty magazynowania wyliczono w odniesieniu do budynków i instalacji, według zapotrzebowania na powierzchnię magazynową jako jednoroczne odsetki wartości odtworzeniowej.

Tabela 47. Przychody i koszty typowej farmy o pow. 120 ha w Flevoland (Holandia)

	Kwota (€)
Przychód z produkcji	418 000
Koszty produkcji	
– Koszty zmienne	174 000
– Ziemia i budynki	260 000
– Praca i maszyny	273 000
– Magazynowanie	61 000
Koszt całkowity	768 000

W praktyce, koszty i przychody gospodarstw są znacząco zróżnicowane. Często rolnicy zadowolają się niższymi dochodami z własnej ziemi, pracy i kapitału.

W analizowanym studium przypadku uwzględniono trzy miary oszczędności energii: rolnictwo precyzyjne, usprawnienie przepływu powietrza w magazynach oraz stosowanie kompostu.

## Rolnictwo precyzyjne

Rolnictwo precyzyjne jest technologią zarządzania gospodarstwem, która umożliwia optymalizację nakładów na uprawę i ogólnogospodarczych poprzez wykorzystanie systemów pozycjonowania satelitarnego do określania przestrzennej zmienności plonów roślin, a następnie określenie przestrzennie zmiennych wymagań odnośnie do ilości materiału siewnego i składników pokarmowych roślin. Rolnictwo precyzyjne wykorzystuje techniki informatyczne i GNSS. Van der Schans i in. (2008) zbadali potencjalne możliwości i uzyskiwane efekty z zastosowania rolnictwa precyzyjnego w Holandii. W analizowanej przykładowej farmie będącej przedmiotem niniejszego studium przypadku dokonano oceny wpływu tej technologii na plony oraz na oszczędność nakładów i kosztów. Jak dowodzą badania, potencjał tej technologii nie jest jeszcze w pełni wykorzystywany z powodu niedostatecznie rozpoznanych zagadnień dotyczących monitorowania zmienności i sensorów, a także powiązania odczytów z sensorów z produkcyjnymi działaniami operacyjnymi. Mimo to, ocenę efektów rolnictwa precyzyjnego w uprawie ziemniaka oparto na wynikach badań prowadzonych przez van der Schans i in. (2008), które dowodzą, iż technikom rolnictwa precyzyjnego dostępnym w Holandii, na ich obecnym poziomie rozwoju technologicznego, można przypisać wzrost plonów ziemniaka o 750 kg ha<sup>-1</sup> oraz znaczące ograniczenie zużycia pestycydów i paliw (Tabela 48).

Tabela 48. Kluczowe założenia przyjętych w badaniach

Opis	Wielkość	Źródło
Inwestycja	10,000 €	Van der Schans i in. 2008
Okres amortyzacji	5 lat	
Oprocentowanie	5,3%	
Koszty roczne	1 250 €	Van der Schans i in. 2008
Efekt plonotwórczy	750 kg ha <sup>-1</sup> więcej ziemniaków	Van der Schans i in. 2008
Ograniczenie pestycydów	5%	Van der Schans i in. 2008
Ograniczenie zużycia paliw	10%	APP, Wageningen

Inwestycje związane są przede wszystkim z zakupem oprzyrządowania GNSS do pozycjonowania i naprowadzania. Koszty roczne stanowią głównie koszty abonamentów i licencji. Wzrost plonów ziemniaka wynika głównie z optymalnego umiejscowienia sadzeniaków ziemniaka podczas sadzenia oraz precyzyjniejszej lokalizacji bulw ziemniaka w trakcie obredlania. Ograniczenie zużycia pestycydów jest przede wszystkim efektem mniejszego stopnia nakładania się obszarów stosowania środków chemicznych ochrony roślin. Efekt polegający na zmniejszeniu zużycia paliw został opisany na podstawie doświad-

czeń i wiedzy eksperckiej pracowników gospodarstwa doświadczalnego Applied Plant Research (Wageningen UR). Podane koszty i wielkość redukcji kosztów są zbieżne z wynikami, określanymi w badaniach van der Schans i in. (2008) jako ‘a light regime’ rolnictwa precyzyjnego.

Wpływ rolnictwa precyzyjnego na oszczędność energii i redukcję emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie holenderskim nie został jeszcze dokładnie zbadany. W dotychczas prowadzonych badaniach skupiano się głównie na efektach ekonomicznych rolnictwa precyzyjnego. To zaś oznacza, że potencjalnie istnieją dalsze możliwości osiągania oszczędności poprzez rozwijanie rolnictwa precyzyjnego i powiązanych technik, np. kontrolowanych przejazdów technologicznych.

### **Usprawnienie przepływu powietrza w magazynach z przechowywaniem bulw ziemniaka w skrzyniach/paletach skrzyniowych**

Kamp i in. (2010) przeprowadzili badania nad wykorzystaniem energii w uprawach rolniczych. W Holandii stosuje się wiele różnych technologii magazynowania, ale najbardziej popularne jest magazynowanie luzem. Jedną z coraz bardziej popularnych technik jest magazynowanie ziemniaków w drewnianych skrzyniach/boksach w układzie typu skrzynka pocztowa, ustawionych w rzędach jedna na drugiej. Nadaje się szczególnie do przechowywania produktów w małych ilościach. Przykładowo, jest to odpowiedni sposób przechowywania cebulek kwiatów, ponieważ wyniki badań dowiodły, iż przy stosunkowo niewielkich nakładach finansowych przepływ powietrza przy takim systemie przechowywania można znacznie usprawnić. Wykazano, że precyzyjne ustawienie skrzynek w drewnianej komorze ciśnieniowej może istotnie poprawić efektywność energetyczną. Kluczowe dane opisujące tego typu model adoptowany dla potrzeb niniejszych badań przedstawiono w tabeli 49.

Tabela 49. Kluczowe dane wykorzystane w analizach

Opis	Wielkość	Źródło
Inwestycja	4 200 €	Kamp i in. 2010
Okres amortyzacji	14 lat	
Stopa procentowa	5,3%	
Ograniczenie zużycia energii	25%	Kamp i in. 2010

Nakłady inwestycyjne polegają przede wszystkim na zaokrągleniu krawędzi drewnianych ram komory ciśnieniowej i wstawieniu pod skrzynie dodatkowych drewnianych płozów. Oszczędność energii wynika z lepszego przepływu powietrza przez komorę ciśnieniową. Produkt jest lepiej wentylowany

i jest mniejsze ciśnienie zwrotne. Dzięki temu wentylacja może być mniej intensywna przy jednoczesnym utrzymaniu wysokich parametrów jakościowych przechowywanego produktu.

### **Stosowanie kompostu i ograniczenie ilości nawozów nieorganicznych**

W Holandii coraz ważniejszym staje się zachowanie żyzności gleb i powstrzymanie ich degradacji. Powodem rozważań nad tym zagadnieniem jest ujemny bilans materii organicznej na poziomie gospodarstwa. Jednym ze sposobów zwiększania zawartości materii organicznej w glebie jest dogłębne stosowanie kompostów. Wraz z kompostem do gleby wprowadzane są składniki mineralne, które mogą częściowo zastąpić nawozy mineralne, które przyjęto dla gospodarstwa referencyjnego. Aby oszacować wpływ takiej miary oszczędności energii, wykorzystano dane zgromadzone przez sieć współpracujących farmerów. Głównym celem współpracy farmerów zrzeszonych w tej sieci są działania na rzecz zwiększenia poboru składników odżywczych z gleby przez rośliny poprzez poprawę jakości i stanu biologicznego gleby. Dla tychże farmerów oznacza to ograniczenie zużycia nawozów nieorganicznych, szczególnie na początku okresu wegetacji. Jednocześnie, zastąpienie nawozów mineralnych kompostem prowadzi do większej emisji azotu, gdyż mineralizacja kompostu nie w pełni odpowiada aktualnemu zapotrzebowaniu roślin. Oznacza to, że niższe może być zaopatrzenie roślin w azot. W efekcie może to prowadzić do straty w plonie. W przyjętym modelu nie zakładano tego typu straty w plonie. Potwierdzają to farmerzy, którzy stosując kompost w praktyce produkcyjnej nie wiązali ewentualnych strat w plonie z niedostatecznym pobraniem azotu uwalnianego z kompostu. W tabeli 50 zestawiono kluczowe dane wykorzystane w modelu.

Tabela 50. Kluczowe dane wykorzystane w analizach

Opis	Wielkość	Źródło
Koszty roczne	15 000 €	Vitalebodem.nl
Nawozy nieorganiczne	15%	Vitalebodem.nl
Nawozy organiczne	100%	Vitalebodem.nl
Efekt energetyczny kompostu	820 MJ t <sup>-1</sup>	Dekker i in., 2009
Produkcja gazów cieplarnianych z kompostu	133 MJ t <sup>-1</sup>	Dekker i in., 2009

Przykładowa farma rocznie zużywa 12,5 tony kompostu na 1 hektar. Cena kompostu wynosi 10 euro za 1 tonę. Nie stosuje się już nawozów organicznych a nawozy nieorganiczne zostały ograniczone o 15%. Emisję N<sub>2</sub>O z pola ob-

liczono na podstawie zaleceń IPCC i odpowiednich przeliczników dotyczących Holandii.

### **Względny udział różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużyciu energii, kosztach całkowitych produkcji oraz emisji gazów cieplarnianych**

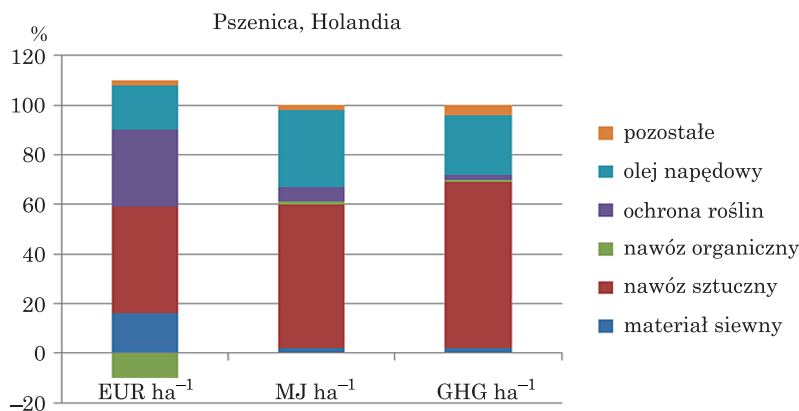
Różne nakłady produkcyjne w różnym stopniu wpływają na całkowite koszty, zużycie energii pierwotnej oraz emisję gazów cieplarnianych. W odniesieniu do trzech upraw prowadzonych w modelowej, przykładowej farmie przedstawiono względny wkład różnych rodzajów nakładów (Rys. 42-44). Pozwala to ocenić te nakłady, które w największym stopniu generują koszty, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Występują istotne różnice w ocenie względnej ważności między tymi trzema komponentami: kosztami produkcji, zużyciem energii i emisją gazów cieplarnianych. Przykładowo, koszt ochrony roślin jest ważnym nakładem produkcyjnym, ale ochrona roślin nie stanowi zasadniczej części pośrednich nakładów energetycznych, ani też powiązanej z tym nakładem emisji gazów cieplarnianych.

Należy zwrócić uwagę na ujemny koszt nawożenia organicznego. Z powodu nadwyżek obornika, producenci zajmujący się produkcją zwierzęcą dopłacają producentom zajmującym się produkcją roślinną za odebranie obornika; zatem nawożenie obornikiem w gospodarstwie prowadzącym produkcję roślinną jest przychodem. Nakłady energetyczne oraz emisja gazów cieplarnianych związana z wytworzeniem obornika zostaje po stronie producentów prowadzących produkcję zwierzęcą. Jest to zgodne z procedurami obliczania emisji, takimi jak określone przez holenderską normę NTA8080. W przypadku produkcji roślinnej pod uwagę brany jest jedynie transport, oraz energia i emisja związane z roztrząsaniem obornika na polu. Jak już wspomniano, emisja  $N_2O$  z pola uprawnego została wyliczona dla całego gospodarstwa, w tym uwzględnia przeliczenie na daną uprawę. Pozostałe wymienione koszty dotyczą suszenia (pszenica), transportu (burak cukrowy) oraz dosuszania/magazynowania (ziemniak) (Rys. 42-44).

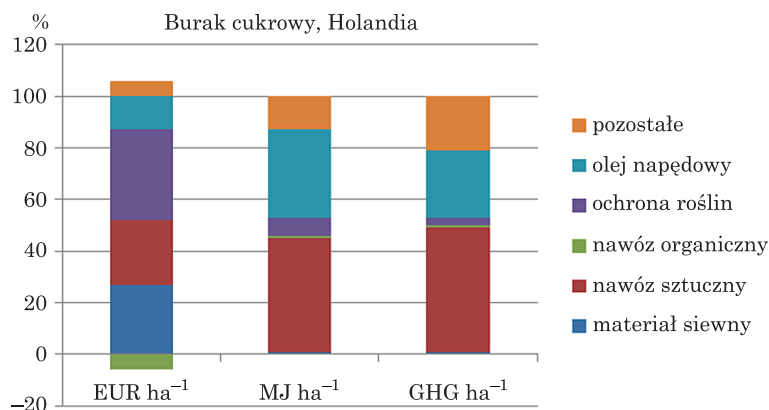
Wartości obrazujące koszty związane z poszczególnymi nakładami produkcyjnymi przedstawione na rysunkach 42-44 dowodzą, że w analizowanych trzech uprawach zasadnicze koszty dotyczą nakładów na ochronę roślin, materiał siewny/sadzeniaki i nawozy mineralne. Głównymi nakładami energetycznymi w całkowitym bilansie energii oraz jednocześnie źródłami emisji gazów cieplarnianych są nawozy mineralne i paliwa. Szczególnie w przypadku uprawy ziemniaka, do emisji gazów cieplarnianych przyczyniają się procesy

dosuszania/magazynowania i produkcja sadzeniaków. Można przyjąć, że nakład produkcyjny, jakim jest nawożenie mineralne, jest wspólny tym trzem uprawom. Ponadto, wyniki badań wskazują, iż efektywność energetyczna i emisja gazów cieplarnianych są ze sobą do pewnego stopnia powiązane.

Plony pszenicy, buraka cukrowego i ziemniaka, zużycie energii pierwotnej i poziom emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 hektar przedstawiono w tabeli 51.

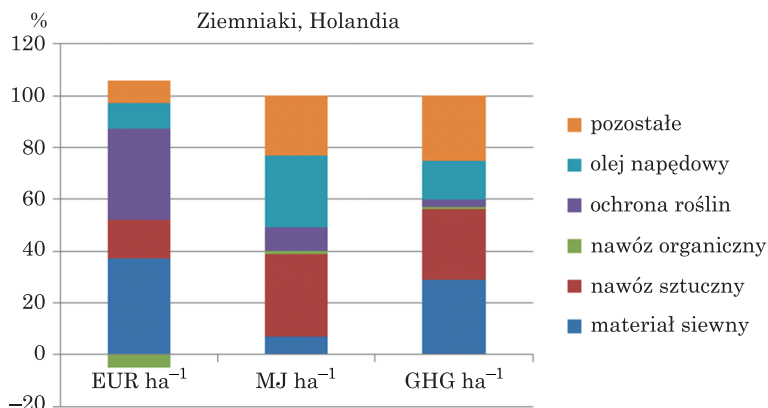


Rys. 42. Względny udział różnych nakładów w produkcji pszenicy w Holandii w ekonomice produkcji, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych



Rys. 43. Względny udział różnych nakładów w produkcji buraka cukrowego w Holandii w ekonomice produkcji, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych





Rys. 44. Udział względny różnych nakładów w produkcji ziemniaka w Holandii w ekonomice produkcji, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych

Tabela 51. Plon, zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na uprawę w standaryzowanej farmie o powierzchni 120 ha w prowincji Flevoland

	Pszenica	Burak cukrowy	Ziemniak
Plon (t ha <sup>-1</sup> )	9	74	57
Zużycie energii (MJ t <sup>-1</sup> )	2 094	235	786
Emisja gazów cieplarnianych (CO <sub>2</sub> e t <sup>-1</sup> )	449	52	129

### Wpływ różnych działań energooszczędnych na ekonomikę i środowisko

Wszystkie trzy miary oszczędności energii zostały zaimplementowane w przykładowej farmie, po czym wyliczono ich wpływ na koszty produkcji, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Wyniki analiz zestawione w tabeli 52 wskazują, że w porównaniu z sytuacją wyjściową wszystkie działania energooszczędne miały wpływ na oszczędność energii i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Udział tych miar wahał się w granicach od 3% do 7% oszczędności całkowitego zużycia energii oraz od 1% do 6% redukcji emisji gazów cieplarnianych. Koszty związane z implementacją tych miar pozostawały na stosunkowo niezmiennym poziomie. Dlatego też, nawet w przypadku najniższych kosztów po zastosowaniu technik rolnictwa precyzyjnego, uzyskany dochód był jedynie o 1% wyższy niż w innych wariantach. Można przypuszczać, że relatywnie mały dochód z tytułu zastosowania rolnictwa precyzyjnego wynika z dodatkowych kosztów niwelujących potencjalne oszczędności.

Tabela 52. Roczne koszty, zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych związane z miarami oszczędności energii w modelowej 120-hektarowej farmie w Holandii

	Koszt roczny		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Wariant podstawowy	6403	100	27759	100	3022	100
Rolnictwo precyzyjne	6379	100	26949	97	2992	99
Magazynowanie ziemniaków	6392	100	26256	95	2829	94
Kompost	6415	100	35295	132	4924	157

Miary związane z rolnictwem precyzyjnym i magazynowaniem ziemniaków ograniczały zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych, lecz w bilansie rocznym obniżka wynosiła mniej niż 1%, natomiast w wyniku stosowania kompostów istotnie wzrosło zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych. To działanie energooszczędne wykazało niewielki wzrost kosztów rocznych, poniżej 1%.

Tabela 53. Wpływ środowiskowy zastosowania kompostu

	Wariant wyjściowy	Zastosowanie kompostu
Efektywna ilość materii organicznej wniesionej do gleby	1110	2891
Emisja NH <sub>3</sub> (kg ha <sup>-1</sup> )	0	6
Nadmiar azotu w glebie (kg ha <sup>-1</sup> )	54	141
Zawartość azotanów w glebie (mg L <sup>-1</sup> )	26	67

Zmniejszona ilość stosowanych pestycydów miała także dodatni wpływ na środowisko. Masa aplikowanych substancji aktywnych obniżyła się z 29,2 kg do 27,9 kg w całym gospodarstwie (sześć upraw). Wpływ zmniejszonej dawki substancji aktywnych chemicznych środków produkcji na wskaźniki środowiska naturalnego w Holandii oraz emisje zanieczyszczeń powietrza oraz wód podziemnych i powierzchniowych był pozytywny.

## Wnioski

Analiza względnej roli nakładów produkcyjnych w kosztach produkcji, zużyciu energii oraz emisji gazów cieplarnianych dowodzi, że w odniesieniu do trzech implementowanych miar oszczędności energii najważniejszym nakładem produkcyjnym są nawozy mineralne. Zatem aby ograniczyć koszty, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych, konieczne jest ograniczenie stosowania nawozów mineralnych. Rolnictwo precyzyjne jest ukierunkowane

na oszczędności w zużyciu pestycydów i paliwa, ale większą rolę może odegrać zmniejszenie ilości stosowanych nawozów mineralnych. W prezentowanym modelu ten potencjał nie został policzony, gdyż nadal brakuje adekwatnych danych. W praktyce może okazać się, iż bardziej interesującym rozwiązaniem będą interaktywne systemy z informacją zwrotną w zarządzaniu pracami polowymi i w precyzyjnym wyznaczaniu potrzeb nawozowych i ochrony roślin w każdym określonym punkcie na polu. Zaawansowane badania w tym zakresie mogłyby przyczynić się do wskazania dalszych możliwości oszczędności energii. Analiza zużycia energii w trakcie przechowywania wskazuje, że nawet niewielkie modyfikacje procesu magazynowania mogą prowadzić do znacznych oszczędności. Ziemniak i cebula są głównie magazynowane luzem, jednakże brak adekwatnych danych o zużyciu energii sprawia, że wiedza na temat potencjału oszczędności energii w przechowalnictwie jest wciąż ograniczona. W Holandii ziemniak i cebula – z racji dużych arealów upraw – mają istotny wkład w zużycie energii w rolnictwie. Dalsze badania mogłyby przyczynić się do wskazania działań o potencjale znaczącej oszczędności energii. Stosowanie kompostu w celu poprawy żyzności gleby jest rzadziej stosowanym rozwiązaniem. Głównym celem tego działania nie jest oszczędzanie energii, ponieważ w istocie powoduje wzrost zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych. Ale, stosowanie kompostu jest szczególnie korzystne na glebach lekkich, gdzie może pozytywnie wpływać na zwiększenie pojemności wodnej gleb, lepsze pobranie składników odżywczych, łatwiejszą uprawę gleb i sekwestrację węgla glebowego. Wszystkie te pozytywne efekty związane z nawożeniem kompostem mają znaczny potencjał oszczędności energii i zmniejszania emisji gazów cieplarnianych. Brak jest jednak danych i szacunków oceniających tego typu oddziaływania środowiskowe, dlatego też ten aspekt nie został uwzględniony w przyjętym modelu. Ponadto warto dodać, że stosowanie kompostu może być czynnikiem stabilizującym plony w warunkach pogody deszczowej i suchej, co z kolei miałyby dodatni wpływ na dochodowość produkcji oraz na efektywność energetyczną produkcji. Ta miara powinna być dokładnie zbadana, aby ujawnić cały potencjał oszczędności energii.

#### **5.4.1.5. Miary oszczędności energii w produkcji pszenicy w Portugalii**

##### **Wstęp**

Olaj napędowy używany przez ciągniki i maszyny rolnicze jest jednym z tych bezpośrednich nakładów energetycznych, które w największym stopniu rzutują na bilans zużycia energii i emisję gazów szklarniowych. Stwierdzono,

że systemy z uprawą uproszczoną lub zerową skutecznie ograniczają zużycie energii w rolnictwie. Systemy te wymagają mniej paliwa i w mniejszym stopniu eksploatują maszyny rolnicze, co oznacza mniejsze koszty produkcji i niższą emisję gazów cieplarnianych.

Pośrednie nakłady energetyczne w nawozach stanowią 35-50% całkowitego zużycia energii. Można zatem oczekiwać, że wszystkie miary oszczędności energii mające w założeniach poprawę efektywności wykorzystania nawozów przyczynią się w dużym stopniu do poprawy efektywności energetycznej produkcji. Nawożenie roślin zróżnicowane i specyficzne dla konkretnej lokalizacji zgodnie z żyznością gleby i reakcją roślin jest techniką rolnictwa precyzyjnego o dużym potencjale poprawy tej efektywności.

Nawadnianie pól z uprawami pszenicy może prowadzić do znacznego zwiększenia produktywności roślin. Jednak, konieczne są inwestycje w osprzęt nawadniania, a ponadto można założyć, że inne nakłady na produkcję, takie jak nawozy, energia elektryczna i woda, także wzrosną.

Głównym celem niniejszej części pracy jest analiza wyników ekonomicznych w gospodarstwie, zużycia energii i efektów środowiskowych w kontekście trzech działań energooszczędnych: 1) system uprawy zerowej, 2) ograniczenie nawożenia pszenicy fosforem, oraz 3) wprowadzenie nawadniania.

## **Metodyka**

Alentejo jest to największy region rolniczy w Portugalii, z klimatem śródziemnomorskim o łagodnych zimach i suchych, gorących latach. Opady deszczu wynoszą 400-600 mm, głównie jesienią i zimą. Średnia temperatura waha się między 21°C a 25°C, ale temperatury maksymalne osiągają ponad 40°C, a minimalne często spadają poniżej zera w czasie zimowych nocy (Marques, 1988).

Jako wariant wyjściowy/modelowy, wybrano farmę o powierzchni 250 ha, z glebami gliniastymi oraz systemem uprawy typowym tradycyjnemu rolnictwu prowadzonemu na suchych obszarach regionu Alentejo. Badano wpływ uprawy zerowej, ograniczenia ilości stosowanych nawozów i nawadniania na ekonomikę gospodarstwa, zużycie energii i oddziaływania środowiskowe. Opisano systemy upraw, zaś nakłady i poziom produkcji przeanalizowano liczbowo dla każdego z przyjętych wariantów.

### **Wariant wyjściowy – system uprawy tradycyjnej (orkowy)**

Produkcja roślinna polega na zmianowaniu czterech roślin w czteroletnim płodozmianie (słonecznik – pszenica-durum-1 – zielony groszek – pszenica-durum-2), opracowanym w celu osiągnięcia wysokich plonów roślin zbożowych.

Zazwyczaj zbożem jest pszenica durum, co wynika ze szczególnych regulacji związanych z polityką dopłat rolniczych, lub też inna komercyjna roślina zbożowa, na zmianę ze słonecznikiem i grochem.

Pszenica durum-1 i durum-2. Tradycyjne przygotowanie roli pod uprawę składa się z głębokiej orki, po której następują dwa przejazdy ze spulchniaczem gleby. Siew pierwszej pszenicy durum w zmianowaniu zostaje przygotowany przy pomocy spulchniacza i brony talerzowej, po czym następuje siew ( $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ) i nawożenie ( $300 \text{ kg NPK ha}^{-1} \text{ N}_2\text{O}:\text{K}_2\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5$ ). Z reguły występuje także zabieg chemicznego odchwaszczania ( $0,02 \text{ kg ha}^{-1}$  tribenuron metylowy i  $0,5 \text{ L ha}^{-1}$  clodinafop z cloquintocete), a po nim nawożenie w ilości  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  (N 27%). Żniwa są w lipcu, a średni plon kształtuje się na poziomie  $3 \text{ t ha}^{-1}$  ziarna i  $1,5 \text{ t ha}^{-1}$  słomy.

Słonecznik. Tradycyjne przygotowanie roli jest podobne jak pod pszenicę i składa się z głębokiej orki, dwóch przejazdów spulchniacza w trakcie zimy oraz jednego przed siewem w marcu. Gęstość siewu wynosi  $4 \text{ kg ha}^{-1}$  nasion ( $75000$  roślin  $\text{ha}^{-1}$ ). W uprawie słonecznika nie stosuje się nawożenia i ochrony środkami chwastobójczymi. Produkcyjność jest na poziomie  $850 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Groch. Siew grochu ma miejsce w styczniu przy gęstości siewu  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ . Siew poprzedza głęboka orka i dwa zabiegi bronowania. Podobnie jak w przypadku słonecznika, groch nie wymaga herbicydów lub nawożenia. Zbiór następuje w lipcu, a osiągane plony są na poziomie  $1100 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Maszyny rolnicze. Aby wykonać opisane powyżej prace polowe potrzebne są: jeden ciągnik o mocy 150 koni mechanicznych, jedna przyczepa o maksymalnej ładowności 9 ton, jeden pług dłutowy, jeden siewnik z 35 redlicami, jeden rozsiewacz nawozów, prasa zbierająca do słomy, zgrabiarka, oraz siewnik do siewu precyzyjnego. Wszystkie te urządzenia przechowywane są w budynku o powierzchni  $75 \text{ m}^2$ . Przyjęto, że farmer wynajmuje traktor o mocy 85 KM z pługiem, opryskiwaczem o pojemności 1000 L i kultywatorem z broną.

Dofinansowanie z Unii – Wspólna Polityka Rolna. Wszystkie gospodarstwa rolne otrzymują corocznie dotacje unijne z Systemu Jednolitej Płatności<sup>40</sup>. Dopłaty są zróżnicowane i wyliczane zgodnie z wielkością określonych upraw w danym gospodarstwie w poprzednich latach, oraz utrzymaniem żywego inwentarza. Średnia krajowa dotacja przyznana w roku objętym badaniami wyniosła  $174 \text{ € ha}^{-1}$ .

Metody zastosowane do obliczeń. W przypadku maszyn, ich udział i wartość zostały wyliczone na podstawie wartości odtworzeniowej oraz długości życia każdego urządzenia. Długość życia określa trwałość danego urządzenia – okres między pierwszym a ostatnim użyciem. W przypadku ciągników przyjęto 12 lat, siewników – 13 lat, a brony talerzowej, pługa dłutowego oraz przyczepy – 20 lat. Aby określić koszt przechowywania, od zbiorów do dnia, gdy zebrany

---

<sup>40</sup> Single Payment Scheme, SPS.

produkt opuszcza gospodarstwo, w obliczeniach wprowadzono powierzchnię magazynową zajmowaną przez dany produkt i obliczoną na podstawie osiągniętych plonów.

### **Wariant nr 1: uprawa zerowa**

Jako alternatywne rozwiązanie w stosunku do tradycyjnego systemu uprawy roli, rozpatrzono system uprawy zerowej odnoszący się do wszystkich roślin w układzie zmianowania. Od wielu lat coraz większa liczba farmerów w Portugalii w uprawie pszenicy stosuje uprawę zerową/siew bezpośredni, i jest to ten rodzaj praktyki rolniczej, który zyskuje na popularności jako wariant zrównoważonej i ekologicznej uprawy pszenicy.

Pszenica durum 1 – w trzecim tygodniu października wykonano zabieg chwastobójczy polegający na użyciu glifosatu ( $3 \text{ L ha}^{-1}$ ). Siew nastąpił w listopadzie, używając do tego siewnika do siewu bezpośredniego i stosując gęstość siewu  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , jednocześnie nawożąc glebę do poziomu  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  (N 15: P 15: K 15). Pod koniec stycznia ponownie zastosowano nawożenie w dawce  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  (27% N). W lutym przeprowadzono zabieg odchwaszczania ( $0,02 \text{ kg ha}^{-1}$  tribenuronu metylowego,  $0,5 \text{ L ha}^{-1}$  clodinafop z cloquintocete). Pszenicę zebrano w lipcu, uzyskując średni plon taki sam, jak w uprawie tradycyjnej.

Słonecznik – pod koniec lutego zastosowano herbicyd (glifosat). Siew słonecznika nastąpił w marcu, także przy użyciu siewnika do siewu precyzyjnego, przy gęstości siewu ok. 75000 roślin na 1 hektar. Zbiór roślin nastąpił z sierpniu.

Pszenica durum-2 – kończy cykl zmianowania; jej uprawa była identyczna jak pszenicy durum-1. Podobny był także poziom plonowania.

Maszyny rolnicze – aby wykonać opisane powyżej prace polowe potrzebne są: jeden ciągnik o mocy 150 KM, jedna przyczepa o maksymalnej ładowności 9 ton, jeden rozsiewacz nawozów, prasa zbierająca do słomy. Wszystkie te urządzenia przechowywane są w budynku o powierzchni  $75 \text{ m}^2$ . Tak jak w poprzednim wariantcie, rolnik dodatkowo wynajmuje traktor o mocy 85 KM z pługiem, opryskiwaczem o pojemności 1000 L oraz z kultywatorem z broną.

Dotacje – w tym wariantcie, oprócz dotacji unijnych, istnieje krajowy program pomocowy PRODER. Dofinansowanie z tego programu udzielane jest rolnikom prowadzącym uprawy ekologiczne, zintegrowane zwalczanie szkodników roślin, prowadzącym chów rodzimych ras i stosującym zerową uprawę roli. Program ma określone zasady dofinansowania oraz ustalone maksymalne dopłaty do różnych upraw roślin i chowu zwierząt.

## Wariant 2 – Ograniczenie P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

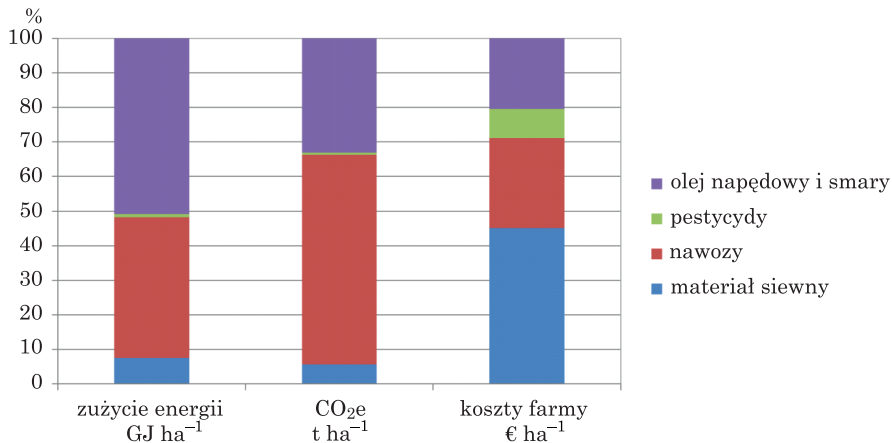
W oparciu o wyniki badań doświadczalnych da Silva (2012), jako kolejny wariant przeanalizowano ograniczenie o 30% nawożenia fosforowego w uprawie pszenicy. To rozwiązanie jest traktowane jako działanie energooszczędne, zmniejszające zużycie energii pośredniej poprzez zmniejszenie ilości nawozu fosforowego. W badanym płodozmianie, nawożenie jest stosowane jedynie w uprawie pszenicy (1 i 2), dlatego omawiana opcja dotyczy tylko pszenicy.

## Wariant 3 – Nawadnianie

Jak już wspomniano, nawadnianie pól pszenicy może znacznie zwiększyć plony. Występują jednak dodatkowe nakłady inwestycyjne, a mianowicie sprzęt do nawadniania oraz zwiększone nakłady innych środków produkcji, takich jak nawozy, elektryczność i woda.

### Względny udział różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużyciu energii, całkowitych kosztach produkcji i emisji gazów cieplarnianych

Na rys. 45 pokazano udział względny różnych nakładów w kosztach całkowitych, emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) i zużyciu energii przy produkcji omawianych roślin w tradycyjnym systemie produkcji w modelowej farmie, według scenariusza wyjściowego.



Rys. 45. Względny udział różnych nakładów na zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych oraz koszty w wariantcie wyjściowym

Jest oczywiste, że różne nakłady mają różny udział w kosztach całkowitych, zużyciu energii pierwotnej i emisji gazów cieplarnianych. Nawozy i olej napędowy są najważniejszymi czynnikami powodującymi emisję gazów cieplarnianych i zużycie energii. W kosztach ponoszonych przez gospodarstwo liczy się także koszt zakupu materiału siewnego. Wysoki względny udział materiału siewnego w kosztach całkowitych tłumaczy fakt, że dwie z analizowanych upraw nie wymagały nawozów ani pestycydów. To z kolei sugeruje, że mała zmiana w technologii produkcji może implikować małe koszty ale duże zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych.

Wpływ różnych miar oszczędności energii na ekonomikę produkcji i środowisko w odniesieniu do całego płodozmianu

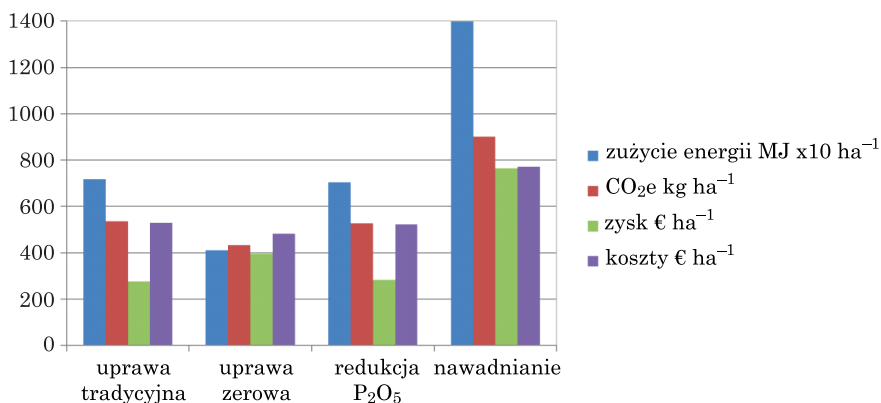
W tabeli 54 i na rysunku 46 ukazano koszty produkcji, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 hektar w uprawie tradycyjnej i alternatywnych wariantach uprawy opisanych uprzednio. Wariant 1 (uprawa zerowa) i 2 (ograniczone nawożenie fosforem) zmniejszają koszty, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych, podczas gdy wariant 3 (nawadnianie) powoduje odwrotne skutki. W rzeczywistości, koszty produkcji spadają o 10% w systemie uprawy zerowej, o 1% przy niższym zużyciu  $P_2O_5$  i rosną o około 50% po wprowadzeniu nawadniania. Podobne tendencje odnotowano dla zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych. Rezygnacja z uprawy roli zmniejszała zużycie energii o 40%, zmniejszenie nawożenia fosforowego o 2%, natomiast nawadnianie zwiększyło zużycie energii niemal dwukrotnie w porównaniu z tradycyjnym systemem uprawy. W przypadku emisji  $CO_2e$ , uzyskano spadek o 20% w systemie uprawy zerowej i o 2% przy ograniczeniu nawożenia, podczas gdy nawadnianie zwiększyło emisję gazów o 70%. Spadek uzyskany w pierwszych dwóch wariantach wynikał z mniejszego stopnia wykorzystywania maszyn/oleju napędowego i nawozów, zaś wzrost odnotowany w ostatnim wariantcie (nawadnianie) wynikał ze zwiększonych ilości stosowanych nawozów oraz energii elektrycznej zużytej na nawadnianie pola.

Tabela 54. Roczne koszty produkcji, zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych związane z implementacją miar oszczędności energii w płodozmianie z uprawami pszenicy

Rodzaj uprawy	Koszty roczne		Zużycie energii		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Tradycyjna uprawa roli	528,43	100,0	7171,26	100,0	535,97	100,0
Uprawa zerowa	482,90	91,4	4109,36	57,3	431,70	80,5
Redukcja nawożenia P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	522,63	98,9	7045,01	98,2	527,06	98,3
Nawadnianie	770,25	145,8	13979,11	194,9	900,23	168,0



Na rysunku 46 pokazano także zysk gospodarstwa przypisany każdemu wariantowi. Można zauważyć, że we wszystkich trzech wariantach zysk jest większy o 43% po rezygnacji z orki, głównie dzięki dotacjom kierowanym na tego typu technologię produkcji, o 2% po zmniejszeniu dawek nawozów  $P_2O_5$ , oraz ponad dwukrotnie w wariantcie z nawadnianiem upraw. W pierwszych dwóch przypadkach, większy zysk wynikał ze zmniejszenia kosztów produkcji, a w trzecim – z uwagi na wyższe plony.



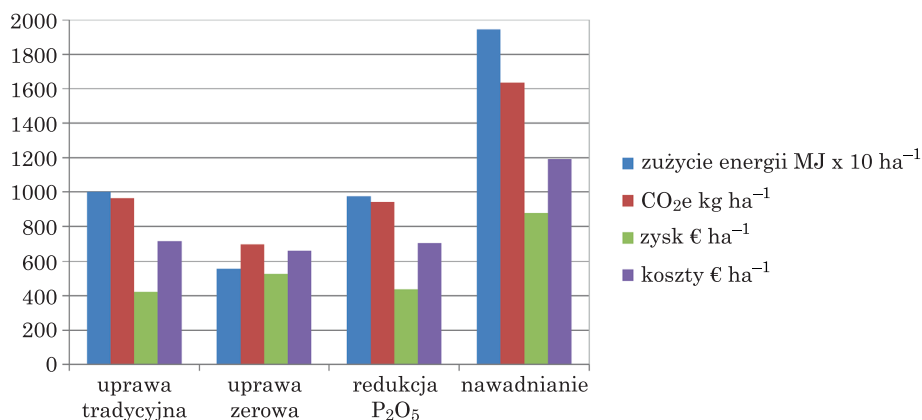
Rys. 46. Wpływ różnych miar oszczędności energii na koszty produkcji, zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych i zysk z produkcji w przeliczeniu na 1 hektar

### Wpływ różnych działań energooszczędnych w uprawie pszenicy na ekonomikę i środowisko

Na podstawie rysunków 47 i 48 możliwa jest bardziej szczegółowa analiza odnosząca się do uprawy pszenicy (uprawianej na 125 ha w omawianym układzie zmianowania) i jej produktywności w poszczególnych wariantach uprawy. Dane liczbowe ujmują koszty produkcji, zużycie energii, emisję CO<sub>2</sub>e oraz zysk w przeliczeniu na 1 hektar oraz 1 tonę ziarna pszenicy.

Dane z rysunku 47 ilustrują taką samą tendencję, którą opisano powyżej w odniesieniu do wszystkich upraw w płodozmianie. Warianty 1 i 2 zmniejszają koszty, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych, podczas gdy wariant 3 wywołuje odwrotne skutki. Faktycznie, koszty produkcji spadły o 8% w wariantcie z uprawą zerową, o 2% przy mniejszych dawkach nawozów fosforowych, wzrosły zaś o 66% po wprowadzeniu nawadniania pól. To samo dotyczyło zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych. Uprawa zerowa pozwoliła zmniejszyć zużycie energii o 45%, mniejsze dawki nawozów ograniczyły wydatkowanie energii o około 3% w porównaniu z uprawą tradycyjną.

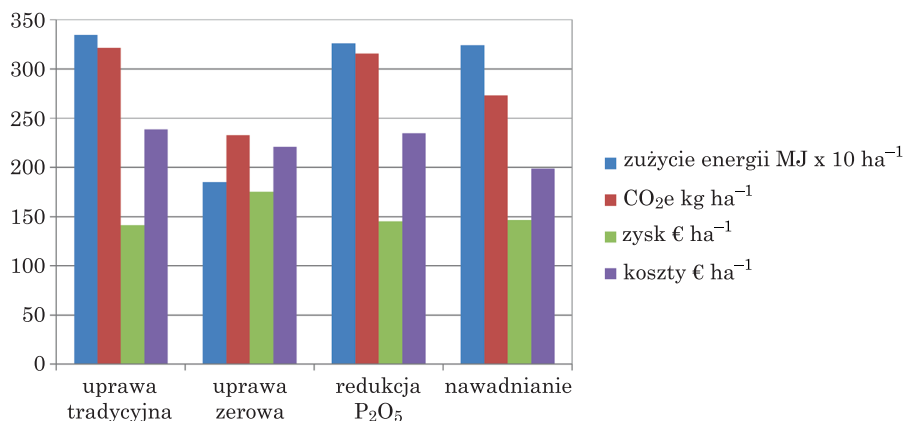
W przypadku emisji CO<sub>2</sub>e, uprawa zerowa spowodowała redukcję emisji gazów cieplarnianych o 30%, mniejsze zużycie nawozów ograniczyło o 2%, natomiast nawadnianie powodowało wzrost emisji o 70%. Ostatecznie, zysk z 1 hektara wzrósł o 24% przy uprawie zerowej oraz dwukrotnie przy zastosowaniu nawadniania.



Rys. 47. Wpływ różnych miar oszczędności energii na koszty produkcji, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych i zysk w produkcji pszenicy w przeliczeniu na 1 hektar

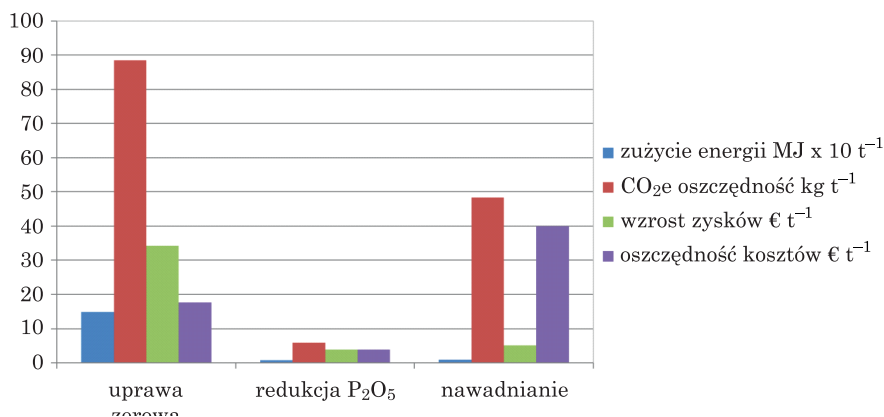
Rysunek 48 przedstawia wpływ implementowanych miar oszczędności energii na koszty produkcji, zysk, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych na 1 tonę wyprodukowanej pszenicy. W tym przypadku obraz relacji jest inny niż w przypadku danych przeliczonych na 1 hektar uprawy. Rozważając poziom produkcji uzyskanej przy danych kosztach produkcji, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych, można stwierdzić, że wszystkie trzy warianty upraw mogą przynieść większe zyski (w różnych proporcjach). Zużycie energii oraz emisja gazów cieplarnianych są mniejsze, rośnie natomiast zysk gospodarstwa, albo poprzez zmniejszenie kosztów produkcji albo dzięki zwiększonej wydajności produkcji.

Analizując zmienność kosztów w przeliczeniu na tonę wyprodukowanej pszenicy, stwierdzono, iż w porównaniu z tradycyjnym systemem uprawy uległy one zmniejszeniu o około 8%, 2% i 7% odpowiednio w wariantach 1, 2 i 3. Zużycie energii uległo redukcji o 45%, 3% i 3% odpowiednio w wariantach 1, 2 i 3. W przypadku emisji CO<sub>2</sub>e, uzyskano redukcję emisji o 30%, 2% i 15% w kolejnych wariantach. We wszystkich wariantach zysk był większy: o ok. 45% przy uprawie zerowej, 24% przy ograniczeniu nawozów fosforowych i 3% przy zastosowaniu nawadniania pola.



Rys. 48. Wpływ różnych miar oszczędności energii na koszty produkcji, zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na tonę ziarna pszenicy

Dane na rysunku 49 pokazują różnice w zużyciu energii, emisji gazów cieplarnianych, kosztach produkcji i zyskach między tradycyjnym systemem uprawy a alternatywnymi wariantami uprawy w przeliczeniu na 1 tonę ziarna pszenicy. Można stwierdzić, że największe oszczędności w kosztach produkcji umożliwia zastosowanie nawadniania. Z kolei, uprawa zerowa pozwala na największe oszczędności energii i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz najwyższą dochodowość produkcji.



Rys. 49. Różnice w kosztach produkcji, zyskach, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych przeliczone na 1 tonę ziarna pszenicy między podstawowym wariantem a działaniami energooszczędnymi

## Wnioski

Trzy analizowane warianty uprawy mają duży potencjał generowania oszczędności w nakładach produkcyjnych przykładowej farmy, zwiększając wydajność zasobów, a tym samym przyczyniając się do zwiększenia dochodowości farmy. Należy jednak pamiętać, że na każdy system produkcji mają wpływ różnorodne czynniki, stąd też potrzebne są dalsze badania w celu uzyskania wyników doświadczalnych, które pozwolą na pogłębioną analizę.

### 5.4.1.6. Miary oszczędności energii w systemie zmianowania pszenica-bawełna w Grecji

Autorzy: Athanasios Balafoutis, Panagiotis Panagakis, Demetres Briassoulis

#### Wstęp

Produkcja rolnicza w Grecji dzieli się na uprawy polowe, plantacje wieloletnie, ogrody, winnice i uprawy pod przykryciem. W uprawach polowych, zużycie paliwa przez ciągniki stanowi 90-95% całkowitych bezpośrednich nakładów energetycznych na prace polowe (Panagakis i in., 1996). Należy zatem wdrożyć działania mające na celu ograniczenie zużycia paliw kopalnych w pracach polowych. W tym celu zbadano szereg metod, takich jak uprawa uproszczona lub uprawa zerowa, ponieważ to właśnie uprawa roli pochłania najwięcej paliwa, a kolejnym istotnym nakładem energetycznym jest zbiór mechaniczny plonów.

Paliwa kopalne zasilające silniki traktorów i maszyn rolniczych dokładają do emisji gazów cieplarnianych. Uproszczona lub zerowa uprawa roli zostały uznane za efektywne działania energooszczędne i zmniejszające emisję gazów cieplarnianych, jednocześnie mające wpływ na ograniczenie kosztów produkcji.

Również nawozy, jako pośrednie nakłady energetyczne, w znacznym stopniu zwiększają całkowite zużycie energii w uprawach polowych. Zatem działania poprawiające skuteczność stosowanych nawozów istotnie poprawiają efektywność energetyczną produkcji. Techniki używane w rolnictwie precyzyjnym, o ile istnieje możliwość ich stosowania (powierzchnia gospodarstwa, zdolność inwestycyjna, itp.), gdzie mapy ilustrujące plonowanie upraw umożliwiają selektywne nawożenie, znacznie zmniejszają zużycie nawozów.

Systemy zmianowania w rolnictwie obejmujące uprawy intensywne i ekstensywne, np. zmianowanie upraw bawełny i pszenicy durum, mogą skutkować wzrostem żyzności gleb, które dzięki temu wymagają mniejszych

dawek nawozów, a mimo to mogą powodować większą produktywność roślin. Proponowane zmianowanie ma tę przewagę, iż nie wymaga nowych inwestycji; jednak ogranicza całkowity przychód z gospodarstwa, gdyż rośliny ekstensywne generują relatywnie niższe przychody (zależy to jednak od fluktuacji cen rynkowych).

Głównym celem niniejszego opracowania było przeanalizowanie wpływu 3 miar oszczędności energii w uprawie pszenicy i bawełny w Grecji. Uwagę skupiono przede wszystkim na ograniczeniu zużycia energii, a w następnej kolejności na efektach ekonomicznych i skutkach środowiskowych. Wybrane miary oszczędności energii uwzględniały:

- 1) uproszczoną uprawę obu gatunków roślin pszenicy i bawełny,
- 2) uproszczoną uprawę pszenicy,
- 3) zmniejszone stosowanie nawozów dzięki adaptacji w uprawie technik rolnictwa precyzyjnego.

## **Metodyka**

Wyjściowym scenariuszem wybranym do analiz jest typowa farma rolnicza o powierzchni 15 ha, z potencjalną możliwością zastosowania nawadniania, gospodarująca na glebach piaszczysto-gliniastych, z czteroletnim płodozmiarem bawełny i pszenicy, zlokalizowana w regionie administracyjnym Larissy, w Tesalii.

Tesalia jest największym regionem rolniczym w Grecji, z klimatem kontynentalnym, gdzie zimy są umiarkowane lub zimne, a lato jest suche i gorące. Roczne opady wahają się od 265 to 765 mm w całym regionie Tesalii (Proias i in. 2010), natomiast w okolicach miasta Larissy w okresie objętym analizami (1955-1997) wyniosły 423 mm (EMY 2012). Średnia temperatura wynosi 15,7°C, jednak maksymalne temperatury mogą przekraczać 45°C, a minimalne mogą spadać poniżej zera w czasie zimowych nocy (EMY 2012).

### **Wariant wyjściowy – tradycyjny system uprawy**

Tradycyjny system produkcji rolniczej jest oparty na 4-letnim płodozmiarem (bawełna-bawełna-bawełna-pszenica durum). Obie rośliny są jednoroczne, a pszenica durum jest traktowana jako uprawa ekstensywna, wysiewana jako roślina przerywająca następstwo bawełny po trzech latach intensywnej uprawy.

Tradycyjna uprawa pszenicy durum w analizowanej/modelowej farmie jest prowadzona według następujących etapów:

- Uprawa roli: przygotowanie gruntu pod siew, przy użyciu takich maszyn jak: (i) pług do głębokiej orki (35 cm), (ii) kultywator ciężki (2 przejazdy); (iii) brona talerzowa; (iv) kultywator lekki.
- Siew: pszenica jest wysiewana w listopadzie, siewnikiem w rzędy co 12 cm z dwoma pojemnikami: jeden na nasiona i drugi na nawozy. Do siewu zużywa się 170 kg ziarna ha<sup>-1</sup>, stosując jednocześnie niezbyt wysoki poziom nawożenia 80 kg N ha<sup>-1</sup> i 50 kg P ha<sup>-1</sup>.
- Chemiczne środki ochrony roślin: zazwyczaj przeprowadza się od 1 do 2 zabiegów odchwaszczania (10 g ha<sup>-1</sup>: triasulfuron 20% w/w<sup>41</sup>; 0,5 L ha<sup>-1</sup>: clodinafop 24%-propargyl 24% w/v; 1,5 L ha<sup>-1</sup>: tralkoxidim 21,55%).
- Nawożenie: dwa zabiegi nawożenia po wschodach roślin – na całkowitą dawkę nawozów składa się: 70 kg N ha<sup>-1</sup>, 25 kg P ha<sup>-1</sup>, 30 kg K ha<sup>-1</sup>.
- Zbiory: pszenica jest zbierana z pól pod koniec czerwca, przy użyciu wynajętego kombajnu; przeciętny plon wynosi 5 t ziarna ha<sup>-1</sup> i 3 t słomy ha<sup>-1</sup>.

Tradycyjna uprawa bawełny: w analizowanej/modelowej farmie odbywa się według następujących etapów:

- Uprawa roli: przygotowanie gleby po siew, przy użyciu następujących maszyn: (i) pług do głębokiej orki (35 cm); (ii) pogłębiacz (co trzy lata); (iii) kultywator ciężki (2 razy); (iv) brona talerzowa; (v) kultywator lekki.
- Siew: w kwietniu przy użyciu 4-rzędowego siewnika pneumatycznego (międzyrzędzia są szerokości 1 m) z 4 pojemnikami na nasiona oraz jednego pojemnika na granulaty insektycydu glebowego dla ochrony nasion. Wysiewa się 25 kg nasion ha<sup>-1</sup>, stosując jednocześnie nawożenie w ilości 50 kg N ha<sup>-1</sup> i 25 kg P ha<sup>-1</sup>.
- Uprawa międzyrzędzi: stosuje się trzy zabiegi kultywacji międzyrzędzi bez żadnych środków chemicznych. Jeśli rośliny bawełny nie będą na tyle wysokie, żeby przejazd ciągnikiem je zniszczył, stosowane są herbicydy. Innym ważnym powodem używania chemicznych środków produkcji jest ochrona zdrowych roślin bawełny przed zgnilizną korzeni.
- Chemiczne środki produkcji: zazwyczaj przeprowadza się 2 zabiegi odchwaszczania (2 L ha<sup>-1</sup>: trifluralin 48% w/v; 4 L ha<sup>-1</sup>: etalfluralin 33% w/v). Stosowane są inhibitory wzrostu, aby uniknąć opóźnionego dojrzewania (0,1 kg ha<sup>-1</sup>: chlorek trimetyloamoniowy (CCC) lub 1,5 L ha<sup>-1</sup>: chlorku mepikwatu). Gdy bawełna jest gotowa do zbioru, stosuje się środki chemiczne usuwające liście, co ułatwia pracę przy zbiorze bawełny (2,5 L ha<sup>-1</sup>: etefonu 48% w/v-cyklanilidu 6% w/v).
- Nawożenie: dwukrotna aplikacja nawozów – całkowita dawka wynosi 50 kg N ha<sup>-1</sup>, 25 kg P ha<sup>-1</sup> oraz 30 kg K ha<sup>-1</sup> i jest stosowana po wschodach roślin.

---

<sup>41</sup> Stężenie procentowe wagowe lub objętościowe (% weight per weight; v/v: % volume per volume; w/v: % weight per volume).

- Nawadnianie: po siewie stosuje się mało intensywne nawadnianie, aby ułatwić wschody roślin. Nadmierne nawadnianie jest niewskazane, gdyż tworzy skorupę na powierzchni gleby, która ogranicza wschody. Zatem, w zależności od potrzeb roślin stosuje się 6 zabiegów nawadniania w ilości 300-350 mL ha<sup>-1</sup>.
- Zbiory: zbiór bawełny odbywa się pod koniec października, przy użyciu wynajętego kombajnu do zbioru bawełny. Przeciętny plon wynosi 4.5 t nasion ha<sup>-1</sup>

Maszyny: farma posiada następujące maszyny: ciągnik 80 kW; pług obracalny (trzykibowy); kultywator z zębami sztywnymi (3 m); brona talerzowa (3 m); kultywator lekki (3 m); opryskiwacz (zawieszany, 500 L, zasięg ramienia 12 m); przyczepa (7 t); pneumatyczny siewnik do siewu w rzędach roślin jarych (4 m); mechaniczny siewnik do siewu ozimin (4 m); rozrzutnik nawozów odśrodkowy (12-36 m, 500 L); urządzenia do nawadniania (pompa, części pomocnicze, 33 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>); rury nawadniające. Dodatkowo farmer wynajmuje/zamawia usługę: spulchniacz gleby (raz na 3 lata); pszenica – zbiór kombajnem; bawełna – zbiór kombajnem.

Dotacje unijne: wybrane farmy otrzymują co roku dopłaty unijne do pszenicy i bawełny. Sumy dopłat są zróżnicowane i zależą od poziomu dotychczasowych upraw poszczególnych roślin w danym gospodarstwie. Dopłaty do pszenicy są powiązane z wielkością gospodarstwa – tym mniejsze im większa jest powierzchnia gospodarstwa. Średnia wielkość dopłat do produkcji pszenicy wynosi 110 € ha<sup>-1</sup>. W przypadku bawełny, dopłaty dzielą się na dwa rodzaje. Stała dopłata to 900 € ha<sup>-1</sup> do każdej plantacji bawełny, zaś dopłata zmienna zależy od wielkości farmy. W wybranych gospodarstwach dopłata ta wynosi 650 € ha<sup>-1</sup>. Zatem przeciętna dopłata do uprawy bawełny w roku, kiedy prowadzono niniejsze badania wyniosła 1550 € ha<sup>-1</sup>.

Metody użyte do obliczeń. Średnia wartość 1 kilograma nawozów NPK została wyliczona na podstawie cen płaconych za te nawozy w przykładowej farmie. Takie samo podejście przyjęto w wyliczeniach cen za chemiczne środki ochrony roślin (chwastobójcze, grzybobójcze i owadobójcze). Koszty nawadniania wyliczono tylko w oparciu o zużycie prądu, gdyż wodę potraktowano jako zasób naturalny odnawialny. W odniesieniu do maszyn, ich udział i wartość wyliczono według wartości odtworzeniowej i okresu eksploatacji każdej z tych maszyn lub wyposażenia w warunkach Grecji (Tabela 55). Okres eksploatacji określa trwałość danej maszyny lub urządzenia, czyli czas od pierwszego do ostatniego użycia.

Tabela 55. Sprzęt rolniczy w przykładowej farmie oraz maksymalny okres eksploatacji

Sprzęt	Okres eksploatacji (w latach)
Ciągnik, 70-80 kW	15
Maszyny uprawowe	
Pług trzyskibowy	12
Kultywator z zębami sztywnymi, 3,00 m	15
Brona talerzowa, 3,00 m	20
Kultywator lekki, 3,00 m	20
Inne urządzenia	
Opryskiwacz zawieszany, 500 L, 12,00 m	15
Przyczepa, 7 ton	20
Siewnik pneumatyczny, 4,00 m	15
Siewnik mechaniczny, 3,00 m	15
Rozrzutnik nawozów odśrodkowy, 12-36 m, 500 L	15
Pompa do nawadniania, 33 m <sup>3</sup> /h	15
Rurociąg do nawadniania	5

### Wariant 1 – uprawa uproszczona pod obie uprawy

Jedną z miar efektywności energetycznej do wykorzystania w tradycyjnym systemie uprawy jest stosowanie uprawy uproszczonej pod obie rośliny: pszenicę i bawełnę, utrzymując ten sam płodozmian. Ogólnie, systemy z uprawą uproszczoną lub zerową nie są powszechnie stosowane, gdyż farmerzy uważają, iż tylko pełna uprawa roli może zwiększyć poziom plonowania obu gatunków. Jednak wyniki badań publikowane w ciągu ostatnich lat wskazują na pozytywny wpływ uprawy uproszczonej przy bardzo małym lub zerowym spadku plonowania, zarówno w uprawach pszenicy, jak i bawełny.

Pszenica durum. Ograniczona uprawa roli pod pszenicę oznacza rezygnację z zaorania pola i 2 z 3 przejazdów kultywatorem, co z kolei skutkuje mniejszym o 58% zużyciem paliwa przez ciągniki rolnicze (Cavalari et al, 2003) oraz zmniejszeniem nakładów pracy ludzkiej o 16,7%. Wszystkie pozostałe zabiegi agrotechniczne są takie same jak w uprawie tradycyjnej. Zbiór pszenicy odbywa się w czerwcu, a uzyskane średnie plony są analogiczne jak w tradycyjnym systemie uprawy.

Bawełna. Uproszczona uprawa roli pod bawełnę oznacza zaniechanie 2 z 3 przejazdów kultywatorem, co pozwala na ograniczenie zużycie paliwa przez traktory o 27% (Gemtos i in. 1998; Cavalari et in. 2003) oraz zredukowanie nakładów pracy żywej o 9,5%. Wszystkie pozostałe zabiegi agrotechniczne są takie same, jak w uprawie tradycyjnej. Zbiory prowadzone są od końca września do początku października, a plony są nieco niższe, o 4,7%, niż przy uprawie tradycyjnej.



Maszyny. Jedną z zalet uproszczonej uprawy roli jest fakt, iż rolnik nie musi inwestować w nowe maszyny i sprzęt rolniczy. Ponadto, okres użytkowania niektórych urządzeń wydłuża się, gdyż są użytkowane mniej intensywnie.

### **Wariant nr 2 – Minimalna uprawa roli pod pszenicę**

Drugi z badanych scenariuszy obejmuje uproszczenie uprawy roli tylko pod pszenicę, ponieważ w małym stopniu wpływa na końcowy plon tej rośliny. Zatem, zbadano system uproszczonej uprawy roli w uprawie pszenicy opisany powyżej (Wariant 1).

### **Wariant nr 3 – Ograniczenie nawożenia i pestycydów w uprawie bawełny poprzez zastosowanie technik rolnictwa precyzyjnego**

Trzecim sposobem zmniejszenia nakładów energii w płodozmianie bawełna(3x)-pszenica było zastosowanie technik rolnictwa precyzyjnego do maksymalnego zmniejszenia zużycia nawozów i herbicydów na polach bawełny, która stanowiła uprawę intensywną.

W rolnictwie Grecji jest pewne opóźnienie we wdrażaniu innowacji takich jak rolnictwo precyzyjne. Taki stan warunkuje szereg przyczyn, z których najważniejsze zostały wymienione przez Papageorgiou & Spathisa (2000):

- 1) Problemy strukturalne greckiego rolnictwa z dużą liczbą małych i rozdrobnionych farm, co utrudnia rozpowszechnianie i stosowanie nowych technik, które mogłyby zwiększyć dochodowość farm.
- 2) Geograficzne rozproszenie farm i wynikające z tego trudności w przekazywaniu wiedzy i zaleceń przez odpowiednie organizacje i agencje, co utrudnia upowszechnianie nowych technologii.
- 3) Czynniki ludzkie, a mianowicie niski poziom wykształcenia dużej części (zazwyczaj starszych) farmerów, co przyczynia się do opóźnionej reakcji na zmiany rynkowe i adaptacji nowych technologii.
- 4) Wysoki średni wiek rolników, co powoduje mniejsze zainteresowanie planowaniem działalności rolniczej w długiej perspektywie czasowej, brak zdolności adaptacyjnych nowych technologii oraz pewien tradycjonalizm, który spowalnia adaptację zaawansowanych technologii produkcji rolniczej: farmerzy, szczególnie starsi, kultywują tradycyjne technologie produkcji, z którymi byli związani przez większość zawodowego życia.
- 5) Dopłaty stanowią znaczącą część dochodów rolniczych, zwłaszcza od czasu wstąpienia Grecji do Unii, tworząc klimat wystarczającego zadowolenia

z pracy i generalnie niechęci do angażowania się w rozwijanie nowych, innowacyjnych rozwiązań.

- 6) Wolniejsza implementacja nowych technologii w Grecji w porównaniu np. z krajami Europy Północnej.

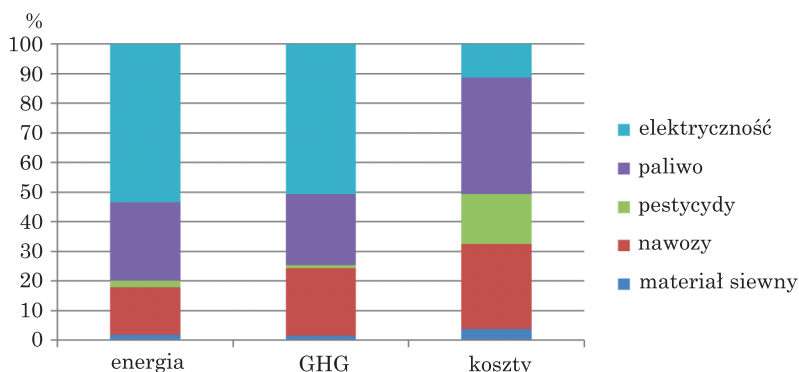
Niemniej jednak, w ciągu ostatnich kilkunastu lat rozpoczęto wykorzystywanie technik rolnictwa precyzyjnego w praktyce rolniczej. Obecnie trwają prace badawcze nad zastosowaniem rolnictwa precyzyjnego w uprawach bawełny i pszenicy. Przykładowo, Uniwersytet w Tesalii we współpracy z Narodową Fundacją Badań Rolniczych (Oddział w Larissie) w 2001 roku podjął próbę zastosowania technik rolnictwa precyzyjnego na polach bawełny w rejonie Karditsa, tworząc w tym celu mapy plonowania w połączeniu z parametrami glebowymi (Markinos i in. 2002; Gemtos i in. 2002). Kolejnym przykładem jest próba zastosowania rolnictwa precyzyjnego podjęta przez American Farm School w Grecji we współpracy z Uniwersytetem Georgia w USA (Gertsis i in. 2003).

Uwzględniając powyższe badania oraz wykorzystując dostępne dane ustalono, że techniki rolnictwa precyzyjnego mogłyby ograniczyć w 46% zużycie nawozów i o 81% zużycie herbicydów w uprawie bawełny (Mygdakos i in. 2005), bez ujemnego wpływu na plon, który nawet mógłby być wyższy.

Maszyny rolnicze. Jednym z ograniczeń rolnictwa precyzyjnego jest konieczność inwestycji w odpowiedni sprzęt i wyposażenie, które powinni obsługiwać odpowiednio przeszkoleni pracownicy. Należy zakupić sensory, komputer, drukarkę i – co najważniejsze – oprogramowanie do generowania map plonów, przy szacowanych kosztach około 13 000 €. Z drugiej zaś strony, takie wyposażenie może obsłużyć farmę o powierzchni co najmniej 100 ha, co oznacza, że jego właściciel może generować dodatkowy dochód farmy oferując usługi rolnictwa precyzyjnego innym farmerom w sąsiedztwie. Alternatywnym rozwiązaniem jest wynajmowanie dostępnych usług rolnictwa precyzyjnego. Należy jednak zauważyć, jak dotychczas koszty tego typu usług są trudne do oszacowania, gdyż w greckim rolnictwie techniki precyzyjne produkcji rolniczej nie są obecnie rozpowszechnione.

### **Względny udział różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w kosztach produkcji, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych**

Na rysunku 50 zilustrowano względny wkład różnych nakładów produkcyjnych w zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych i całkowite koszty produkcji upraw pszenicy i bawełny prowadzonych w 4-letnim plodozmianie według wyjściowego, tradycyjnego systemu produkcji.



Rys. 50. Względny udział różnych nakładów produkcyjnych na zużycie energii w farmie, emisję gazów cieplarnianych i efekty ekonomiczne w produkcji pszenicy

Analiza przedstawionych relacji wskazuje, że po pierwsze, zużycie prądu na nawadnianie pól bawełny przez 3 lata przyczyniło się w największym stopniu do zużycia energii (54%), jednocześnie powodując równie duży efekt emisji gazów cieplarnianych (51%). Paliwa i nawozy (3 lata uprawy bawełny i 1 rok uprawy pszenicy) stanowią kolejne ważne energochłonne nakłady produkcyjne (odpowiednio dla paliwa i nawozów 26% i 16%) oraz źródła emisji gazów cieplarnianych (24% i 22%). Można przyjąć, że w odniesieniu do każdej składowej procesu produkcyjnego zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych wykazują podobne proporcje między nakładami.

Jednakże, istotna jest analiza relacji między nakładami energetycznymi i emisją gazów cieplarnianych a kosztami produkcji. W tym kontekście adekwatnym przykładem jest duże zużycie energii elektrycznej, które odpowiada wysokiemu zużyciu energii pierwotnej oraz z tym powiązanej wysokiej emisji gazów cieplarnianych<sup>42</sup>, ale jednocześnie generuje względnie małe koszty (zasób naturalny) (11%). Takie uwarunkowania są korzystne dla greckich farmerów, ale często sprawiają, że woda jest używana nieracjonalnie, ponieważ jedynym celem produkcyjnym jest maksymalizacja plonów bez uwzględniania kwestii zrównoważonej produkcji, co staje się szczególnie istotne w kraju śródziemnomorskim o ograniczonych zasobach wody pitnej.

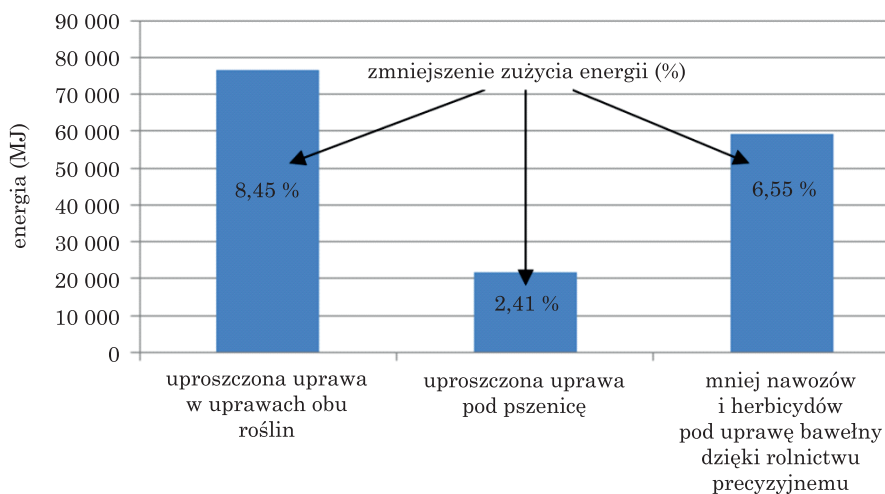
Zwraca uwagę wysoki koszt oleju napędowego (który jest importowany) oraz jego duży udział w kosztach całkowitych gospodarstwa. Nietrwale środki produkcji (materiał siewny, nawozy i pestycydy) stanowią także ważny składnik kosztów produkcji i rzutują na ostateczny dochód farmy.

<sup>42</sup> Węgiel brunatny używany do produkcji energii elektrycznej w Grecji jest przetwarzany do energii z niską sprawnością i jednocześnie dużą emisją gazów cieplarnianych.

## Efekty środowiskowe i ekonomiczne różnych miar oszczędności energii w systemie zmianowania pszenica-bawełna

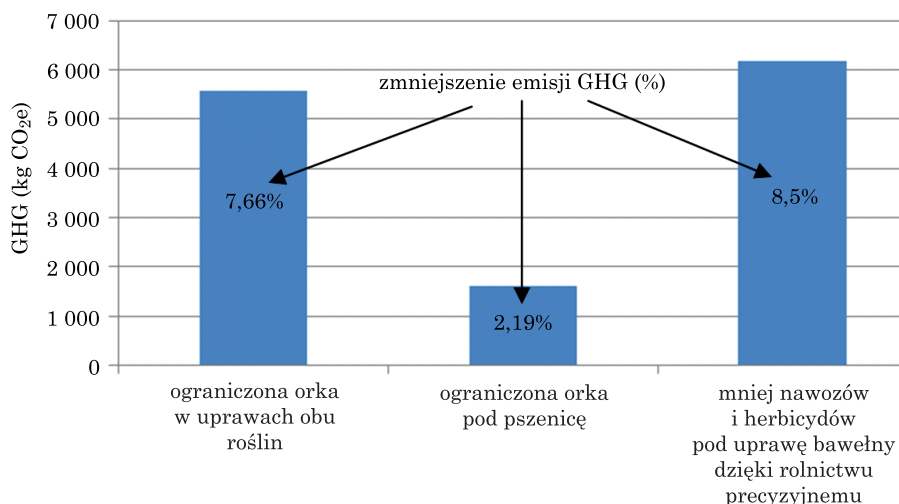
Trzy rozpatrywane warianty miały istotny wpływ na ograniczenie zużycia energii, osiągając tym samym zamierzony cel. Jak można było oczekiwać, zmniejszone zużycie energii przekładało się na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych. Ostateczny efekt ekonomiczny gospodarstwa (zysk) rozważano w dwóch scenariuszach. W jednym z nich założono, że farmer posiada własne grunty orne, w drugim zaś, że jest dzierżawcą. Takie scenariusze analizy wynikają z faktu, że koszty hipoteki są istotnie wyższe niż czynsz dzierżawny za taką samą powierzchnię gruntów, co znajduje odzwierciedlenie w różnej dochodowości farmy.

Na rysunku 51 zilustrowano efekty związane z oszczędnością energii. Można odnotować, że uproszczona uprawa roli w obu uprawach zmniejszyła zużycie energii o 76 531 MJ (8,45% całkowitego zużycia energii), w uprawie pszenicy nakłady energetyczne zmniejszyły się o 21 861 MJ (2,41% całkowitego zużycia energii), natomiast zastosowanie rolnictwa precyzyjnego ograniczyło zużycie energii o 59 377 MJ (6,55% całkowitego zużycia energii).



Rys. 51. Zmniejszenie zużycia energii w trzech alternatywnych scenariuszach produkcji pszenicy

W odniesieniu do emisji gazów cieplarnianych (Rys. 52) odnotowano, że uproszczona uprawa roli zastosowana w uprawie obu roślin: bawełny i pszenicy zmniejszyła emisję gazów cieplarnianych o 7,66%, uproszczona uprawa

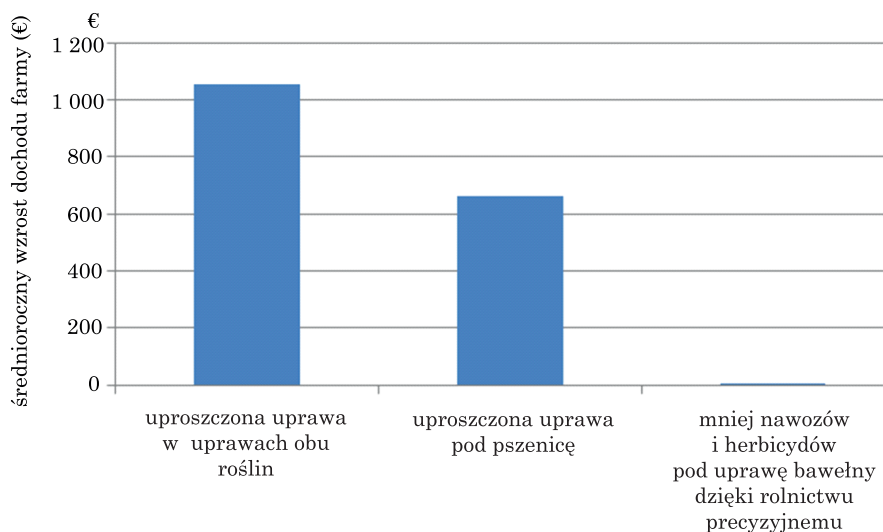


Rys. 52. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w trzech alternatywnych scenariuszach produkcji

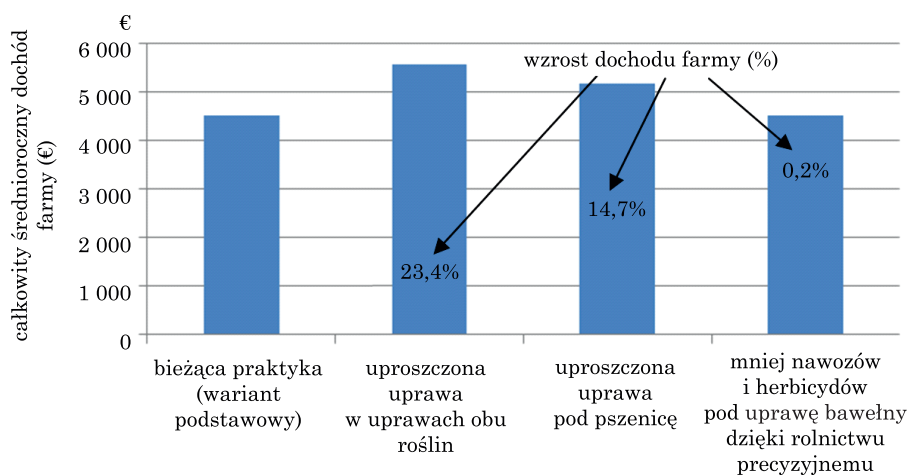
zastosowana tylko w produkcji pszenicy o 2,19%, zaś rolnictwo precyzyjne o 8,5% całkowitej emisji gazów cieplarnianych.

Implementacja wszystkich trzech miar oszczędności energii (warianty produkcyjne) pozwalała obniżyć koszty produkcji. Jednakże, po zastosowaniu pierwszej z nich, uproszczonej uprawy roli w produkcji bawełny i pszenicy, uzyskano mniejszy plon bawełny, który odpowiednio równoważyły mniejsze koszty produkcji (mniejsze zużycie oleju napędowego). Najwyższy średnioroczny przyrost dochodów odnotowano w pierwszym wariantcie (dzięki istotnej redukcji zużycia paliwa), zaś najmniejszy w trzecim wariantcie, przy stosowaniu technik rolnictwa precyzyjnego (wydatki na zakup sprzętu i wyposażenia) (Rys. 53).

W przypadku prawa własności gospodarstwa spłata hipoteki wynosi 16 200 € rocznie (około 36% rocznych kosztów całkowitych), zaś w przypadku dzierżawy gruntów roczny czynsz dzierżawny wynosi 4500 € (około 13% kosztów całkowitych). Zatem, dochód średnioroczny ma istotne znaczenie w scenariuszu zakładającym własność farmy, ponieważ obejmuje większy odsetek całkowitego dochodu farmy (Rys. 54). Produkcja na gruntach własnych farmy wykazuje dochody wyższe o odpowiednio 23,4%, 14,7%, 0,2%, gdy energooszczędne warianty produkcji zostaną wprowadzone zamiast wariantu produkcji konwencjonalnej.

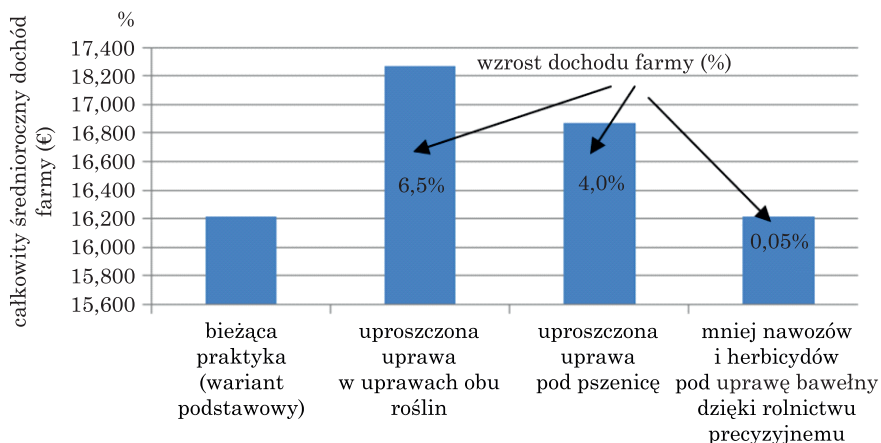


Rys. 53. Zwiększenie dochodów farmy w trzech alternatywnych scenariuszach produkcji pszenicy



Rys. 54. Całkowity zysk w wariantach wyjściowym i trzech alternatywnych wariantach produkcji pszenicy (własność gruntu)

Produkcja na gruntach dzierżawionych umożliwia uzyskanie dochodów, odpowiednio dla alternatywnych wariantów produkcji o 6,5%, 4%, i 0,05% (Rys. 55). Jednakże, dla farmy prowadzącej produkcję na gruntach dzierżawionych całkowity zysk jest wyższy. Wynika to z przewartościowania gruntów własnych w porównaniu z czynszem dzierżawnym, co oznacza, że zakup ziemi nie jest dochodowym przedsięwzięciem. Należy zauważyć, że 1/3 (17 850 €) całkowitych dochodów 15-hektarowej farmy pochodzi z dopłat, które utrzymują rentowność produkcji rolniczej. Bez dopłat, rozpatrywany system zmianowania roślin byłby nieekonomiczny.



Rys. 55. Całkowity zysk w wariantach wyjściowym i trzech alternatywnych wariantach produkcji pszenicy (dzierzawa gruntu)

## Wnioski

W powyższych rozważaniach podjęto próbę analizy efektów energetycznych, środowiskowych i ekonomicznych wynikających z zastosowania trzech miar oszczędności energii w praktyce produkcji pszenicy w Grecji, uprawianej w zmianowaniu z 3-letnią uprawą bawełny. Analizowane trzy warianty produkcji (uproszczono uprawa obu gatunków roślin, uproszczona uprawa pszenicy, zastosowanie technik rolnictwa precyzyjnego) umożliwiają uzyskanie oszczędności energii (co było motywacją niniejszej analizy), oraz dodatnie efekty środowiskowe (ograniczenie emisji gazów cieplarnianych) i ekonomiczne (wyższa dochodowość produkcji). Należy jednak dodać, że tego typu miary oszczędności energii winny być zbadane doświadczalnie, tak aby w przyszłości przekonać farmerów greckich do ich wdrożenia w praktyce produkcyjnej.

### 5.4.1.7. Posumowanie analizy efektów alternatywnych w studiach przypadków roślinnej produkcji polowej

Prezentowane studia przypadków wskazują na perspektywiczne opcje poprawy efektywności energetycznej w polowej produkcji roślinnej w wymiarze europejskim. Wiele z przedstawionych miar oszczędności energii (działań energooszczędnych) dotyczy racjonalnego nawożenia azotowego, ponieważ sztuczne (mineralne) nawozy azotowe mają bardzo wysoki udział w całkowitym zużyciu energii we wszystkich systemach polowej produkcji rolnej w Europie, z wyjątkiem rolnictwa organicznego, gdzie nie stosuje się sztucznych

nawozów azotowych. Większość z miar, których celem jest efektywniejsze wykorzystanie azotu z nawozów poprzez wykorzystanie technik rolnictwa precyzyjnego prowadzi do sytuacji typu wygrany-wygrany (win-win), w której pozytywne są zarówno efekty środowiskowe, jak i ekonomiczne (studium przypadku z Niemiec, rozdz. 5.4.1.1; i z Grecji rozdz. 5.4.1.6). Studium przypadku z Holandii (rozdz. 5.4.1.4) w wariancie z wykorzystaniem technik rolnictwa precyzyjnego wskazuje na oszczędność energii przy marginalnym efekcie ekonomicznym. Wszystkie miary oszczędności energii zorientowane na efektywność nawożenia azotem miały również dodatni wpływ na środowisko naturalne w postaci zmniejszonej emisji gazów cieplarnianych. Zazwyczaj, wpływ miar oszczędności energii związanych z ograniczeniem ilości nawozów azotowych był najsilniejszy w zakresie zmniejszania emisji gazów cieplarnianych, nieco słabszy w odniesieniu do oszczędności energii, a najsłabszy w aspekcie ekonomicznym. Istotne byłoby zbadanie, w jakim stopniu korzyści ekonomiczne generowane przez prezentowane miary są wystarczające na tyle, aby zachęcić praktykę rolniczą do wdrażania konkretnych działań energooszczędnych.

Bezpośrednie nakłady energetyczne w systemach polowej produkcji roślinnej wynikają głównie z zużycia paliwa oraz przechowywania/magazynowania zbiorów wraz z ich suszeniem (w krajach Europy Północnej) oraz wentylacją magazynów. Uproszczona uprawa okazała się korzystnym rozwiązaniem, z powodzeniem stosowanym w redukcji zużycia energii w uprawach polowych, które jest łatwe do wdrożenia i nie powoduje negatywnych efektów w plonie roślin.

W Finlandii, Niemczech i Holandii wykazano, że inwestycje w technologie suszarnictwa, izolację termiczną lub lepszą wentylację magazynów mogą przynosić korzyści ekonomiczne i ekologiczne. Prawdopodobieństwo, że takie inwestycje zostaną dokonane przez rolnika zależy od bieżącego stanu dochodów gospodarstwa oraz kosztów alternatywnych kapitału, które są znacząco odmienne w poszczególnych krajach europejskich.

## **5.4.2. Systemy produkcji mleka i wołowiny – studium przypadków w analizie efektywności energetycznej**

### **5.4.2.1. Miary oszczędności energii w produkcji mleka w Polsce**

Autorzy: Janusz Gołaszewski, Mariusz Stolarski, Zbigniew Brodziński, Ryszard Myhan, Ewelina Olba-Zięty

W Polsce, około 60% towarowej produkcji rolniczej wyrażonej w cenach bieżących stanowi produkcja zwierzęca, w tym ponad 6% stanowi produkcja mleka<sup>43</sup>.

---

<sup>43</sup> Ziętara W. 2009. Tendencies in Changes of Milk Production in Poland. (In Polish: Tendencje zmian w produkcji mleka w Polsce). *Annuals of Agricultural Sciences – Roczniki Nauk Rolniczych*, Seria G, 96(1): 27-35.



Przeciętnie, w produkcji mleka największy udział w kosztach bezpośrednich jest związany z żywieniem 63%, a około 7% stanowią koszty związane z obsługą weterynaryjną<sup>44</sup>. Z tego wynika, że jednym z istotnych elementów zwiększenia efektywności produkcji jest optymalizowanie żywienia i zapewnienie intensywniejszej profilaktyki weterynaryjnej (żywienie, rozród, inseminacja, brakowanie zwierząt, etc.). Wymienione kwestie stają się szczególnie istotne w warunkach wysokiej produkcyjności krów rzędu 8-10 tys. kg mleka rocznie, ponieważ przy takiej intensywności produkcji chów bydła mlecznego staje się bardzo wrażliwy na wprowadzanie zmian w technologii produkcji i wymaga szczególnie racjonalnej i ustabilizowanej dawki pokarmowej, jak również częstszej odnowy stada.

W niniejszej analizie jako miarę oszczędności energetycznej przyjęto zwiększenie intensywności produkcji krów mlecznych ze średnio intensywnej o wydajności 6000 litrów rocznie do intensywnej o wydajności 8000 litrów mleka rocznie. Analiza dotyczy chowu bydła mlecznego prowadzonego w systemie alkierzowym przy całorocznym żywieniu kiszoną z traw podwieńniętych o zawartości suchej masy 34%. Niniejsze analizy wsparto danymi liczbowymi ujętymi w przeciętnej kalkulacji dochodu rolniczego z produkcji 1 litra mleka opracowanymi przez ekspertów Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Gdańsku<sup>45</sup>.

W analizowanym wariacie produkcji rozważane są różnice w kosztach (wyrażonych w euro), nakładach energetycznych i emisyjności gazów cieplarnianych. Podstawowa różnica między systemami polega głównie na kompozycji paszy, w tym z większym udziałem śruty zbożowej (+41%) i mieszanek wysokobiałkowych (+5%) oraz uzupełnieniu paszy preparatem o wysokiej koncentracji składników odżywczych (Premix), a ponadto na jakości materiału hodowlanego i obsługi weterynaryjnej, w tym zabiegów inseminacji.

### **Względny udział różnych nakładów i składowych procesu produkcji na koszty produkcji, zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych**

W analizowanym studium przypadku miarą efektywności energetycznej jest zmiana intensywności produkcji mleka z 6000 L SD<sup>-1</sup> do 8000 L SD<sup>-1</sup>. Przy większej wydajności produkcji globalne koszty zwiększyły się o 21.6%, nakłady energetyczne o 15.2%, a emisje CO<sub>2</sub>e o 16.6% (Tab. 56).

---

<sup>44</sup> Nasalski Z. 2011. Methods for cost reduction in milk and beef production. In Polish: Metody obniżania kosztów produkcji mleka i mięsa wołowego. <http://www.portalhodowcy.pl/hodowca-bydla/198-numer-122010/1848-metody-obnizania-kosztow-produkcji-mleka-i-miesa-wolowego>.

<sup>45</sup> Artyszuk H. 2012. Exemplary calculation of agricultural profit from production of 1 liter of milk at various levels of production intensity. In Polish: Przykładowa kalkulacja dochodu rolniczego z produkcji 1 litra mleka przy różnych poziomach intensywności produkcji. [http://podr.pl/old/wydawnictwa/prod\\_rolnicza/zwierzeta/Mleko.pdf](http://podr.pl/old/wydawnictwa/prod_rolnicza/zwierzeta/Mleko.pdf). PODR Gdańsk.

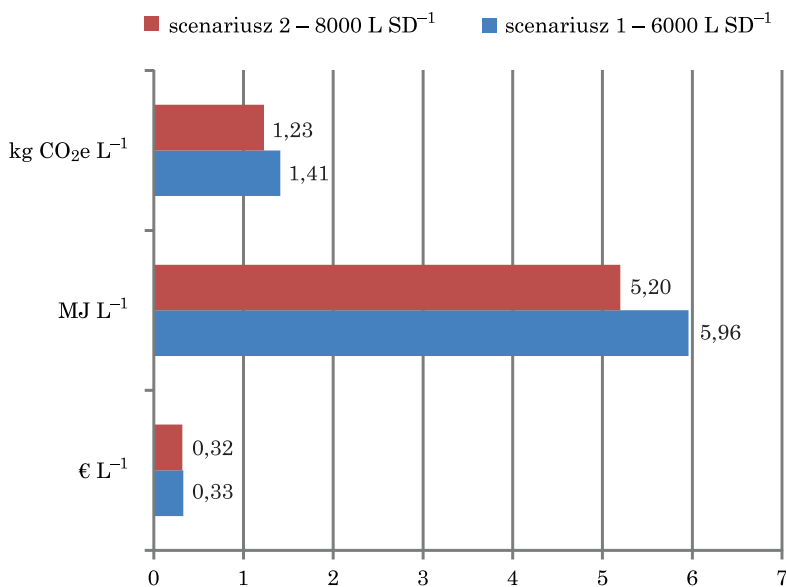
Tabela 56. Roczne koszty produkcji, zużycie energii oraz emisja gazów cieplarnianych w produkcji mleczarskiej w przeliczeniu na sztukę dużą (SD) związane z implementacją miary oszczędności energii polegającej na zwiększeniu intensywności produkcji mleka (scenariusze: 6000 L SD<sup>-1</sup> oraz 8000 L SD<sup>-1</sup>)

Specyfikacja	Koszt produkcji		Zużycie energii		Emisja gazów cieplarnianych CO <sub>2</sub> e	
	€ SD <sup>-1</sup>	%	MJ SD <sup>-1</sup>	%	kg SD <sup>-1</sup>	%
Scenariusz: 6000 L						
Pasza	1383	69,6	26 392	73,8	3235	38,3
w tym koncentraty	804	40,5	12 116	33,9	1792	21,2
Usługi weterynaryjne	75	3,8				
Wymiana stada	119	6,0	3047	8,5	1355	16,0
Energia elektryczna	38	1,9	2910	8,1	150	1,8
Paliwa	89	4,5	3400	9,5	197	2,3
Nakłady/koszty pośrednie	282	14,2				
Emisja metanu	3505	41,5				
Razem	1986	100,0	35 748	100,0	8442	100,0
Scenariusz: 8000 L						
Pasza	1766	69,7	31 531	75,8	4135	42,0
w tym koncentraty paszowe	1184	46,7	17 216	41,4	2689	27,3
Usługi weterynaryjne	99	3,9				
Wymiana stada	159	6,3	3047	7,3	1355	13,7
Energia elektryczna	44	1,8	3395	8,2	175	1,8
Paliwa	95	3,8	3630	8,7	211	2,1
Nakłady/koszty pośrednie	371	14,6				
Emisja metanu					3980	40,4
Razem	2535	100,0	41 602	100,0	9855	100,0
Zmiana scenariusza produkcji	21,6		14,1		14,3	

Niezależnie od wariantu produkcji w strukturze kosztów dominowała pasza 1383 € (69.6%), w dalszej kolejności usługi weterynaryjne i remont stada oraz bezpośrednie nakłady energetyczne. Przy wydajności 8000 L SD<sup>-1</sup> większy był udział kosztów związanych z paszami treściwymi o 6.2% oraz usługami weterynaryjnymi i remontem stada o 0.4%. Z kolei nakłady energetyczne mimo większych kosztów przy poziomie produkcji 8000 L SD<sup>-1</sup> miały mniejszy procentowy udział w strukturze kosztów, odpowiednio zużycie energii elektrycznej było mniejsze o 0.1%, a paliw o 0.7%. Różnica w strukturze nakładów energetycznych między dwoma wariantami produkcji wynikała głównie z większych nakładów energetycznych o 7.7% na pasze treściwe. Podobnie, emisja CO<sub>2</sub> w wariantcie większej wydajności 8000 L SD<sup>-1</sup> była większa o 6.3% aniżeli w wariantcie wydajności 6000 L SD<sup>-1</sup>.

## Wpływ miar efektywności energetycznej na wyniki ekonomiczne, zużycie energii i efekty środowiskowe

Zwiększenie intensywności produkcji mleka z 6000 do 8000 L SD<sup>-1</sup> poprawiło efekt ekonomiczny, energetyczny i środowiskowy (Rys. 56).



Rys. 56. Wpływ zwiększenia intensywności produkcji na redukcję kosztów, zużycia energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 l mleka

W porównaniu z niższą intensywnością produkcji mleka 6000 L SD<sup>-1</sup> zwiększenie intensywności produkcji do 8000 L SD<sup>-1</sup> spowodowało zmniejszenie przeciętnych kosztów produkcji jednego litra mleka o 4,3% z poziomu 0,33 € L<sup>-1</sup> przy mniejszej produkcyjności do 0,32 € L<sup>-1</sup> przy większej produkcyjności. Jednocześnie przy większej produkcyjności krów nakłady energetyczne zmniejszyły się o 0,65 MJ L<sup>-1</sup> (11,6%) z poziomu 5,45 MJ L<sup>-1</sup> do poziomu 4,82 MJ L<sup>-1</sup>, zaś emisje ditlenku węgla o 0,12 kg CO<sub>2</sub>e L<sup>-1</sup> (10,0%) z poziomu 1,18 kg CO<sub>2</sub>e L<sup>-1</sup> do 1,06 kg CO<sub>2</sub>e L<sup>-1</sup>.

### 5.4.2.2. Działania energooszczędne w produkcji mleka w Holandii

Autorzy: Arie Klop, Harm Wemmenhove, Hilko Ellen

Holenderskie ферmy mleczne są to przede wszystkim tradycyjne gospodarstwa rodzinne. Przeciętnie stado krów mlecznych liczy 80 krów, o wydajności rocznej w przeliczeniu na sztukę dużą około 8500 kg mleka o zawartości tłuszczu 4,4% i białka 3,5%. Typowa ferma wybrana do studium przypadku posiadała 16,19 ha gruntów rolnych, w tym 11,33 ha użytków zielonych i 4,86 ha pod uprawami kukurydzy na kiszonkę (całe rośliny). Do odnowy stada, corocznie utrzymuje się w gospodarstwie 28 jałówek i 35 cieląt. Średnia waga krowy wynosi 600 kg, a przeciętny wiek to 4 lata i 3 miesiące. W czasie letnich miesięcy prowadzony jest wypas; krowy przebywają na pastwisku w pobliżu gospodarstwa. Zimą dawka pokarmowa składa się z 20 kg sianokiszonki, 14 kg kiszonki z kukurydzy i 7 kg pasz treściwych (wszystkie liczby w przeliczeniu na kg paszy na 1 krowę dziennie). Udój krów ma miejsce w hali udojowej typu rybia oś z 16 stanowiskami. Na poziomie ферmy, największą ilość energii pochłania proces dojenia i schładzania mleka w czasie przechowywania. Większość prac jest wykonywana za pomocą własnych maszyn i pracy żywej. Częściowo z pracy najemnej korzysta się w czasie przygotowania kiszonki. Całkowita suma nakładów związanych z budynkami wynosi 7000 – 8000 € na krowę, nie wliczając gruntów i maszyn.

W tabeli 57 przedstawiono przychody i koszty typowej ферmy w Holandii (rok 2011). Koszty nakładów związane z budynkami i gruntem są opłacone z różnicy między przychodami a kosztami.

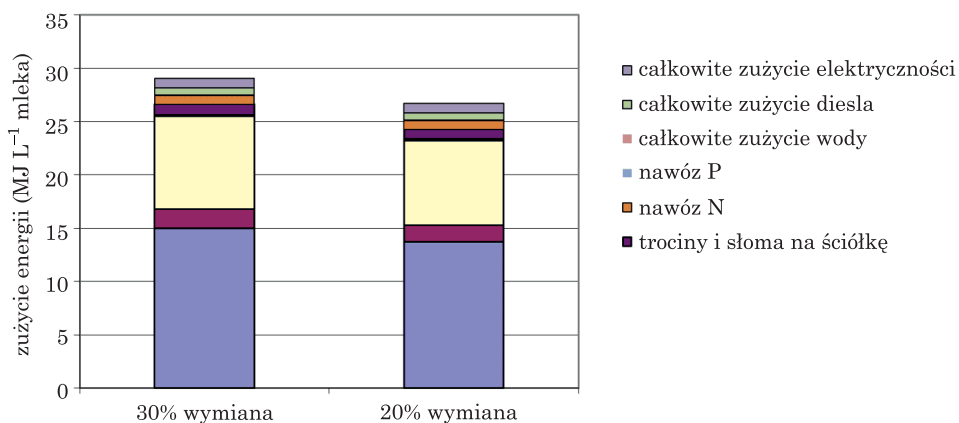
Tabela 57. Przychód i koszty w holenderskiej ферmie mlecznej ze stadem 80 krów mlecznych

Przychód/koszt	Suma (€)
Przychód ze sprzedaży produktów	269 200
<b>Koszty</b>	
Koszty pasz	40 960
Pastwisko (nawozy, ogrodzenie, pestycydy)	23 760
Budynki (woda, ściółka, itp.)	6320
Elektryczność	6880
Opieka weterynaryjna	15 920
Praca zlecona	30 400
Koszty całkowite	124 240
(na 100 L mleka)	(18,27)

W kontekście poprawy efektywności energetycznej przeanalizowano trzy miary: 1) lepsze wykorzystanie pasz i mniejsze zużycie energii w wychowie młodych zwierząt, 2) odzysk ciepła z mleka, 3) mniejszy całkowity nakład energii ale większa ilość energii na wyprodukowanie 1 kg mleka – porównanie rolnictwa tradycyjnego i organicznego.

### Lepsze wykorzystanie pasz

W przypadku tej miary, celem było lepsze wykorzystanie pasz, dlatego zmniejszono wskaźnik wymiany stada z 30% do 20% obsady, co oznaczało, że mniejszą ilość pasz przeznaczano na wychów młodzieży, a powstałe zapasy pasz wykorzystano efektywniej bezpośrednio na produkcję mleka. Wniosek: dłuższy okres użytkowania krów wpływa na zmniejszenie wskaźnika wymiany stada. Efektywność energetyczna poprawia się o około 8%. Różnicę w efektywności energetycznej zilustrowano na rysunku 57.

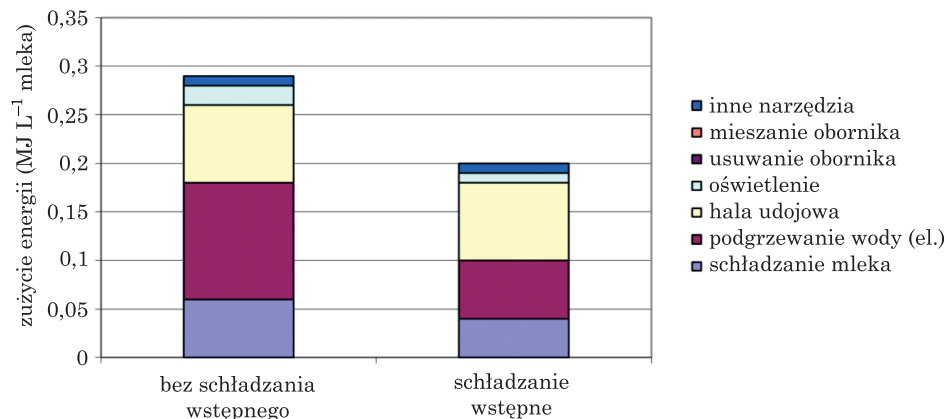


Rys. 57. Różnica w efektywności energetycznej (w MJ L<sup>-1</sup> mleka) pomiędzy 20% a 30% wymianą krów na jałówki

### Odzysk ciepła z mleka

Zastosowano schładzanie wstępne; bezpośrednio po udoju mleko jest schładzane wodą do 15°C. Energia ze schładzalnika wykorzystywana jest do ogrzania wody do 50°C. Woda ta jest używana do mycia urządzeń i w pracach porządkowych, a czasem nawet w domu. Ponadto, z uwagi na dodatkowy koszt zakupu przemiennika częstotliwości pompy podciśnienia całkowity koszt inwestycyjny oszacowano na € 7000. Wymienione przedsięwzięcia pozwoliły

obniżyć nakład energii na schładzanie i przechowywanie mleka o 740 MJ SD<sup>-1</sup> rocznie w gospodarstwie ze stadem 80 krów mlecznych. To oznacza redukcję bezpośrednich nakładów energii elektrycznej o 30% (Rys. 58).

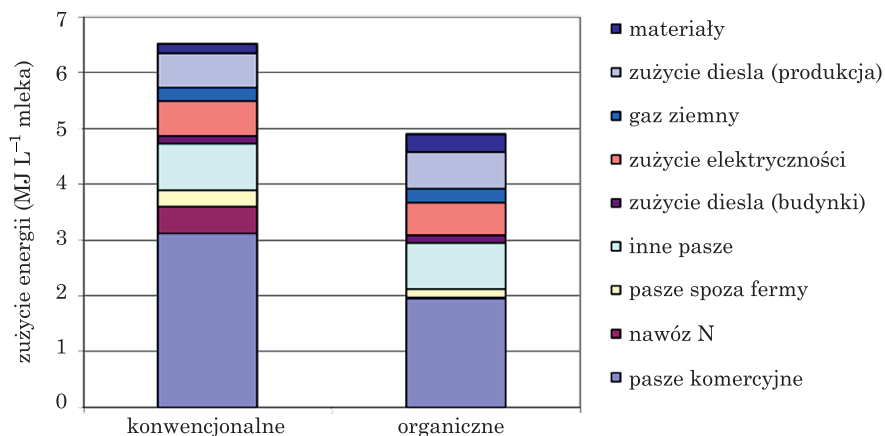


Rys. 58. Różnica w bezpośrednim zużyciu elektryczności (MJ L<sup>-1</sup> mleka) w oborze 80 krów mlecznych z odzyskiem i bez odzysku ciepła

## Porównanie rolnictwa tradycyjnego i ekologicznego

W literaturze przedmiotu znajdują się opracowania związane z wyliczeniami różnic w nakładach energii między systemami rolnictwa konwencjonalnego i organicznego (Bos i in. 2007). W niniejszych analizach nakłady energetyczne obliczono dla wszystkich pasz kupowanych poza fermą; energię zakumulowaną w nawozach oraz zużycie oleju napędowego, gazu naturalnego i energii elektrycznej niezbędnych do zasilania urządzeń produkcyjnych. Wniosek: stwierdzono duże różnice w zużyciu energii, kosztach nawozów oraz pasz treściwych. Rolnictwo organiczne prowadzi do zmniejszenia zużycia energii o 25% w porównaniu z rolnictwem konwencjonalnym. W badaniach Bosa i in. (2007) nie brano pod uwagę nakładów energii z pasz objętościowych produkowanych w gospodarstwie oraz własnych pasz treściwych. Na rysunku 59 przedstawiono różnice w zużyciu energii wynikające z powyższych badań.

W przypadku, gdy podaną różnicę uwzględni się w badaniach własnych, to można stwierdzić, że ograniczenie zużycia energii wynosi 13% w przeliczeniu na każdy liter mleka. Wydajność krów prowadzonych w fermach organicznych szacuje się na około 7950 kg mleka od krowy rocznie.



Rys. 59. Różnica w zużyciu energii między systemem rolnictwa konwencjonalnego a organicznego w MJ L<sup>-1</sup> mleka (Bos i in. 2007)

### Udział względny różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużyciu energii, całkowitych kosztach produkcji i emisji gazów cieplarnianych

W tabeli 58 ujęto wpływ implementacji różnych miar oszczędności energii na zużycie energii, koszty i emisję gazów cieplarnianych. Efekty wyliczono na przykładzie standardowej fermi mlecznej w Holandii, ze stadem 80 krów, i podano w przeliczeniu na 1 litr mleka. Największy wpływ na zużycie energii i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 litr mleka charakteryzowała się produkcja zgodnie z zasadami rolnictwa organicznego. Wynikało to głównie z mniejszej ilości pasz komercyjnych i nawozów zużywanych w procesie produkcyjnym.

Tabela 58. Roczne koszty, zużycie energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych związane z miarami efektywności energetycznej w przykładowej holenderskiej fermie mlecznej

	Koszty roczne		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ 100 kg <sup>-1</sup> mleka	%	MJ L <sup>-1</sup> mleka	%	CO <sub>2</sub> e L <sup>-1</sup> mleka	%
Wariant podstawowy	18,27	100	29,1	100	280,3	100
Lepsze wykorzystanie pasz	18,27	100	26,7	92	280,2	100
Odzysk ciepła	17,96	98	28,8	99	245,3	90
Rolnictwo organiczne	N,d,		25,2	87	166,3	59

### 5.4.2.3. Miary efektywności energetycznej w produkcji bydła mlecznego w Portugalii

Autorzy: Fátima Baptista, Dina Murcho, Luis Leopoldo Silva, Carlos Marques

#### Wstęp

Według danych portugalskiego Ministerstwa Rolnictwa, Rozwoju Obszarów Wiejskich i Planowania w 2009 roku sektor mleczarski generował 12% krajowego produktu rolniczego. W tym samym roku, zgodnie z danymi Krajowego Instytutu Statystyki (2011), Portugalia miała 278 416 krów mlecznych, z największą ich liczbą na Azorach i regionie Douro-Minho (w każdym po 33% całego pogłowia). Na północnym wybrzeżu Portugalii znajduje się 12%, a w Alentejo 8% pogłowia bydła mlecznego. Tam też są największe fermy mleczne (średnio 138,4 krowy w stadzie).

Chów bydła mlecznego jest jednym z tych działów rolnictwa, który w dużym stopniu rozwinął się po wstąpieniu Portugalii do Unii Europejskiej, głównie dzięki specjalizacji produkcji i inwestycjom strukturalnym w rolnictwie. Z punktu widzenia gospodarstwa nastąpił wzrost wielkości fermy oraz koncentracja gruntów przy czym znacząco zmniejszyła się liczba małych producentów. Mimo spadku pogłowia bydła mlecznego w okresie ostatnich 10 lat, krajowa produkcja mleka pozostała na niemal stałym poziomie dzięki wzrastającej wydajności mlecznej wynikającej z dużych inwestycji w technologię produkcji i postępowi genetycznemu.

Według Rodrigues i in. (2012) ekonomiczne wyniki ferm mlecznych zależą głównie od ilości i jakości produkowanego mleka, kosztów pasz i wydajności reprodukcyjnej stada. Według tych autorów, w 2007 roku średnia produkcja mleka 1 krowy wyniosła około 8500 kg rocznie, przy zawartości tłuszczu 3,61% i białka 3,21%.

Głównym celem niniejszego opracowania było zbadanie jaki wpływ na efekty ekonomiczne, zużycie energii i stan środowiska naturalnego (emisja gazów cieplarnianych) ma zmiana technologii produkcji w kierunku wysokiej wydajności mlecznej osiągananej przez modyfikację diety (ilość i jakość). Wyjściowym wariantem jest ferma krów mlecznych z roczną wydajnością od sztuki 7500 kg mleka, natomiast wariant alternatywny określa wydajność 11 000 kg mleka od krowy rocznie. Należy zauważyć, że krowy z tak wysoką wydajnością mleczną są znacznie bardziej wrażliwe na wszystkie czynniki produkcji, w tym takie jak stan budynków inwentarskich, dobrostan zwierząt, jakość wody pitnej, zabiegi zootechniczne, kwalifikacje personelu oraz żywienie.



## Wariant wyjściowy

Jako wariant wyjściowy wybrano typową fermę ze stadem 140 krów mlecznych prowadzoną w regionie Alentejo. Wydajność mleczną określa produkcja 7500 kg mleka od krowy rocznie przez 305 dni laktacji. Ferma ma kompletną infrastrukturę produkcyjną, łącznie z halą udojową i miejscem do przechowywania mleka. Zwierzęta pozostają w oborze przez cały dzień. Ferma posiada cały niezbędny sprzęt, taki jak ciągniki, mieszalniki pasz do przygotowywania i zadawania pasz, oraz zbiornik do schładzania i przechowywania mleka. Zużycie bezpośrednich nośników energii dotyczy przede wszystkim udoju i schładzania mleka.

Mieszanka paszowa, w ilości 39,5 kg na krowę dziennie, składa się z 24 kg kiszonki z kukurydzy, 4 kg kiszonki z życicy, 3,6 kg soi, 1,8 kg glutenu kukurydzianego, 2,8 kg mączki kukurydzianej, 2,8 kg pulpy z owoców cytrusowych oraz 0,5 kg białka i składników mineralnych. Średnia zawartość suchej masy w paszy wynosi 40%. Pasze zadawane są dwa razy dziennie. Krowy są prowadzone do wydajalni mleka dwa razy dziennie. Cykl produkcyjny krów mlecznych z założenia trwa 8 lat, co oznacza roczną wymianę stada na poziomie 12,5%. Wszystkie cielęta urodzone w gospodarstwie są sprzedawane, a nowe sztuki do odnowy stada są kupowane z wyspecjalizowanego gospodarstwa hodowlanego. Fermy mleczne otrzymują dopłaty w wysokości 0,018 € do 1 kg mleka.

## System wysokoprodukcyjny

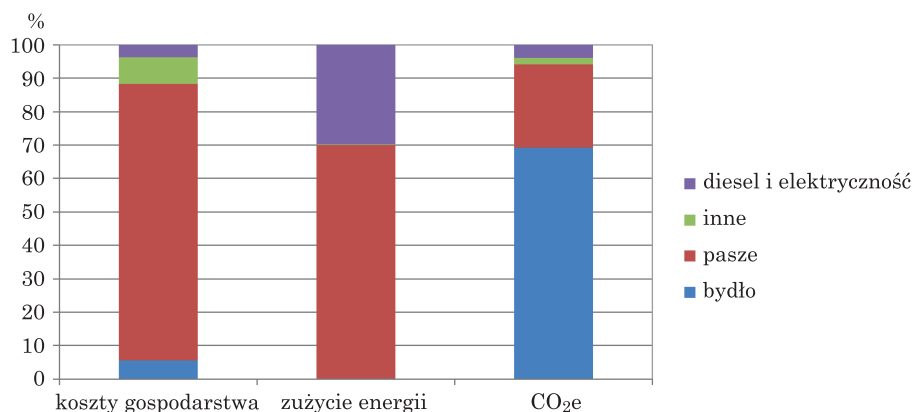
Jak wspomniano, alternatywny wariant produkcji mlecznej zakłada wydajność zwiększoną do 11 000 kg mleka od krowy rocznie. Wzrost wydajności osiągnięto za pomocą zmodyfikowanej diety, przy założeniu, że wszystkie pozostałe ważne elementy produkcji pozostają pod kontrolą. Źródłem danych jest autentyczna ferma, która prowadzi produkcję w opisanych warunkach.

Pasza, w sumie 45,7 kg na sztukę dziennie, jest zadawana dwa razy dziennie, tak by była zawsze dostępna i świeża. Dawka pokarmowa składa się z 0,2 kg siana, 6,5 kg ziarna – pozostałości z przemysłu browarniczego, 2 kg wysłodków buraczanych, 3,6 kg prosa, 1,33 kg minerałów, 2,55 kg rzepaku, 2,5 kg koniczyny, 23 kg kiszonki z kukurydzy i 4 kg kiszonki z życicy. Średnia zawartość suchej masy wynosi 48%. Krowy przemieszczają się do hali udojowej trzy razy dziennie. Cykl produkcyjny krowy trwa 5 lat, dlatego też coroczna odnowa stada jest na poziomie 20%. Podobnie jak w wariantcie wyjściowym, wszystkie zwierzęta urodzone w gospodarstwie są sprzedawane, a nowe sztuki do odnowy stada są kupowane z wyspecjalizowanego gospodarstwa. Dopłaty do mleka wynoszą 0,018 € do 1 kg mleka.

## Wpływ różnych miar efektywności energetycznej na efekty ekonomiczne i środowiskowe

Na rysunku 60 zilustrowano udział względny różnych nakładów w kosztach całkowitych, emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) i zużyciu energii dla fermy mlecznej w wyjściowym wariantcie produkcji. Naturalnie, różne nakłady w różnych proporcjach wnoszą wkład w koszty całkowite, zużycie energii w technologii produkcji oraz emisję gazów cieplarnianych. To sugeruje, że niewielkie zmiany w sposobie produkcji mogą powodować małą zmianę w kosztach, ale mogą mieć znaczący wpływ na zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych.

W strukturze kosztów, najwyższy koszt i ok. 83% udział w kosztach całkowitych dotyczy pasz. Pasaż odpowiada za 70% zużycia energii oraz 30% zużycia oleju napędowego i elektryczności. W przypadku emisji gazów cieplarnianych, najbardziej istotnym czynnikiem emisjotwórczym są same krowy, które odpowiadają za 70% emisji, następnie są pasze – około 25% emisji. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest emisja metanu w trakcie fermentacji jelitowej oraz z fermentującego obornika. Tego typu wpływ na emisje środowiskowe został dobrze udokumentowany w pracach Schils i in. (2006) oraz Van der Hoek i Van Schijndel (2006).



Rys. 60. Względny udział różnych nakładów na produkcję fermy mlecznej w kosztach fermy, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na krowę mleczną (kategoria 'inne' obejmuje ściółkę, opiekę weterynaryjną i zużycie wody)

W tabeli 59 przedstawiono koszty i dochody w wariantach wyjściowym i alternatywnym. W kosztach całkowitych produkcji największy jest udział pasz, stanowiący około 83% i 77% kosztów zmiennych odpowiednio w wariantcie wyjściowym i alternatywnym. Koszty stałe zawierają koszty pracy oraz

amortyzacje maszyn, sprzętu, budynków i inwentarza. Przychód generuje sprzedaż mleka, cieląt, krów brakowanych ze stada oraz dopłaty do mleka. Cena mleka wynosi 0,33 € kg<sup>-1</sup>.

Tabela 59. Koszty i dochód w portugalskiej fermie mlecznej ze stadem 140 krów

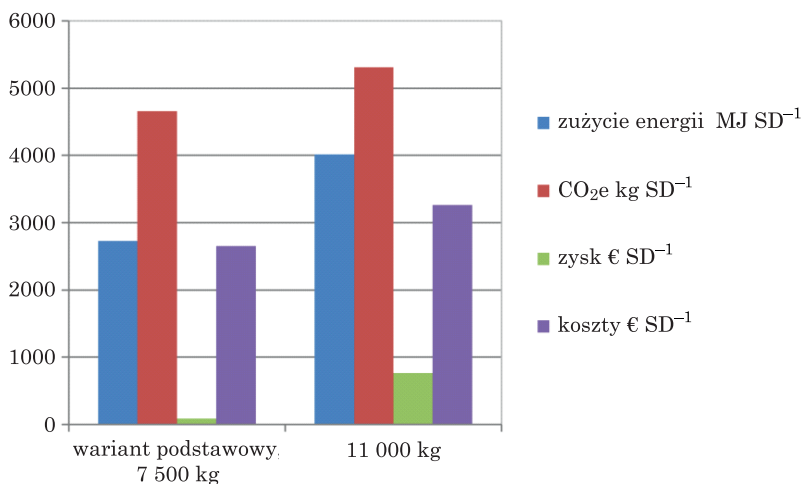
	Wariant wyjściowy 7500 kg mleka rocznie		Wariant alternatywny 11 000 kg mleka rocznie	
	(€ rok <sup>-1</sup> )	%	(€ rok <sup>-1</sup> )	%
Koszty zmienne				
Wymiana stada	15 750,00	6	28 000,00	8
Mieszalnik pasz	236 235,30	83	258 893,04	77
Ściółka	9 345,00	3	13 706,00	4
Lekarstwa	12 915,00	5	18 942,00	6
Woda	252,43	0	252,43	0
Budynki – prąd	8 190,00	3	12 012,00	4
Diesel	2 415,00	1	3 542,00	1
Całkowite koszty zmienne	285 102,73	100	335 347,47	100
Koszty stałe	86 220,00		121 500,00	
Koszty całkowite	371 322,73		456 847,47	
Dochód	383 796,00		563 962,00	
Marża własna netto	12 473,27		7 114,53	
Marża własna netto minus koszty własne	-6 741,73		78 932,53	

W wariantcie wyjściowym całkowity koszt produkcji 1 kg mleka wynosił 0,354 euro. Oznacza to słabą wydolność ekonomiczną fermy i ma odzwierciedlenie w niskiej marży: 89,09 € na krowę. Zatem, bez dopłat unijnych do mleka dochód netto z produkcji jest ujemny. W przypadku intensywnej produkcji całkowite koszty wynosiły 0,297 € kg<sup>-1</sup>, a marża netto w przybliżeniu 765 € na krowę, co wskazuje na efektywność ekonomiczną produkcji.

W tabeli 60 i na rysunku 61 przedstawiono koszty produkcji, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na sztukę bydła mlecznego. Generalnie, zwiększenie wydajności produkcji jako efekt modyfikacji dawki pokarmowej zwiększało koszty produkcji, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych (odpowiednio o 23%, 47% i 14%). Ten wzrost może rekompensować zwiększona produkcja mleka. Rzeczywiście, wykazano, że można zwiększyć wydajność zasobów produkcyjnych poprzez zwiększenie produktywności i zmniejszenie zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na jednostkę produkcji. Na rysunku 61 zilustrowano wpływ różnych wariantów produkcji na dochodowość ferm mlecznych. Można stwierdzić, że w przeliczeniu na sztukę dużą intensywna produkcja zwiększała zysk 7-krotnie.

Tabela 60. Roczne koszty, zużycie energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych w wariantach produkcji mlecznej

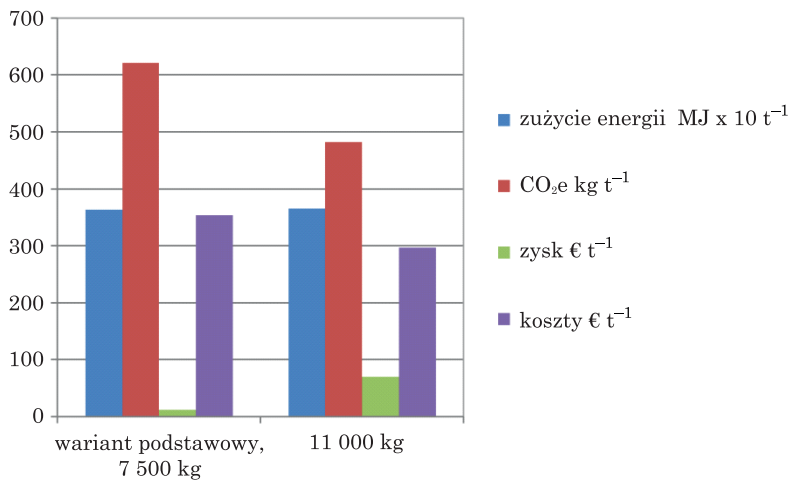
	Koszt roczny € SD <sup>-1</sup>	%	Nakłady energii (PEC) MJ SD <sup>-1</sup>	%	GHG CO <sub>2</sub> e SD <sup>-1</sup>	%
7500 kg	2652,31	100,00	27257,47	100,00	4656,11	100,00
11 000 kg	3263,20	123,03	40138,59	147,26	5308,65	114,01



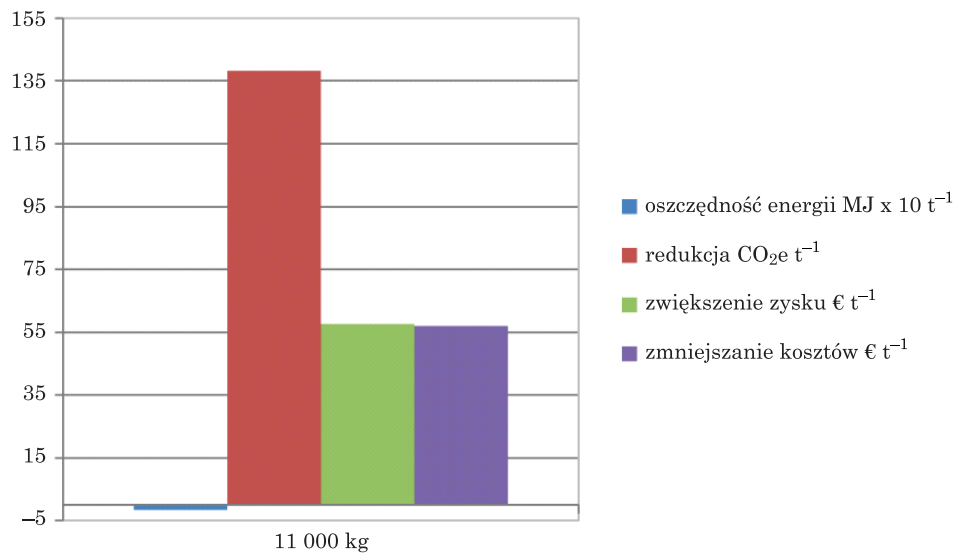
Rys. 61. Wpływ produkcji intensywnej na koszty produkcji, dochód, zużycie energii i emisje gazów cieplarnianych w przeliczeniu na krowę mleczną (sztuka duża)

Na rysunku 62 zilustrowano wpływ produkcji konwencjonalnej i intensywnej na koszty, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę wyprodukowanego mleka. Zwraca uwagę fakt, iż wynik jest odmienny niż w przypadku analizy przeliczającej efekty na 1 sztukę dużą. Intensywna produkcja prowadzi do zmniejszenia kosztów o 16%, zużycie energii jest podobne a emisja gazów cieplarnianych zmniejszyła się o 22%. Dochód z produkcji rośnie w uwagi na wyższy przychód i niższe koszty produkcji (z 11,88 € t<sup>-1</sup> do 69,55 € t<sup>-1</sup>). Intensywna produkcja powoduje znaczny wzrost dochodowości, co – jak się wydaje – jest sposobem na osiągnięcie efektywności ekonomicznej.

Na rysunku 63 ukazano różnice między scenariuszem podstawowym a produkcją intensywną w zużyciu energii, emisji gazów cieplarnianych, kosztach oraz dochodach fermy w przeliczeniu na tonę wyprodukowanego mleka. Także w tym ujęciu staje się zauważalne, że produkcja intensywna może przyczynić się do mniejszej emisji gazów cieplarnianych oraz wyższych dochodów fermy w przeliczeniu na jednostkę produkcji.



Rys. 62. Wpływ produkcji konwencjonalnej i intensywnej na koszty produkcji, dochód, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę mleka



Rys. 63. Różnice w kosztach, dochodzie, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych na 1 tonę mleka między podstawowym wariantem a produkcją intensywną

#### 5.4.2.4. Działania energooszczędne w produkcji mleka w Finlandii

Autorzy: Hannu Yli-Kojola, Jussi Esala, Hannu Mikkola, Mari Rajaniemi, Tapani Jokiniemi, Jukka Ahokas

Mleko jest jednym z najważniejszych produktów sprzedawanych przez gospodarstwa rolne w Finlandii. W 2009 roku sprzedaż mleka przyniosła 37% dochodów ze sprzedaży (Niemi i Ahlstedt 2009). W 2007 roku fermy mleczne stanowiły 19% wszystkich gospodarstw ale ich liczba spada o 7% rocznie. Pyykkönen i in. (2010) oszacowali, że w 2020 roku pozostanie 4800 ferm mlecznych, co będzie stanowiło 11% wszystkich gospodarstw (45 000). Choć liczba ferm mlecznych jest coraz mniejsza, to ilość produkowanego mleka spadła jedynie o 7% w okresie od 2000 roku do 2010 roku (z  $2450 \times 10^6$  L do  $2270 \times 10^6$  L)<sup>46</sup>. Przeciętna liczebność stada w tym samym czasie zwiększyła się z 19 do 30 sztuk, natomiast przeciętna wydajność mleczna krowy wzrosła z 7700 L to 8700 L (krowy objęte pomiarem wydajności mleka).

Zmiana w systemie utrzymania zwierząt następuje wraz ze zmianami konstrukcyjnymi budynków. Obory na 15-30 krów ze stanowiskami uwiązowymi wymieniają się na obory wolnostanowiskowe na 60 do 120 krów (z 1 lub 2 robotami udojowymi). Niemal połowa krów mlecznych w Finlandii utrzymywana jest bez uwięzi. Obory wolnostanowiskowe umożliwiają zwierzętom aktywność fizyczną. Ponadto taki system chowu pozwala na naturalne zachowanie zwierząt związane z żywieniem, odpoczynkiem i udojem (jeśli obora jest wyposażona w system doju automatycznego). Ściółka jest ze słomy, wiórów, strużyn z drewna lub torfu. Krowy utrzymywane na uwięzi są dojone w boksach, natomiast w chowie bezuwiązowym – w halach udojowych lub, coraz częściej, w systemie doju automatycznego. Pod koniec 2008 roku użytkowano 385 tego typu instalacji, i co roku instalowanych jest około 100 nowych urządzeń (Manninen 2009). W połowie nowych obór odchody zwierzęce są gromadzone w formie gnojowicy, a w 1/3 w formie obornika. W starych oborach, proporcja gnojowicy do obornika wynosiła 50:50. W nowych oborach stosowana jest wentylacja naturalna poprzez boczne ściany kurtynowe. Konstrukcja obory jest z laminowanego drewna lub z metalu, a posadzka z betonu.

Najważniejszym składnikiem dawki pokarmowej są kiszonki z traw. Poza tym stosowane są koncentraty białkowe, ziarno zbóż, siano i inne komponenty dawki w zależności od cen i dostępności na rynku oraz poziomu intensywności produkcji. Nakład energii na produkcję pasz (transport komponentów, mieszanie i zadawanie) zależy od lokalizacji magazynów paszowych i organizacji

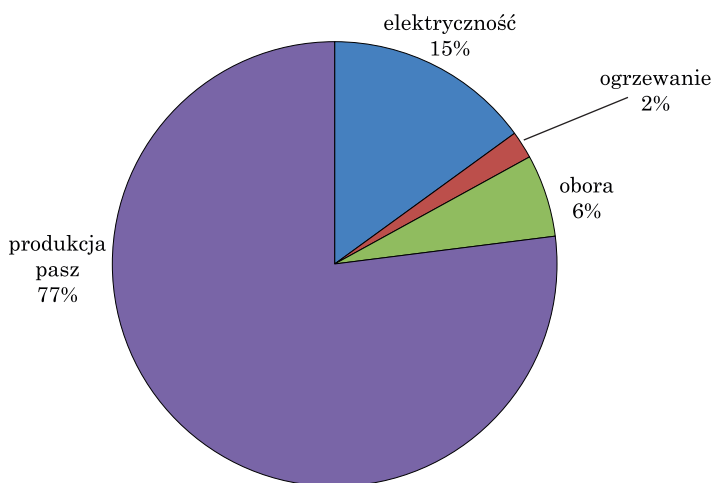
---

<sup>46</sup> Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE 2011

systemu paszowego w gospodarstwie (system TMR<sup>47</sup> lub indywidualne porcjowanie koncentratów paszowych, zaś kiszonki są do woli).

### Zużycie energii w produkcji mleka

Bezpośrednie nośniki energii zużywa się na podgrzanie wody, oświetlenie, wentylację, udój, schłodzenie i przechowywanie mleka, usuwanie odchodów, przygotowanie i zadawanie pasz. W oborach mniejsze jest zużycie energii na ogrzewanie niż w chlewniach i kurnikach, ponieważ dorosłe sztuki bydła wytwarzają ciepło w ilości 600-700 W (Mannfors and Hautala 2011). Poza tym, krowy lepiej znoszą niższe temperatury aniżeli trzoda chlewna i drób. Optymalny zakres temperatur dla krów jest w zakresie 5-15°C, a niska temperatura krytyczna wynosi -15°C (Maa- ja metsätalousministeriö 2012). W przypadku obór starszego typu, nie ma potrzeby ich ogrzewania, ponieważ mają one dobrą izolację termiczną i ciepło pochodzące od krów wystarcza do ogrzania budynku. W oborze wolnostanowiskowej częściowo izolowanej ze ścianami kurtynowymi, która jest obecnie coraz bardziej popularnym typem obory, potrzebne jest ogrzewanie hali udojowej, pomieszczeń socjalnych, toalet oraz podgrzewanie wody. Ogrzewa się także boksy krów na wycieleniu i zwierząt chorych. Temperatura wewnątrz budynku zawsze jest powyżej zera z wyjątkiem najbardziej mroźnych dni w zimie. Kivinen i in. (2007) stwierdzili,



Rys. 64. Podział nakładów energii w produkcji mleka

<sup>47</sup> TMR – Total Mixed Ration; oznacza optymalny system żywienia krów mlecznych, polegający na indywidualnym sporządzeniu paszy jako mieszanki komponentów zgodnie z potrzebami zwierząt.

że temperatura w oborze spada poniżej zera przy zewnętrznej temperaturze  $-23^{\circ}\text{C}$ , ale temperatura graniczna zależy m.in. od liczby zwierząt na metr kwadratowy, kierunku wiatru i usytuowania obory.

Na rysunku 64 przedstawiono procentowy udział poszczególnych nakładów energetycznych w produkcji mleka wraz z dominującym nakładem na wytworzenie pasz. Najbardziej energochłonne jest przygotowanie kiszonek, produkcja zielonek pastwiskowych, zbóż, wytwarzanie koncentratów białkowych oraz pasz treściwych. Kiszonki, zielonki oraz ziarno zbóż są często produkowane w gospodarstwie, co oznacza, że farmer ma duży wpływ na faktyczne zużycie energii.

### **Miary oszczędności energii w produkcji mleka**

W analizie energetycznej produkcji mleka założono, iż przykładowa ferma ma stado od 30 do 50 krów o wydajności  $6831\text{ L rok}^{-1}$  (niska),  $8655\text{ L rok}^{-1}$  (średnia) i  $10\,113\text{ L rok}^{-1}$  (wysoka). Mieszanki paszowe były takie same jak to przedstawiono w raporcie AgrEE (Gołaszewski i in. 2012). Odzysk ciepła z mleka i zastąpienie w kiszonkach zielonki z traw roślinami wiążącymi azot (koniczyna) stanowią miary oszczędności energii przyjęte w niniejszym studium przypadku.

### **Odzysk ciepła z mleka**

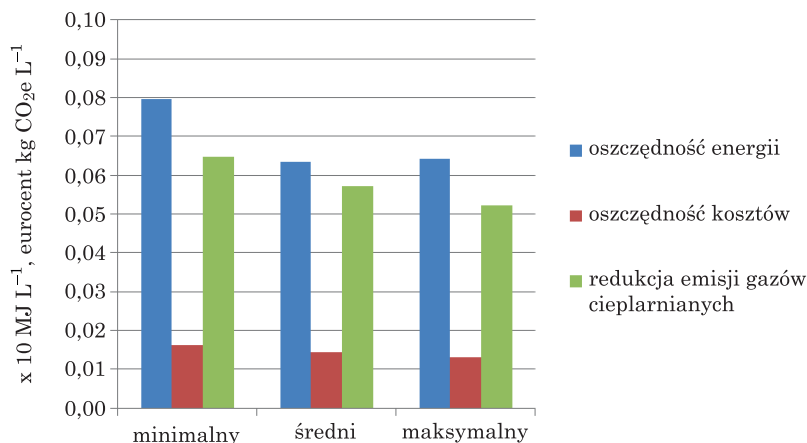
Płyty wymiennik ciepła jest popularnym rozwiązaniem wykorzystywanym w procesie odzysku ciepła z mleka, dlatego właśnie to urządzenie ujęto w analizach. Założono ponadto, że odzyskane ciepło będzie używane do podgrzewania wody. Jako referencyjne paliwo do podgrzewania wody przyjęto zrębki drzewne. W analizowanym przypadku, koszt inwestycji w postaci wymiennika ciepła wynosił 3500 € a okres amortyzacji tego urządzenia określono na 15 lat.

Pomimo faktu, iż zrębki drzewne są tanim i odnawialnym paliwem ( $16\text{ € MWh}^{-1}$ ), to ich wykorzystanie nie przełożyło się na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, a roczne koszty odzysku ciepła były wyższe niż zyski. Był to więc rodzaj inwestycji nieopłacalnej ekonomicznie i nie przyczyniającej się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Gdyby wybrano energię elektryczną jako punkt odniesienia, wówczas odzysk ciepła z mleka byłby ekonomicznie uzasadniony, a zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych odnotowano by już w przypadku stada złożonego z 50 krów.



## Zastąpienie traw roślinami wiążącymi azot (koniczyna) w kiszonce

Zastąpienie traw roślinami wiążącymi azot (koniczyna) w uprawach roślin z przeznaczeniem na kiszonkę umożliwia produkcję zielonki bez potrzeby nawożenia runi azotem mineralnym. Z takich komponentów sporządzana jest kiszonka dla krów w gospodarstwach ekologicznych. W niniejszych analizach wykorzystano to rozwiązanie praktyczne i udowodniono jego skuteczność. W analizie wykonanej w odniesieniu do zakiszanej koniczyny uwzględniono korzyści ekonomiczne i emisję gazów cieplarnianych. Z drugiej strony, nie uwzględniano możliwych dodatkowych kosztów powodowanych przez niższe plony roślin, większe zróżnicowanie plonów oraz o 1-2 lata krótszy okres użytkowania runi z koniczyną niż trawami. Krótszy okres użytkowania koniczyny prawdopodobnie nie stanowi problemu ponieważ istnieją obecnie siewniki punktowe, które można wykorzystać do dosiania koniczyny w istniejącej runi. W ten sposób można wydłużyć okres użytkowania.



Rys. 65. Wpływ zastąpienia traw rośliną wiążącą azot (koniczyną) w runi łąkowej uprawianej na kiszonkę na oszczędność energii, kosztów i redukcję emisji gazów cieplarnianych przy założeniu minimalnej, średniej i maksymalnej intensywności produkcji

Pola obsiane koniczyną mają jeszcze inne zalety poza wyeliminowaniem stosowania azotu mineralnego oraz niższą emisją gazów cieplarnianych. Uprawa koniczyny wpływa na zmniejszenie stosowanych dawek azotu w uprawach następczych, ponieważ źródłem azotu jest rozkładająca się w glebie masa korzeniowa koniczyny. Obecność koniczyny w runi może także zmniejszyć presję patogenów roślin. Trudno jest określić dokładnie wartość finansową korzyści i strat, ale przynajmniej częściowo równoważą się. Prawdopodobnie, potrzebna jest nieco większa powierzchnia pól, by zapewnić odpowiednie zaopatrzenie w pasze.

Wysiew koniczyny zamiast traw jest miarą oszczędności energii, której potencjał wyliczono na 0,6-0,8 MJ L<sup>-1</sup> mleka; mniejsze koszty produkcji o 0,013-0,016 € L<sup>-1</sup> mleka i ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 52-65 g CO<sub>2</sub>e L<sup>-1</sup> mleka. Wysiew koniczyny nie stanowi nakładu inwestycyjnego, lecz jedynie nakład alternatywny w przypadku wysiewu innych roślin, dlatego nie określono okresu zwrotu z inwestycji. Zatem, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych powodowane przez zasiew koniczyny jest uzyskiwane bezkosztowo (Rys. 65).

#### **5.4.2.5. Posumowanie analizy efektów alternatywnych w studiach przypadków dotyczących produkcji mleka**

Studia przypadków prezentują różne, perspektywiczne i ekonomicznie realne opcje przedsięwzięć energooszczędnych w produkcji mleka w całej Europie. Polska i Portugalia badały możliwość osiągnięcia wyższej wydajności mleka poprzez modyfikowanie składu i ilości pasz. W obu krajach okazało się to skuteczne. Chociaż koszt całkowity, zużycie energii oraz emisja gazów cieplarnianych wzrosły przy wyższej wydajności produkcji mleka, to poprawiła się także efektywność energetyczna. W przeliczeniu na produkcję mleka, koszty, zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych mogą być mniejsze odpowiednio o 16% (Portugalia), 12,7% (Polska) i 22% (Portugalia). Ponadto, studium przypadku wykonane w Portugalii wskazuje 7-krotny wzrost dochodowości. Przepuszczalne wady tego podejścia mogą wynikać ze zwiększenia wskaźnika wymiany krów w stadach oraz większej wrażliwości krów na zmiany w otoczeniu produkcji. Mimo to, w Holandii jako miarę oszczędności energii przyjęto zmniejszenie wskaźnika wymiany stada, jak również wykazano poprawę efektywności energetycznej o 8% dzięki poprawie wskaźnika wykorzystania pasz. W studium przypadku z Finlandii założono, że zastąpienie traw przez rośliny wiążące azot (koniczyna) w uprawach na zielonkę do kiszenia jest skutecznym sposobem obniżenia kosztów produkcji oraz emisji gazów cieplarnianych.

Skuteczne okazało się także działanie energooszczędne polegające na zmniejszeniu nakładów na paszę w przeliczeniu na kilogram wyprodukowanego mleka poprzez zwiększenie wydajności mlecznej krów. Jak wykazano w studium przypadku z Holandii, zwiększanie wydajności mlecznej ma swoje granice i nie zawsze prowadzi do zmniejszenia zużycia energii na 1 kg mleka. Analiza tego przypadku dowodzi, że efekty finansowe mogą stanowić zachętę do opracowywania systemów produkcji mleka, które zapewniają bardzo wysoką wydajność mleka ale nie przyczyniają się już do oszczędzania energii. Mimo, iż w analizowanym przypadku zwiększona wydajność mleczna spowodowała ograniczenie emisji CO<sub>2</sub>e, wykazano, że zwiększanie produkcji mleka może

także zwiększać emisję gazów cieplarnianych (Zehetmeier i in. 2011). Zatem ważne jest określenie zrównoważonego, z punktu widzenia efektów ekonomicznych i środowiskowych, poziomu produktywności i związanej z nim dawki pokarmowej, które mogą być różne w różnych regionach Europy.

Kolejną interesującą miarą oszczędności energii jest odzysk ciepła z mleka. Holenderskie badania wykazały możliwości ograniczenia zużycia energii o 30%. W Finlandii wskazano na energooszczędny potencjał tego rozwiązania, tam jednak porównywalnym źródłem energii były zrębki drzewne, których niski koszt maskował pozytywny efekt ekonomiczny badanej technologii. Analiza tych dwóch przypadków wskazuje, że w krajach, gdzie takie tanie źródło energii nie jest dostępne, powyższe działanie można rozważać jako ekonomicznie uzasadnione.

Analiza przypadku przeprowadzona w Holandii sugeruje, że produkcję według zasad rolnictwa organicznego można uznać za skuteczną miarę oszczędności energii, pozwalającą na ograniczenie zużycia energii na jednostkę wyprodukowanego mleka o 13% w porównaniu z produkcją konwencjonalną. Jednak przy wykorzystaniu tej miary należy się liczyć ze zmniejszeniem wydajności mlecznej o 6,5% (z 8500 L SD<sup>-1</sup> rocznie do 7950 L SD<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>).

W kontekście przyszłych analiz i badań należy uwzględnić, że w produkcji bydła mlecznego i mięsnego najwyższy udział w kosztach całkowitych produkcji oraz całkowitym zużyciu energii mają pasze (zobacz rozdziały 5.4.2.1 i 5.4.2.3), podczas gdy źródłem największej emisji gazów cieplarnianych są same zwierzęta, głównie z powodu emisji wynikającej z fermentacji jelitowej i fermentacji obornika. Jest to jedna z przyczyn wyjaśniających dlaczego redukcja emisji gazów cieplarnianych ujmowana w relacji do wytworzonego produktu jest mniejsza w wyliczeniach zakładających produkcję intensywną (zobacz rozdział 5.4.2.3).

### **5.4.3. Studia przypadków – systemy produkcji trzody chlewnej i drobiu**

#### **5.4.3.1. Studium przypadków związane z miarami oszczędności energii w produkcji brojlerów w Polsce**

Autorzy: Janusz Gołaszewski, Mariusz Stolarski, Zbigniew Brodziński, Ryszard Myhan, Ewelina Olba-Zięty

W Polsce produkcja towarowa żywca drobiowego wyrażona w cenach bieżących stanowi około 20% produkcji zwierzęcej<sup>48</sup>.

---

<sup>48</sup> Ziętara W. 2009. Tendencies in Changes of Milk Production in Poland. (In Polish: Tendencje zmian w produkcji mleka w Polsce). *Annuals of Agricultural Sciences - Roczniki Nauk Rolniczych*, Seria G, 96(1): 27-35.

W przypadku ferm drobiarskich o dużej koncentracji stada największym problemem jest zagospodarowanie odchodów. Ustawowo dopuszczalna do stosowania dawka azotu w ilości 170 kg ha<sup>-1</sup> użytków rolnych w znacznym stopniu ogranicza nawozowe wykorzystanie odchodów produkowanych przez ptaki. Przykładowo, dla fermy o obsadzie 100 tys. niosek wymagany areal wynosi 350-600 ha, lecz wiele ferm drobiarskich nie posiada wymaganego prawem areалу gruntów użytkowanych rolniczo. Do problemu zagospodarowania nawozu należy także transport, gdyż odchody muszą być składowane lub wywożone poza teren fermy<sup>49</sup>. Stosowane obecnie systemy utrzymania zwierząt mają znaczny wpływ nie tylko na produktywność i jakość wytwarzanego produktu czy dobrostan zwierząt, ale także mogą stanowić źródło zagrożenia środowiska<sup>50</sup>.

Pogłowie drobiu w Polsce wynosi ok. 124,3 mln sztuk<sup>51</sup>, co w przeliczeniu na 100 ha użytków rolnych wynosi 771 sztuk. Liczba obecnie funkcjonujących wielkoprzemysłowych ferm drobiu wynosi 606<sup>52</sup>, a ilość ferm wielkoprzemysłowych, w przeliczeniu na 1 ha użytków rolnych wynosi 0,04. Szacunkowa ilość oraz podstawowe właściwości fizyczne uzyskanych odchodów zależą od gatunku i wieku drobiu. W przypadku brojlerów masa odchodów przypadających na jedną sztukę jest szacowana na 65 g/szt/dobę, masa 1 m<sup>3</sup> odchodów wynosi 622 kg o zawartości wody 68%<sup>53</sup>.

### **Usuwanie odchodów po każdym cyklu i ściółkowanie słomą żytnią przez usługodawcę zewnętrznego**

Obornik drobiowy będący produktem ubocznym ferm drobiu z jednej strony może być traktowany jako cenny nawóz naturalny, lub też jako potencjalne źródło energii, z drugiej zaś – jako źródło potencjalnych zagrożeń dla samej hodowli, jak i środowiska<sup>54</sup>.

---

<sup>49</sup> Wężyk S., 2004. Poultry waste - threat or opportunity. (In Polish: Odchody drobiowe - zagrożenie czy szansa). *Polskie Drobiarstwo*, 1,40-43.

<sup>50</sup> Krawczyk W., Walczak J., 2010. Potential of manure as a source of ammonia emission and threat for environment. (In Polish: Potencjał biogeny obornika jako źródło emisji amoniaku i zagrożenia środowiska). *Rocz. Nauk. Zoot.*, T. 37, z. 2, 187-193.

<sup>51</sup> Central Statistica Office, 2008

<sup>52</sup> Ministry of Environment, 2010

<sup>53</sup> Kowalczyk-Juško A., 2010. Waste bring up income (In Polish: Odchody przynoszą dochody). *Agroenergetyka*, 2.

<sup>54</sup> Kowalczyk-Juško A., 2010. Degestate - source of income or trouble? (In Polish: Pozostałość po fermentacji beztlenowej - źródło przychodu czy kłopot). *Aeroenergetyka*, 3.

Tabela 61. Parametry wejściowe do analizy efektywności energetycznej w produkcji brojlerów

Wyszczególnienie	Wartość
Liczba zwierząt w cyklu	19 000 szt.
Długość cyklu	45 dni
Liczba cykli	7
Wiek zwierząt na początku cyklu	1 dni
Planowane upadki kurcząt	4%
Zużycie paszy na 1 kg przyrostu	1.9 kg
Końcowa waga brojlerów	2.5 kg
EUR:PLN	1:4.405
Serwis weterynaryjny	
Szczepienia profilaktyczne	0.06 PLN/szt.
Wizyty kontrolne	150 PLN/wizytę
Badania weterynaryjne (sztuki padłe)	250 PLN/badanie
Antybiotyki	0.03 PLN/szt.
Badanie na obecność Salmonella (5 tydzień cyklu)	55 PLN/stado
Koszty specjalistyczne	
Środki czyszczące i do dezynfekcji	600 PLN/kurnik
Koszt ściółki 2,5 t (słoma żytnia)	250 PLN/t
Energia elektryczna	2920 PLN/cykl
Olej opałowy	12 800 PLN/cykl
Siła robocza najemna	017 PLN/szt.
Masa pomiotu	65 g/szt./dobę
Wartość obornika	1675.56 PLN/cykl

Jednym z alternatywnych sposobów wykorzystania obornika drobiowego jest produkcja energii. Ze względu na dużą zawartość azotu i substancji mineralnych stosowanie tego surowca podlega jednak licznym ograniczeniom. Pomiot z chowu ściółkowego może być poddawany fermentacji metanowej oraz konwersji termicznej w procesach spalania, współspalania, zgazowania lub pirolizy.

W niniejszej analizie jako miarę oszczędności energetycznej przyjęto zagospodarowanie obornika przez firmę zewnętrzną będącą zazwyczaj właścicielem lub kooperantem lokalnej biogazowni lub instalacji termozgazowania. Jednocześnie firma zewnętrzna dostarcza do fermy brojlerów słomę żytnią na ściółkę. Analiza została przeprowadzona dla kurnika, w którym w jednym cyklu prowadzi się chów 19000 brojlerów. Liczba cykli w ciągu roku wynosi 7, a średnia masa brojlera wynosi 2.5 kg. Inne założenia wyjściowe analizy zestawiono w tabeli 61<sup>55 56 57</sup>.

<sup>55</sup> Gołaszewski J. et al. 2012. State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture. Report AGREE.

<sup>56</sup> Kowalczyk-Juśko A., 2010. Wastes bring income. (In Polish: Odchody przynoszą dochody). Agroenergetyka, 2.

<sup>57</sup> [http://podr.pl/images/pliki/ekonomika/sytuacja\\_w\\_rol/rol\\_w\\_liczbach/Drob\\_12.pdf](http://podr.pl/images/pliki/ekonomika/sytuacja_w_rol/rol_w_liczbach/Drob_12.pdf)

## Względny udział poszczególnych nakładów i etapów produkcyjnych w całkowitych kosztach produkcji, zużyciu energii oraz emisji gazów cieplarnianych

W niniejszej analizie miarą efektywności energetycznej jest zagospodarowanie pomiotu kurzego na cele energetyczne przez firmę zewnętrzną po każdym z 7 cykli chowu brojlerów. Redukcja w całkowitych kosztach, nakładach energetycznych i emisji ditlenku węgla jest relatywnie mała i wynosi odpowiednio 1.34%, 0.70% i 0.42%. Większa efektywność ekonomiczna fermy brojlerów wynika głównie z dochodów z tytułu sprzedaży obornika i redukcji zużycia paliwa na potrzeby usuwania i składowania obornika. Jednocześnie mniejsze zużycie paliwa decydowało o większej efektywności energetycznej oraz mniejszej emisji gazów cieplarnianych.

Tabela 62. Koszty, zużycie energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na cykl chowu brojlerów w ocenie efektywności energetycznej wynikającej z wykorzystania obornika przez firmę zewnętrzną na cele energetyczne

Wyszczególnienie	Koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych CO <sub>2</sub> e	
	€ cykl <sup>-1</sup>	%	MJ cykl <sup>-1</sup>	%	kg cykl <sup>-1</sup>	%
<b>Wariant wyjściowy</b>						
Pasza	29 625	63.9	356 419	66.2	33 766	64.6
Usługi weterynaryjne/dezynfekcja	1165	2.5				
Inne koszty	7310	15.8				
Energia elektryczna	894	1.9	68 191	12.7	3515	6.7
Paliwo	2985	6.4	11 3941	21.2	6609	12.6
Koszty ogólnogospodarcze	4387	9.5				
Sprzedaż obornika						
Emisja metanu					8402	16.1
<b>Razem</b>	<b>46 367</b>	<b>100.0</b>	<b>538 551</b>	<b>100.0</b>	<b>52 292</b>	<b>100.0</b>
<b>Wariant z zagospodarowaniem obornika na cele energetyczne</b>						
Pasze	29 483	64.4	356 419	66.6	33 766	64.8
Usługi weterynaryjne/dezynfekcja	1165	2.5				
Inne	7310	16.0				
Energia elektryczna	894	2.0	68 191	12.8	3515	6.7
Paliwo	2887	6.3	110 191	20.6	6392	12.3
Koszty ogólnogospodarcze	4387	9.6				
Sprzedaż obornika	-380					
Emisja metanu	8402	16.1				
<b>Razem</b>	<b>45 747</b>	<b>100.8</b>	<b>534 801</b>	<b>100.0</b>	<b>52 075</b>	<b>100.0</b>
Procentowa redukcja (%/cykl)	1.34		0.70		0.42	

Należy zwrócić uwagę na fakt, że w szerszym bilansie energetyczno-środowiskowym wykraczającym poza analizę farm-to-gate, pozytywny efekt przyjętej miary oszczędności energetycznej jest dużo większy, stanowi bowiem

o koszcie alternatywnym (trade-off) w szerszym wymiarze ekonomicznym. Obornik stanowi substrat w procesie wytwarzania energii, przez co następuje jego utylizacja, jest substytutem paliw kopalnych i przyczynia się do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Ponadto stanowi źródło dochodu przedsiębiorstw kooperujących – odbierającego obornik z fermy brojlerów i/lub przedsiębiorstwa wytwarzającego energię ze źródeł odnawialnych we własnej instalacji.

#### **5.4.3.2. Analiza przypadków – systemy produkcji trzody chlewnej i drobiu w Holandii**

##### **Miary oszczędności energii w produkcji trzody chlewnej w Holandii**

Autorzy: Fridtjof de Buissonje, Hilko Ellen

Przeciętna chlewnia tuczników w Holandii ma 14 oddzielnych pomieszczeń z własnym mikroklimatem, każde dla 290 sztuk. Łącznie chlewnia jest przeznaczona do chowu 4200 tuczników jednocześnie. Każde pomieszczenie może być podzielone na boksy przeznaczone dla mniejszej liczby zwierząt, np. 12 sztuk w boksie. W chlewni przebywają zwierzęta od czasu odstawienia prosiąt od maciory lub 25-kilogramowe warchlaki do tuczników o wadze 118 kg gotowych do uboju. Średnia liczba cykli produkcyjnych wynosi 3,1 rocznie, co oznacza całkowitą produkcję na poziomie około 13 000 sztuk rocznie, czyli 1500 ton żywca wieprzowego rocznie.

Powierzchnia posadzki na 1 sztukę wynosi 0,8 m<sup>2</sup>, co oznacza, że powierzchnia całej chlewni, łącznie z korytarzami, zapleczem, śluzą sanitarną, magazynami i izolatką dla chorych zwierząt wynosi ok. 4000 m<sup>2</sup>.

Budynki są izolowane (współczynnik przenikania ciepła dla ścian i dachu 2,5 m<sup>2</sup> · K/W) natomiast wypukłe posadzki betonowe (z wyjątkiem ok. 60% powierzchni z rusztami) mają ogrzewanie podłogowe z gorącą wodą dostarczaną z systemu centralnego ogrzewania. Nie stosuje się ściółki. Wskaźnik wykorzystania paszy (kg paszy na kg przyrostu żywej wagi) wynosi 2,65. Gnojowica jest magazynowana w głębokich zbiornikach pod posadzką rusztową (wymagany okres magazynowania 7 miesięcy).

Wydatki inwestycyjne na budynki szacowane są na 285 € na jedno stanowisko oraz 140 € na sprzęt i niezbędne wyposażenie (lub 450 € na m<sup>2</sup>, lub też całkowity koszt inwestycyjny 1 800 000 € na chlewnię na 4200 sztuk). W tabeli 63 pokazano dochody i koszty gospodarstwa produkującego 4200 tuczników (poziom nakładów z roku 2011). Koszt inwestycji w budynki powinien być pokryty z różnicy między dochodem a kosztami.

Tabela 63. Dochód i koszty holenderskiej fermy świń z 4200 tucznikami

Dochód/kategorie kosztów	Wartość (€)
Dochód ze sprzedaży produktów	488 040
Koszty:	
Pasze	212 940
Prosięta	161 700
Woda	3780
Prąd	4620
Ogrzewanie (gaz)	3780
Opieka weterynaryjna	5460
Pozostałe	12 180
Koszty całkowite (na 100 kg mięsa)	404 460 (104,45)

Badano trzy miary ukierunkowane na poprawę efektywności energetycznej: 1) kanadyjski system ściółkowania, 2) mieszany system wentylacji naturalnej i wymuszonej, oświetlenie naturalne, oraz 3) zastąpienie 50% granulowanej mieszanki paszowej przez produkty uboczne przemysłu rolnego w formie paszy wilgotnej.

### Kanadyjski System Ściółkowania

Kanadyjski system ściółkowania oznacza alternatywny system utrzymania zwierząt na posadzce bez rusztów i z regularnym ściółkowaniem (wióry lub siewka ze słomy), co ma zapewnić zwierzętom dodatkowy komfort oraz ograniczyć emisję gazów związanych z przechowywaniem gnojowicy. Celem jest uzyskanie wyższej ceny za mięso pozyskane metodą certyfikowaną jako przyjazną dla zwierząt, ponieważ koszt ściółki przewyższa oszczędności na zużyciu gazu do ogrzewania budynku. Z uwagi na termoizolacyjne właściwości materiału ściółkowego niepotrzebne jest ogrzewanie chlewni. Mieszanina odchodów zwierząt i ściółki ostatecznie w mniejszym lub większym stopniu nabierze stałej postaci, zaś posadzka w boksach jest delikatnie nachylona w stronę kanału gnojowego z rusztami. Świnie ryjąc w ściółce, stopniowo przesuwają cały materiał w stronę korytarza gnojowego, gdzie zgarniacze przesuną obornik poza budynek, w ten sposób likwidując ok. 65% emisji metanu mającej miejsce w tradycyjnej chlewni, gdzie odchody przechowywane są w zbiornikach pod posadzką.



## **Mieszany system naturalnej i wymuszonej wentylacji oraz naturalne oświetlenie**

System mieszany naturalnej i wymuszonej wentylacji oraz naturalne oświetlenie mają na celu ograniczenie zużycia energii wydatkowanej na wentylację i oświetlenie. Wentylacja naturalna, np. przez otwartą kalenicę w dachu, stosowana jest wówczas kiedy świnie są mniejsze a pogoda na zewnątrz odpowiednia, co ogranicza stosowanie wymuszonej wentylacji, aż do okresu chowu, kiedy zwierzęta są większe a temperatury na zewnątrz są wyższe. Otwory okienne ze szczelbelkowymi przesłonami w ścianach bocznych, otwarta kalenica i świetliki w dachu mogą dostarczyć naturalne światło i niemal całkowicie zastąpić oświetlenie sztuczne.

### **Zastąpienie 50% granulowanej mieszanki paszowej produktami ubocznymi przemysłu rolnego w formie wilgotnej**

Zastąpienie 50% granulowanej mieszanki paszowej wilgotnymi produktami ubocznymi z przemysłu rolnego może ograniczyć ślad węglowy<sup>58</sup> mieszanki (w kg CO<sub>2</sub>e) o niemal 50%, gdyż zawartość energii bezpośredniej i pośredniej w mokrych odpadach rolno-przemysłowych jest o ponad 90% niższa niż w granulowanej mieszance paszowej<sup>59</sup>. Wynika to z metody obliczania emisji gazów cieplarnianych, gdzie większość nakładów energetycznych jest przypisywana do podstawowego produktu otrzymanego w wyniku przetwórstwa rolno-przemysłowego a nie do produktów ubocznych. Produkty uboczne wykorzystywane do żywienia zwierząt wymagają pomieszczeń do magazynowania oraz urządzeń do mieszania i zadawania pasz w postaci płynnej, co wydłuża okres zwrotu z inwestycji, gdyż różnica cen pomiędzy granulowanymi paszami a mokrymi produktami ubocznymi w przeliczeniu na ich wartość odżywczą maleje wraz z rosnącą konkurencją wykorzystania tych produktów jako substratu biogazowni.

### **Udział względny różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużyciu energii, całkowitych kosztach produkcji i emisji gazów cieplarnianych**

Tabela 64 zawiera dane opisujące wpływ różnych przedsięwzięć na zużycie energii, koszty i emisję gazów cieplarnianych. Efekty zostały wyliczone dla typowej holenderskiej fermy prowadzącej tucz 4200 świń, wyniki podano w przeliczeniu na 100 kg wyprodukowanego mięsa.

---

<sup>58</sup> Sumaryczna ilość gazów cieplarnianych emitowanych bezpośrednio lub pośrednio w przeliczeniu na osobę, produkt, usługę, etc.

<sup>59</sup> Więcej informacji: <http://webapplicaties.wur.nl/software/feedprint/>

Tabela 64. Roczne koszty, zużycie energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych przy różnych miarach efektywności energetycznej w holenderskiej fermie tuczników

Wyszczególnienie	Roczne koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej*		Emisja gazów cieplarnianych*	
	€ 100 kg <sup>-1</sup> mięsa	%	MJ 100 kg <sup>-1</sup> mięsa	%	CO <sub>2</sub> e 100 kg <sup>-1</sup> mięsa	%
System podstawowy	104,45	100	3650	100	8624	100
Kanadyjski system ściółkowania	118,00	113	4232	116	8526	99
Mieszana naturalna i wymuszona wentylacja oraz oświetlenie naturalne	102,35	98	3597	99	1877	22
Zastąpienie 50% pasz wieloskładnikowych granulowanych	143,10	137	2109	58	8586	99

\* dane dotyczące zużycia energii pierwotnej i emisji gazów cieplarnianych nie są znane dla wszystkich kategorii nakładów.

## Miary efektywności energetycznej w produkcji drobiu w Holandii

Autorzy: Fridtjof de Buissonje, Hilko Ellen

Przeciętna ferma drobiu w Holandii składa się z trzech kurników, każdy o powierzchni 1400 m<sup>2</sup> i ze stadem 30000 sztuk drobiu, dlatego też całkowita liczebność stada wynosi 90000 sztuk. Cykl produkcyjny trwa 42 dni, po których następuje 9 dni przerwy na usunięcie obornika, czyszczenie i dezynfekcję pomieszczeń. Rocznie odbywa się 7 cykli produkcyjnych. Obsada na początku cyklu wynosi 22 kurczęta brojlerów na 1 m<sup>2</sup>. Waga gotowego do sprzedaży brojlera wynosi średnio 2,15 kg, zatem ferma produkuje 90 000 × 7 × 2,15 kg = 1355 ton żywej wagi mięsa drobiowego rocznie (odpowiednik 2709 SD, każda o wadze 500 kg).

Budynki są termoizolowane (współczynnik przenikania ciepła dla ścian i dachów wynosi 2,5 m<sup>2</sup> · K/W) i są ogrzewane bezpośrednio kotłami gazowymi. Wskaźnik wykorzystania paszy (FCR, Feed Conversion Ratio: kg paszy na przyrost kg żywej wagi) wynosi 1,7 na początku każdego cyklu. Ściółkowanie betonowych posadzek trocinami lub siewką ze słomy w ilości 1 kg m<sup>-2</sup>. Po rozpoczęciu chowu nie dodaje się żadnej ściółki. Obornik jest usuwany z kurnika po zakończeniu każdego cyklu produkcji i przechowywany w przeznaczonym do tego celu pomieszczeniu gospodarczym.

Koszty inwestycyjne związane z budynkami szacowane są na poziomie 200 € m<sup>-2</sup>, a wyposażenie produkcyjne 87 € m<sup>-2</sup>, zatem całościowy koszt inwestycji fermy drobiu z trzema kurnikami wynosi około 1 200 000 €.

W tabeli 65 przedstawiono dochody i koszty fermy z obsadą 90 000 brojlerów (poziom cen z 2011 roku). Koszt inwestycji na budynki powinien być pokryty z różnicy między dochodem a kosztami.

Tabela 65. Dochód i koszty holenderskiej fermy drobiu z obsadą 90000 brojlerów

Dochód/kategorie kosztów	Wartość (€)
Dochód ze sprzedaży	987 522
Koszty:	
Pasze	574 749
Kurczęta	186 361
Woda	5054
Energia elektryczna	14 214
Ogrzewanie (gaz)	28 428
Opieka weterynaryjna	30 702
Pozostałe	35 314
Razem	874 821
(na 100 kg brojlerów)	(66,90)

Badano trzy rozwiązania ukierunkowane na poprawę efektywności energetycznej: 1) zintegrowana kontrola klimatu, 2) wymiennik ciepła z systemem mieszania powietrza, 3) centralny podgrzewacz ciepłej wody z lokalnymi podgrzewaczami i wentylatorami.

### Zintegrowana kontrola klimatu

Zintegrowana kontrola klimatu 'Terra Sea' jest to połączenie różnych technologii modyfikowania parametrów powietrza (schładzanie, mieszanie, podgrzewanie, oczyszczanie) przy maksymalnej oszczędności i odzysku energii. Celem jest kontrolowanie wewnętrznego klimatu niezależnie od zewnętrznych warunków pogodowych, oraz zmniejszenie emisji amoniaku, odorów i drobnych cząsteczek unoszonych przez powietrze z kurnika. Jest to system złożony technologicznie i kosztowny. Okres zwrotu inwestycji jest uzależniony od przewidywanej poprawy parametrów technicznych produkcji brojlerów. Obecnie, jest to technologia o największym potencjale ograniczenia zużycia gazu na ogrzewanie, jednocześnie jednak zwiększa zużycie energii elektrycznej o 25%.

### Wymiennik ciepła z systemem mieszania powietrza

Wymiennik ciepła z systemem mieszania powietrza jest to połączenie wymiennika ciepła, który odzyskuje ciepło z ciepłego powietrza wentylacyjnego wychodzącego z kurnika, z usprawnionym systemem wentylacji. Taki system umożliwia skuteczną i równomierną dystrybucję ciepłego powietrza docierającego do zwierząt. Celem tego systemu jest tworzenie korzystnych warunków do

suszenia ściółki i tym samym ograniczenie emisji amoniaku. Okres zwrotu zależy od przewidywanej poprawy parametrów technicznych produkcji brojlerów. System może potencjalnie zaoszczędzić 50% gazu zużywanego na ogrzewanie, jednocześnie zwiększając zużycie energii elektrycznej o 10%.

### **Centralny podgrzewacz ciepłej wody z lokalnymi podgrzewaczami i wentylatorami**

Centralny podgrzewacz wody z lokalnymi podgrzewaczami i wentylatorami składa się z wysokowydajnego kotła, podłączonego do szeregu podgrzewaczy wody wyposażonych w wentylatory, co ma zapewnić efektywne energetycznie ogrzewanie oraz równomierne rozprowadzenie ciepłego powietrza docierającego do zwierząt. Okres zwrotu jest krótki, ponieważ roczne koszty wdrożenia systemu są relatywnie małe w porównaniu z rocznymi oszczędnościami w związku z zużyciem gazu.

### **Względny udział różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużyciu energii, kosztach całkowitych produkcji oraz emisji gazów cieplarnianych**

W tabeli 66 przedstawiono wpływ różnych przedsięwzięć poprawiających efektywność energetyczną na zużycie energii, koszty i emisję gazów cieplarnianych. Wyniki wyliczono dla przykładowej holenderskiej fermy brojlerów z obsadą 90 000 brojlerów, oraz zaprezentowano w przeliczeniu na 100 kg wagi brojlerów.

Tabela 66. Roczne koszty, zużycie energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych związane z implementacją miar oszczędności energii w holenderskiej fermie brojlerów

Wyszczególnienie	Roczny koszt		PEC*		GHG*	
	€ 100 kg <sup>-1</sup> mięsa	%	MJ 100 kg <sup>-1</sup> mięsa	%	CO <sub>2</sub> e 100 kg <sup>-1</sup> mięsa	%
Wariant wyjściowy	66,90	100	4220	100	49 640	100
Zintegrowana kontrola klimatu	65,22	98	4240	101	60 626	122
Wymiennik ciepła	65,62	98	4224	100	53 722	89
Centralny podgrzewacz wody	66,23	99	4215	100	49 356	92

\* dane dotyczące zużycia energii pierwotnej i emisji gazów cieplarnianych nie są znane dla wszystkich kategorii nakładów.

### 5.4.3.3. Analiza przypadków – systemy produkcji trzody chlewnej i drobiu w Portugalii

#### Działania energooszczędne w produkcji brojlerów w Portugalii

Autorzy: Fátima Baptista, Dina Murcho, Luis Leopoldo Silva, Carlos Marques

#### Wstęp

Według portugalskiego Ministerstwa Rolnictwa, Rozwoju Obszarów Wiejskich i Planowania (2009), w 2009 roku sektor drobiarski generował około 6,7% krajowego dochodu z rolnictwa. Według krajowych danych statystycznych (INE 2011), Portugalia miała 20 254 milionów brojlerów, co stanowiło ok. 60% całego pogłowia drobiu. Produkcja skupiała się w regionach Beira Litoral, Ribatejo i Oeste. Portugalia jest samowystarczalna w produkcji mięsa drobiowego.

W Portugalii, produkcja brojlerów jest jednym z tych sektorów rynku zorganizowanym w integracji pionowej. Firmy dostarczają środki produkcji farmerom, łącznie z pisklętami, paszami, technicznym wsparciem, oraz zapewniają dostawy rynkowe. Większość firm ma własne zakłady produkcji pasz, rzeźnie i kanały dystrybucji. Przemysł drobiarski korzysta z różnego rodzaju zaplecza produkcyjnego, ale tylko kury noski trzymane są w chowie klatkowym. Brojlery są trzymane na gruncie pokrytym ściółką (łuski z ryżu, trociny, itp.), lub w mniej intensywnych systemach produkcji na wybiegach.

Głównym celem opracowania było przeanalizowanie efektów ekonomicznych, zużycia energii oraz wpływu na środowisko (gazy cieplarniane) w przypadku 1) zmiany systemu ogrzewania, i 2) wprowadzenia wymiennika ciepła zintegrowanego z systemem wentylacji. Scenariusz podstawowy stanowiła ferma produkująca 110 000 brojlerów rocznie, wyposażona w grzejniki powietrza.

#### Scenariusz wyjściowy

W wariantcie wyjściowym rozpatrzono przypadek fermy drobiu w regionie Ribatejo i Oeste, produkującej 20 000 brojlerów w stadzie, 5,5 cykli rocznie, czyli 110 000 brojlerów rocznie. Cykl produkcyjny trwa średnio 38 dni; w tym czasie ptaki osiągają masę ciała 1,8 kg żywej wagi. Wskaźnik wykorzystania paszy wynosi 1,7. Jedna sztuka duża (SD) odpowiada 278 brojlerom. Po każdym cyklu produkcji obornik jest usuwany, a pomieszczenia są sprzątane i dezynfekowane.

Powierzchnia kurnika wynosi 1200 m<sup>2</sup>, na 1 m<sup>2</sup> przypada 17 brojlerów. Ściany i dach są izolowane (wskaźnik przepuszczalności ciepła 2 m<sup>2</sup> · K/W);

posadzka pokryta jest ściółką z łuszczyń ryżowych. Kontrola klimatu wewnątrz budynku utrzymywana jest za pomocą mechanicznej wentylacji, klimatyzatorów kasetonowych oraz grzejników powietrza. Pasze i woda są zadawane mechanicznie. Wszystkie systemy są zasilane energią elektryczną (koszt 0,03 € na sztukę za wentylację, oświetlenie, zadawanie pasz i wody oraz 0,04 € za prąd do systemu ogrzewania). Całkowity koszt inwestycji w budynku i wyposażenie wynosi około 220 € m<sup>-2</sup>.

### **Ogrzewanie podłogowe/pod-podłogowe**

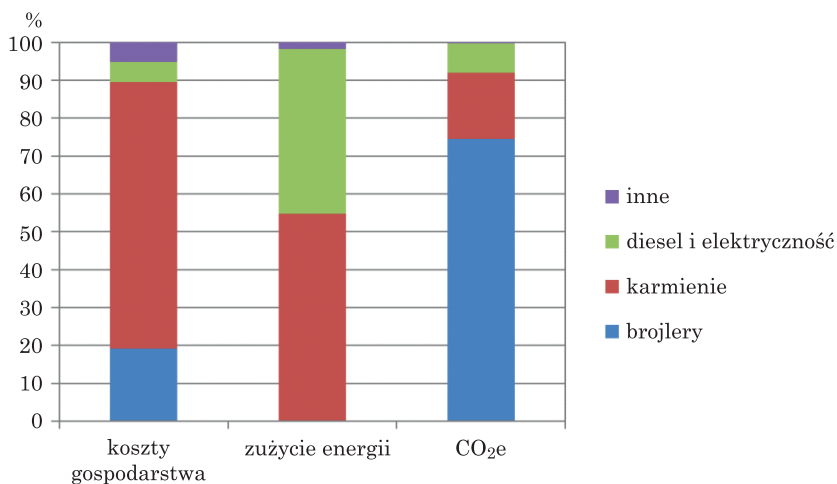
Kurnik ma takie same parametry we wszystkich wariantach z wyjątkiem systemu ogrzewania. W przypadku ogrzewania podłogowego inwestycja dotyczy instalacji grzejników podłogowych i kotła na biomasę. Koszt inwestycji jest o ok. 25 000 € większy niż w poprzednim systemie, ale koszt ogrzewania (0,015 € na sztukę) jest znacząco niższy. W tym przypadku, całkowity koszt inwestycji w budynku i wyposażenie wynosi około 245 € m<sup>-2</sup>.

### **Odzysk ciepła**

W tym wariantcie, wymiennik ciepła jest zintegrowany z wentylatorami, co pozwala odzyskiwać ciepło z powietrza wyprowadzanego przez system wentylacji na zewnątrz. Świeże powietrze napływające do środka opływa gorące powierzchnie, nie mieszając się z powietrzem wychodzącym, i staje się ciepłe, nadal świeże. Zakłada się, że zużycie energii elektrycznej na ogrzewanie zmniejszy się o około 50%, natomiast koszt inwestycji oszacowano na około 10 000 €. Całkowity koszt inwestycji w budynku i wyposażenie w tym przypadku wynosi 230 € m<sup>-2</sup>.

### **Wpływ różnych działań energooszczędnych na ekonomikę produkcji i środowisko**

Na rysunku 66 pokazano udział względny różnych nakładów w kosztach całkowitych, emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) oraz zużyciu energii w fermie drobiu w wariantcie wyjściowym. Naturalnie, różne nakłady wnoszą różny wkład w koszty całkowite, zużycie energii pierwotnej oraz emisję gazów cieplarnianych. To oznacza, że niewielkie zmiany w systemie produkcji mogą wywołać jedynie niewielką zmianę w kosztach, ale mieć znaczący wpływ na zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Emisja ekwiwalentnego ditlenku węgla (CO<sub>2</sub>e) została wyliczona z danych przedstawionych przez van der Sluiss (2007).



Rys. 66. Udział względny różnych nakładów w produkcji fermi drobiu na efekty ekonomiczne, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Kategoria „inne” obejmuje słomę na ściółkę, opiekę weterynaryjną i zużycie wody

W strukturze kosztów dominują pasze (ok. 70%). Odpowiadają też za 55% zużycie energii oraz 43% zużycie oleju napędowego i energii elektrycznej. Za emisję gazów cieplarnianych odpowiadają głównie brojlery, z uwagi na fermentację obornika, przyczyniając się do niemal 75% całkowitej emisji. Następne są pasze (ok. 20% emisji) i paliwa oraz energia elektryczna (poniżej 10%). Pasze są też ważnym nakładem decydującym o ekonomice produkcji, zużyciu energii i wpływach środowiskowych, nawet mimo faktu, iż wskaźnik wykorzystania paszy osiągał zadowalający poziom. Dalsze badania nad składem diety oraz energochłonnością produkcji pasz mogłyby zmniejszyć udział tego nakładu w kosztach energetycznych i/lub środowiskowych.

W tabeli 67 przedstawiono koszty, zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych na 1 tonę produktu. Można zauważyć, że ogrzewanie podłogowe oraz odzysk ciepła nie spowodowały znacznych zmian w kosztach (odpowiednio o 2% i 1%). Natomiast korzystne okazały się efekty dotyczące zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych. Zamiana na ogrzewanie podłogowe pozwoliła zmniejszyć zużycie energii o 17%, zaś wykorzystanie rekuperatora ciepła o 11%. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych nie było już tak wyraźne: 4% przy ogrzewaniu podłogowym i 11% po zastosowaniu rekuperatora, co wynika ze zmniejszonej ilości zużytego paliwa i energii elektrycznej przy jednocześnie znaczącym wkładzie samych zwierząt w emisję gazów cieplarnianych.

Tabela 67. Koszty i dochód w portugalskiej fermie brojlerów

Wyszczególnienie	Wariant wyjściowy		Ogrzewanie podłogowe		Odzysk ciepła	
	(€ rok <sup>-1</sup> )	%	(€ rok <sup>-1</sup> )	%	(€ rok <sup>-1</sup> )	%
Koszty zmienne						
Zakup piskląt	33 000	19	33 000	20	33 000	19
Pasze komercyjne	121 429	70	121 429	72	121 429	71
Słoma na ściółkę	2112	1	2112	1	2112	1
Lekarstwa	5500	3	5500	3	5500	3
Zużycie wody	1291	1	1291	1	1291	1
Budynki – energia elektryczna	7700	4	1414	1	5504	3
Biomasa na ogrzewanie	1651	10				
Zużycie oleju napędowego	1538	1	1538	1	1538	1
Razem	172 570	100	167 934	100	170 374	100
Koszty stałe	26,586		27 752		27 252	
Koszty całkowite	199,156		195 687		197 627	
Dochód	316,800		316 800		316 800	
Marża netto	117,644		121 113		119 173	

W tabeli 68 i na rysunku 67 przedstawiono koszty i dochody w wariantach wyjściowym i opcjonalnych. Ponownie można zauważyć wysoki udział pasz w kosztach produkcji, stanowiący ponad 70% kosztów zmiennych we wszystkich wariantach. Koszty stałe obejmowały koszty pracy, amortyzację maszyn, sprzętu i budynków. Przychody wynikały ze sprzedaży brojlerów. Cena rynkowa brojlera wynosiła 1,6 € za kg. W wariantach podstawowych, całkowite koszty na 100 kg brojlera wyniosły 100,60 €; przy ogrzewaniu podłogowym obniżyły się do 98,80 €, a po zastosowaniu odzysku ciepła były podobne, na poziomie 99,8 €. We wszystkich analizowanych przypadkach fermy miały pozytywny bilans ekonomiczny.

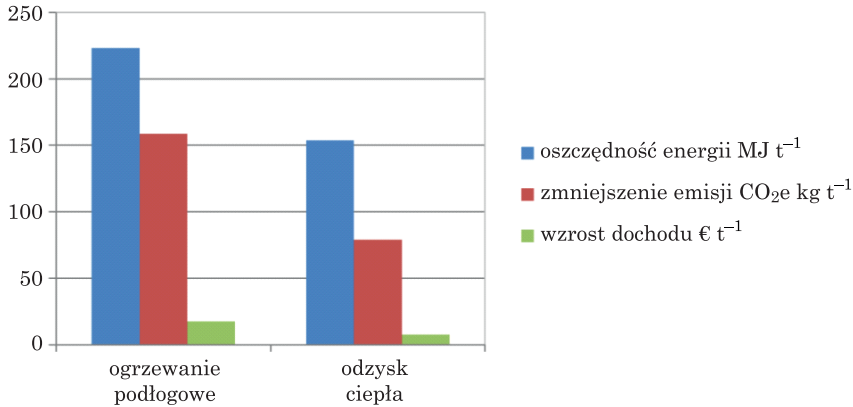
Tabela 68. Roczne koszty, zużycie energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych w odniesieniu do przyjętych miar efektywności energetycznej

Wyszczególnienie	Roczny koszt		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ t <sup>-1</sup>	%	MJ t <sup>-1</sup>	%	CO <sub>2e</sub> t <sup>-1</sup>	%
Wariant wyjściowy	1006,64	100,00	13461,72	100,00	4028,54	100,00
Ogrzewanie posadзки	989,11	98,26	11230,33	83,42	3869,64	96,06
Odzysk ciepła	998,91	99,23	11923,89	88,58	3949,27	98,03

Na rysunku 67 zilustrowano różnice między wariantem wyjściowym a podejściami alternatywnymi w odniesieniu do zużycia energii, emisji gazów cieplarnianych i przychodu fermy podanymi w przeliczeniu na tonę wyprodukowanych brojlerów. Można stwierdzić, że ogrzewanie podłogowe oraz rekupe-



racja ciepła umożliwiły zmniejszenia zużycia energii i emisję gazów cieplarnianych, a tym samym poprawiły dochodowość fermy w przeliczeniu na jednostkę produkcji.



Rys. 67. Różnice w kosztach, wzrost dochodu, oszczędność zużycia energii i redukcja emisji gazów cieplarnianych na 1 tonę brojlerów między wariantem wyjściowym a wariantami z ogrzewaniem podłogowym i z odzyskiem ciepła

## Miary oszczędności energii w produkcji trzody chlewnej w Portugalii

Autorzy: Fátima Baptista, Dina Murcho, Luis Leopoldo Silva, Carlos Marques

### Wstęp

Według Ministerstwa Rolnictwa, Rozwoju Obszarów Wiejskich i Planowania (2009), wieprzowina jest najchętniej spożywanym rodzajem mięsa w Portugalii, a chów świń w 2009 roku stanowił o 8,5% krajowej produkcji rolniczej. W tym samym roku, według danych Krajowego Instytutu Statystyki (INE, 2011), Portugalia posiadała 1913 miliona świń. Produkcja żywca wieprzowego skupia się w regionach Ribatejo i Oeste (45% pogłównia), Alentejo (25%) oraz Beira Litoral (21%). W Ribatejo i Oeste znajdują się największe ферmy trzody chlewnej, ze średnią obsadą 264 świń na fermę.

Produkcja trzody chlewnej jest sektorem rolnictwa, w którym dominuje chów intensywny, wysoko uprzemysłowiony. Zwierzęta trzymane są w budynkach, tak aby kontrolować warunki produkcji w celu redukcji upadków zwierząt i zwiększenia wydajności produkcyjnej. Budynki są dostosowane do poszczególnych etapów produkcji, z odrębnymi pomieszczeniami dla macior,

prosiąt i tuczników. Około 70% chlewni ma posadzki rusztowe i litą posadzką w części chlewni przeznaczoną do odpoczynku zwierząt. Dodatkową zaletą posadzki rusztowej są instalacje pod posadzką zbiorników na bezpośredni odbiór odchodów, co tworzy barierę między gazami: metanem ( $\text{CH}_4$ ) i amoniakiem ( $\text{NH}_3$ ) wytwarzanymi w czasie fermentacji obornika a powietrzem w budynku. Oznacza to jednak konieczność częstego oczyszczania zbiorników, by uniknąć skażenia i emisji odorów. Ogrzewanie stosowane jest tylko w pomieszczeniach do proszenia i odchowu prosiąt. Wentylacja jest albo naturalna albo mechaniczna wymuszana przez wentylatory.

Głównym celem analizy było zbadanie efektów ekonomicznych oraz wpływu na zużycie energii i środowisko (gazy cieplarniane) po wprowadzeniu nowego sprzętu paszowego. Wariant wyjściowy stanowiła chlewnia produkująca 6000 tuczników rocznie.

### **Wariant wyjściowy**

Badana ferma, prowadząca tucz trzody chlewnej, posiada budynek z 42 zagrodami, każda na 48 zwierząt, łącznie 2000 zwierząt. Średnia liczba cykli produkcyjnych w roku wynosi 3, zatem całkowita produkcja roczna wynosi 6000 sztuk, o średniej masie ciała 100 kg żywej wagi. Zakładając upadki w stadzie na poziomie około 2%, całkowita produkcja roczna wynosi 588 ton żywca. Tucz rozpoczyna się od warchlaków ważących 20 kg a kończy na tucznikach o masie 100 kg żywej wagi. Podczas tuczu świny zjadają przeciętnie 200 kg skoncentrowanych pasz przemysłowych. Wskaźnik wykorzystania paszy wynosi 2,5 kg paszy na kg żywej wagi.

Powierzchnia chlewni wynosi 1545 m<sup>2</sup>, łącznie z korytarzami, powierzchnią biurową i innymi pomieszczeniami. Powierzchnia na 1 sztukę żywego inwentarza wynosi 0,75 m<sup>2</sup>. Ściany i dach są izolowane; opór cieplny 1,7 m<sup>2</sup> K/W. Nie stosuje się ogrzewania, a wentylacja jest naturalna, kontrolowana automatycznie. Posadzka jest częściowo rusztowa bez ściółki. Gnojowica jest przechowywana w zbiornikach pod posadzką rusztową. Żywienie *ad libitum* (do woli) oraz woda są dostarczane automatycznie. Wszystkie systemy są zasilane energią elektryczną (koszt 1 € na sztukę za wentylację oraz zaopatrzenie w pasze i wodę). Całkowity koszt inwestycji w budynki i wyposażenie wynosi 210 € m<sup>-2</sup>.

### **Sprzęt do zadawania paszy. Kontrolowany dostęp**

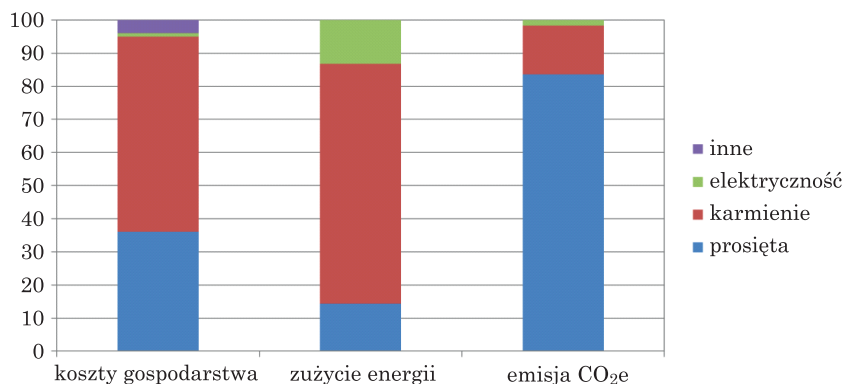
Budynek ma takie same parametry jak w wariantcie wyjściowym z wyjątkiem sprzętu paszowego. Używając alternatywnej technologii zadawania pasz

można zmniejszyć dawkę koncentratu na tucznika o 100 g dziennie (Aguiar, 2012). W trakcie pobierania karmy zwierzę dotyka czujnika wagowego paszy i za każdym razem otrzymuje małą porcję paszy treściwej, co w efekcie pozwala ograniczyć straty paszy.

Koszty inwestycyjne w system racjonowania paszy wynoszą 31 500 € (8000 € więcej niż w poprzednim wariantcie). W tym przypadku, całkowity koszt inwestycji w budynki i wyposażenie wynosi 215 € m<sup>-2</sup>.

### Wpływ różnych działań energooszczędnych na ekonomikę produkcji i środowisko

Na rysunku 68 pokazano względny udział różnych nakładów w kosztach całkowitych, emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) oraz zużyciu energii na fermie trzody chlewnej w wariantcie wyjściowym. Różne nakłady mają różny wkład w koszty całkowite, zużycie energii pierwotnej oraz emisję gazów cieplarnianych. To oznacza, że niewielkie zmiany w technologii mogą wywołać jedynie niewielką zmianę w kosztach, ale mieć znaczący wpływ na zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Zakładane zużycie energii na odchów prosiąt (żywienie i ogrzewanie) wynosiło 150 MJ na prosię. Emisję ekwiwalentnego ditlenku węgla (CO<sub>2</sub>e) wyliczono z danych przedstawionych przez Amona i in. (2007) oraz Lesschena i in. (2011).



Rys. 68. Procentowy udział różnych nakładów w produkcji fermy trzody chlewnej na efekty ekonomiczne, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Kategoria „inne” obejmuje opiekę weterynaryjną, zużycie wody i prace czyszcząco-porządkowe

Można zauważyć, że największy udział w strukturze kosztów ma żywienie (59%), a następnie wychów prosiąt (36%). Żywienie odpowiada za 73% całkowitego zużycia energii, następane w kolejności są nakłady na wychów prosiąt (14%) i energię elektryczną (14%). W odniesieniu do emisji gazów cieplarnianych

nianych, jak można było oczekiwać, zwierzęta odpowiadają za największą ilość emitowanych gazów, głównie wskutek fermentacji jelitowej, i odpowiadają za wytworzenie 83,5% całkowitej emisji. Kolejnym źródłem emisji są nakłady związane z żywieniem zwierząt (14,8%) i zużyciem energii elektrycznej (1,7%). Pasza jest bardzo ważnym nakładem w analizie ekonomicznej, energetycznej i środowiskowej, mimo iż wskaźnik wykorzystania paszy osiąga zadowalający poziom. Dalsze badania nad składem diety oraz procesami produkcji przemysłowej mogłyby mieć istotny wkład w poprawę efektywności energetycznej tuczcu świń.

Na rysunku 68 przedstawiono koszty i przychody według wariantu wyjściowego i alternatywnego. Można zauważyć wysoki wkład żywienia w koszty produkcji, stanowiący niemal 60% kosztów zmiennych. Koszty stałe obejmują koszty pracy żywej oraz amortyzację budynków i sprzętu. Przychody są osiąganane ze sprzedaży świń. Warchlaki kosztują 35 € za sztukę, zaś cena sprzedaży tuczników wynosi 1,7 € kg<sup>-1</sup> wagi ubojowej (21% zniżki). W wariantcie wyjściowym całkowity koszt na 1 tuczniaka wynosi 100 €, natomiast przy użyciu systemu kontrolowanego zadawania pasz treściwych ten koszt zostaje obniżony do 97 €, co nie jest różnicą istotną. W obu przypadkach fermy były wysoko dochodowe a ich prowadzenie ekonomicznie uzasadnione przy założeniu bieżących cen produktu i nakładów na produkcję.

Tabela 69. Koszty i dochód w portugalskiej fermie tuczników

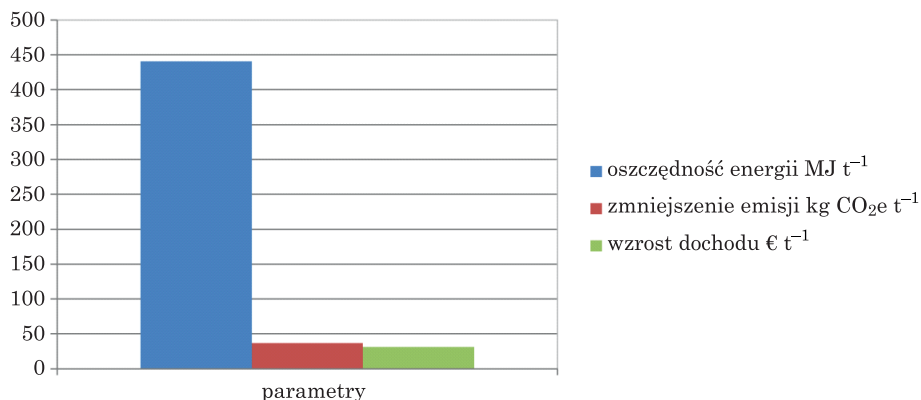
Wyszczególnienie	Wariant wyjściowy		Automat paszowy	
	(€ rok <sup>-1</sup> )	%	(€ rok <sup>-1</sup> )	%
Koszty zmienne				
Wychów prosiąt	205 800	36,0	205 800	37,3
Żywienie	33 6571	58,9	31 7520	57,5
Opieka weterynaryjna	8820	1,5	8820	1,6
Zużycie wody	14 300	2,5	14 300	2,6
Budynki – energia elektryczna	5880	1,0	5880	1,1
Razem	571 371	100	552 320	100
Koszty stałe	27,827		28 617	
Koszty całkowite	599,198		580 937	
Dochód	789,684		789 684	
Marża netto	190,485		208 747	

Tabela 70 przedstawia koszty, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę produktu. Można stwierdzić, że wariant z kontrolowanym dozowaniem paszy nie spowodował znacznych zmian w kosztach (3%). Podobnie w przypadku emisji gazów cieplarnianych, zredukowanej o mniej niż 1%, przy czym większa część emisji pochodziła od samych zwierząt. Z kolei, wprowadzenie dozowania pasz umożliwiło zmniejszenie zużycia energii o 4%.

Tabela 70. Roczne koszty produkcji, zużycie energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych w analizowanych wariantach tuczu trzody chlewnej

Wyszczególnienie	Roczny koszt		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ t <sup>-1</sup>	%	MJ t <sup>-1</sup>	%	kg CO <sub>2</sub> e t <sup>-1</sup>	%
Wariant wyjściowy	1019,04	100,00	10 732,36	100,00	4376,96	100,00
Automat paszowy	987,99	96,95	10 291,55	95,89	4340,23	99,16

Na rysunku 69 pokazano różnice między wariantem wyjściowym a alternatywnym w zużyciu energii, emisji gazów cieplarnianych i dochodowości fermy w przeliczeniu na wyprodukowaną tonę żywca. Kolejny raz można stwierdzić, że system kontrolowanego dostępu do pasz przyczynia się głównie do zmniejszenia zużycia energii na jednostkę produkcji.



Rys. 69. Różnice w dochodzie, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych (na 1 tonę) między wariantem wyjściowym a alternatywnym (automat paszowy)

#### 5.4.3.4. Miary efektywności energetycznej w produkcji mięsa drobiowego i wieprzowego w Finlandii

Autorzy: Hannu Yli-Kojola, Jussi Esala, Hannu Mikkola, Mari Rajaniemi, Tapani Jokiniemi, Jukka Ahokas

#### Produkcja wieprzowiny w Finlandii

W Finlandii, produkcja wieprzowiny jest drugim co do ważności sektorem produkcji zwierzęcej, po produkcji mleka. W obu sektorach produkcyjnych zachodzą duże zmiany strukturalne, które – jak się przewiduje – doprowadzą do zmniejszenia o połowę liczby ferm trzody chlewnej w okresie od 2010 roku

do 2020 roku (Pyykkönen i in. 2010). W 2009 roku funkcjonowało 2200 gospodarstw specjalizujących się w chowie trzody chlewnej, natomiast ich szacowana liczba w 2020 roku wynosi poniżej 900. Z drugiej strony, liczba zwierząt na fermie podwoi się z 275 tuczników w 2010 roku (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE 2011) do ponad 500 tuczników w roku 2020. Ilość produkowanej wieprzowiny w Finlandii pozostanie na dzisiejszym poziomie  $200 \times 10^6$  kg (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus – TIKE 2011) pod warunkiem utrzymania wsparcia inwestycyjnego zmian strukturalnych (Pyykkönen i in. 2010). Fermy trzody chlewnej w Finlandii są nadal małe w porównaniu z holenderskimi, ale rozwijają się z małych rodzinnych przedsięwzięć do coraz większych ferm zatrudniających siłę najemną. Produkcja wieprzowiny jest skupiona w południowej i zachodniej części Finlandii (Niemi i Ahlstedt 2012).

Pasze dla świń są w większości produkowane w gospodarstwie, lecz są fermy, które korzystają z przemysłowych mieszanek paszowych. Gospodarstwa produkują własny jęczmień do żywienia świń. Śruta jęczmienna mieszana jest z koncentratem białkowym (soja) i innymi komponentami paszowymi.

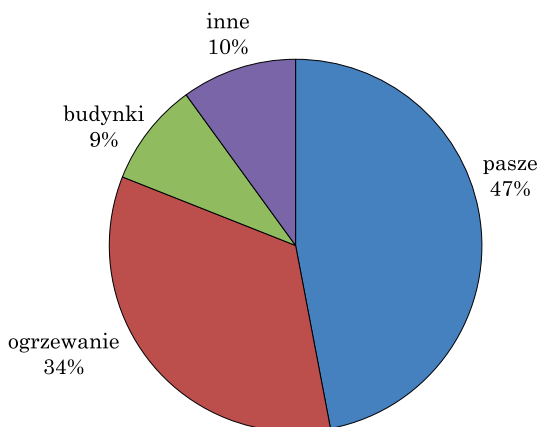
Liczebność inwentarza jest ograniczona koniecznością zapewnienia odpowiedniej powierzchni pól na rozwieszenie obornika. Faktyczna powierzchnia pól zależy od zawartości składników pokarmowych w glebie i w oborniku. Im wyższy jest poziom makroelementów w oborniku, tym większa powierzchnia pól jest wymagana, gdyż zasady udzielania dopłat środowiskowych nie pozwalają przekraczać ustalonych dawek azotu i fosforu ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) (Maaseutuvirasto 2012). Taki wymóg dotyczy wszystkich zwierząt gospodarskich, nie tylko trzody chlewnej. W większości chlewni odchody zwierząt są przechowywane i transportowane w formie gnojowicy.

W typowej chlewni dla tuczników, boksy dla świń w liczbie 10-15 sztuk umieszczone są po obu stronach znajdującego się pośrodku korytarza biegnącego wzdłuż osi budynku. Koryta paszowe umieszczono wzdłuż korytarza, natomiast korytarze gnojowe po przeciwnej stronie, wzdłuż ścian zewnętrznych. Z reguły wentylacja jest wymuszona podciśnieniem, z wentylatorami nad centralnym korytarzem i otworami wlotowymi w górnej krawędzi ścian lub w dachu po stronie przyściennej. Chlewnia dzieli się na części mieszczące 125-300 zwierząt, przedzielone ścianami działowymi. Pasze dostarczane są w postaci suchej lub – w większych fermach – wilgotnej.

### **Zużycie energii w produkcji wieprzowiny**

Analiza zużycia energii w produkcji trzody chlewnej w Finlandii wskazuje, że główne nakłady energii są związane z produkcją pasz (47%) i ogrzewaniem

chlewni (34%) (Rys. 70). Łącznie wymienione nakłady odpowiadają za ponad 80% całkowitego zużycia energii. Nakład energii na odnowę stada (produkcja prosiąt) został wyłączony z niniejszej analizy z uwagi na brak dostatecznie pewnej informacji na ten temat.



Rys. 70. Struktura nakładów energii w produkcji żywca wieprzowego w Finlandii

Mimo to, przeprowadzono szacunkową ocenę zużycia energii w produkcji prosiąt, która wykazała, że odchów 1 prosięcia wymaga około 100 kg pasz (od urodzenia do wagi 25-30 kg). Większość paszy spożywana jest przez maciorę w okresie ciąży i laktacji. W chowie prosiąt zużywa się więcej energii na ogrzewanie aniżeli podczas tuczu, gdyż utrzymanie prosiąt wymaga wyższej temperatury, a z drugiej strony prosięta wytwarzają mniej ciepła niż tuczniaki. Z tych względów przyjęto, że nakład energii potrzebny do zastąpienia jednego tuczniaka warchlakiem może osiągnąć połowę energii wydatkowanej na tucz pojedynczego zwierzęcia.

### Miary oszczędności energii

Studium przypadku dotyczy ферmy trzody chlewnej z obsadą 500 sztuk. Rocznie odchowywano 3 partie zwierząt po 500 sztuk, czyli razem w ciągu roku 1500 tuczniaków. Najważniejszą paszą był jęczmień uprawiany w gospodarstwie. Średnio zużywano 221-225 kg jęczmienia do odchowania 1 tuczniaka do masy 105-110 kg wagi żywej. Łączne zużycie jęczmienia na odchów 1500 tuczniaków rocznie wyniosło 340 000 kg. Pasze dla świń mieszano na fermie i zadawano w postaci płynnej.

W warunkach fińskich konieczne jest ogrzewanie chlewni w celu zapewnienia właściwej temperatury i jakości powietrza wewnątrz budynków dla zwierząt i ludzi pracujących w chlewni. Wielu farmerów do ogrzewania chlewni używa zrębków drzewnych, gdyż jest to najtańsze paliwo i można je pozyskać z własnego lasu. Powszechnym rozwiązaniem jest wspólny system ogrzewania budynków gospodarczych i mieszkalnego. Ta sama instalacja grzewcza w trakcie zniw może być używana do suszenia ziarna zbóż, gdyż wówczas nie ma potrzeby ogrzewania budynków. W niektórych regionach Finlandii do ogrzewania chlewni używa się także torfu lub lekkiego oleju opałowego.

Wybrano dwie miary oszczędności energii: 1) konserwowanie ziarna paszowego w szczelnych silosach zamiast suszenia, i 2) system wentylacji z wymiennikiem ciepła w celu odzysku ciepła z powietrza wychodzącego.

### Szczelnie zamknięty silos zamiast suszenia

Suszenie ziarna jęczmienia przeznaczonego do karmienia świń nie jest konieczne. Jęczmień można przechowywać w silosach szczelnie zamkniętych, bez dostępu powietrza, a jakość paszy będzie równie wysoka, jak paszy z wysuszonego ziarna (Siljander-Rasi i in. 2000). Nakład energii na suszenie stanowi 10-11% całkowitych nakładów energii w łańcuchu uprawy jęczmienia (Mikkola i in. 2010), a spodziewane oszczędności energii wynoszą także 10-11%. Oszczędności w całkowitym zużyciu energii w produkcji żywca wieprzowego wynoszą maksymalnie 5%, ponieważ udział pasz w całkowitym zużyciu energii wynosi 47%.

Koszty suszenia ziarna oraz przechowywania w szczelnych silosach zostały porównane w tabeli 71. W kolumnie „szczelny silos” ujęto koszt suszenia,

Tabela 71. Koszty inwestycji i eksploatacji suszarni ziarna oraz szczelnego silosu. To są dwa alternatywne sposoby konserwacji ziarna zbóż w fermie trzody chlewnej

Wyszczególnienie	Suszarnia z gorącym powietrzem, wielkość suszonej partii 20 m <sup>3</sup>	Szczelny silos na ziarno bez dostępu powietrza, pojemność 400 m <sup>3</sup>
Podstawowe charakterystyki		
Inwestycja, w €	130 000	40 000
Okres zwrotu, w latach	20	20
Wartość rezydualna, 20% inwestycji, w €	26 000	8000
Oprocentowanie, w %	5	5
Koszty		
Roczna amortyzacja, €	8345	2568
Koszty użytkowania (suszarnia: 15 € t <sup>-1</sup> ), w €	5100	400
Suszenie (30% zbiorów ziarna: 60 € t <sup>-1</sup> ), w €	–	6000
Razem, w €	13 445	8968



ponieważ ziarno nawet tak przechowywane musi być do pewnego stopnia podsuszone. Istnieje także ryzyko, że w szczelnie zamkniętym silosie latem, gdy temperatura powietrza jest wysoka, magazynowane ziarno może się zepsuć.

Koszty tych dwóch metod konserwacji pasz wskazują, że magazynowanie w szczelnych silosach jest bardziej ekonomiczne niż suszenie. Z drugiej strony, warto korzystać w posiadanych suszarni ziarna, gdyż koszty operacyjne wynikające z suszenia ziarna są niższe niż koszty przechowywania w silosach bez dostępu powietrza.

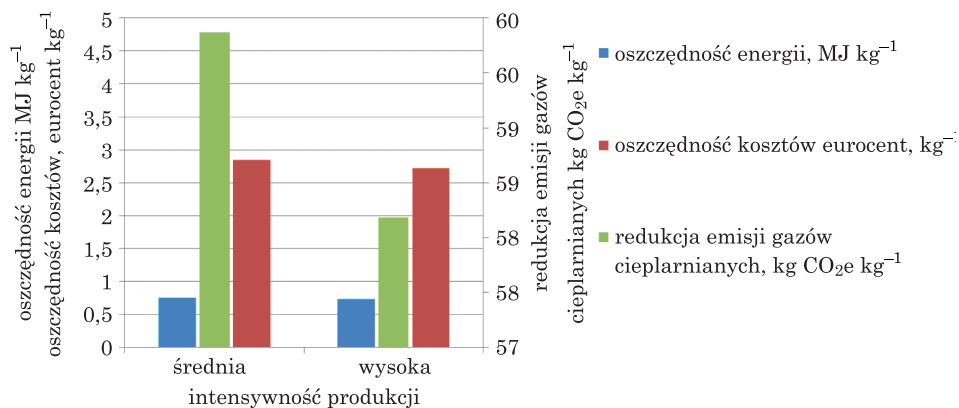
Typowa suszarnia ziarna zbóż w Finlandii jest to budynek ze stalowymi silosami i generator ciepła wbudowanymi w betonowe podłoże. Nie ma sposobu na to, aby w ekonomiczny sposób przemieszczać generator ciepła w inne miejsca. Dlatego zasadne jest jego wykorzystanie na miejscu tak długo, jak długo to urządzenie będzie sprawne i nie będzie wymagało gruntownej naprawy. Szczelny silos bez dostępu powietrza jest dobrą inwestycją w takich przypadkach, gdy ferma nie ma suszarni, lub jej moc przerobu jest niewystarczająca, lub też suszarnia jest w takim stanie technicznym, który wymaga wymiany.

### **Odzysk ciepła z powietrza usuwanego z budynku przez wentylację**

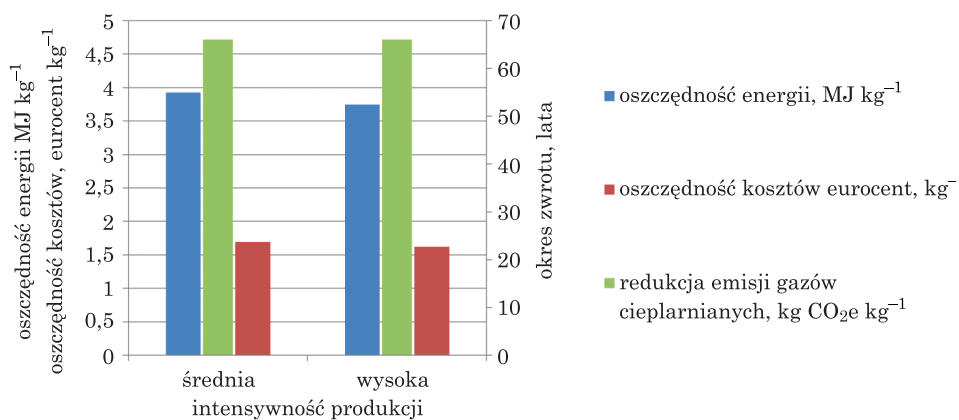
Ogrzewanie chlewni jest drugim co do wielkości wydatkiem energii w chowie tuczników. We wcześniejszych badaniach Karhunen i in. (1983) wskazywano, że odzysk ciepła z wentylacji może w 90% zastąpić energię grzewczą. Przy pomocy systemu rekuperacji ciepła można zaoszczędzić do 30% całkowitego nakładu energii cieplnej w produkcji trzody chlewnej. Dostawcy urządzeń do odzysku ciepła podkreślają, że ważniejsze od oszczędności energii jest wyeliminowanie przeciągów wewnątrz budynku. Kiedy powietrze napływające do budynku jest wstępnie podgrzane, różnice temperatur w różnych miejscach wewnątrz chlewni są mniejsze i zwierzęta mają lepsze warunki rozwoju. Chociaż system rekuperacji ciepła poprawia dobrostan zwierząt, to trudno jest ustalić wymiar ekonomiczny tego aspektu proponowanego rozwiązania.

Z danych przedstawionych na rysunkach 71 i 72 wynika, że system odzysku ciepła z powietrza może przynieść większe oszczędności energii i kosztów niż szczelne silosy, ale okres zwrotu inwestycji jest bardzo długi (66 lat). Wdrożenie systemu rekuperacji ciepła w analizowanej fermie spowodowało dodatkowe koszty, z kolei szczelne silosy jako substytut suszarni generowały dochód. Suszenie ziarna jest metodą wybieraną konwencjonalnie, zaś inwestycja w szczelne silosy okazała się tańszym wyborem. Z tego powodu okres zwrotu z inwestycji w szczelne silosy oraz koszt ograniczenia emisji gazów cieplarnianych były zerowe. Jak zaznaczono powyżej, w przedstawionej ocenie nie

uwzględniono poprawy dobrostanu zwierząt wskutek wprowadzenia wentylacji z podgrzewanym powietrzem mimo, że tego typu efekty mogą być znaczące, tzn. lepszy stan zdrowia zwierząt przekłada się na szybszy przyrost wagi i mniejsze spożycie pasz, przy czym dokładna ocena ekonomiczna wymagałaby dalszych badań.



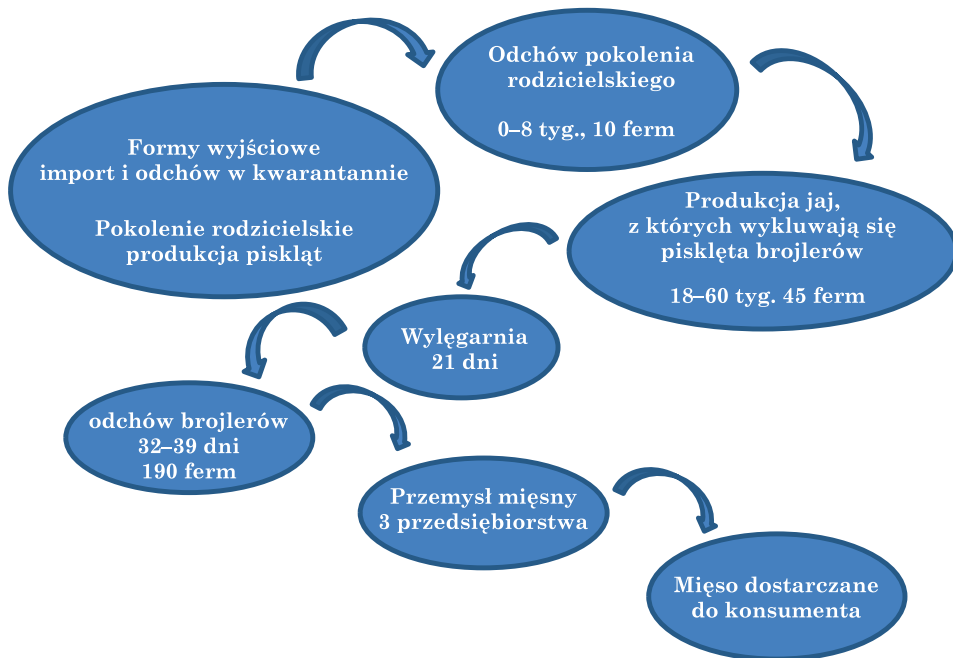
Rys. 71. Wpływ przechowywania ziarna w szczelnych silosach na oszczędność energii i kosztów oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 kg żywej wagi tuczników. Uwzględniono średnią i wysoką intensywność produkcji



Rys. 72. Wpływ przechowywania ziarna w szczelnych silosach na oszczędność energii i koszty oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 kg żywej wagi tuczników. Uwzględniono średnią i wysoką intensywność produkcji

## Produkcja brojlerów w Finlandii

Produkcja brojlerów w Finlandii prowadzona jest w oparciu o kontrakty między ubojniami a prywatnymi fermami. Łańcuch produkcji, począwszy od importu kurcząt brojlerów aż do opakowanego mięsa drobiowego na półce w sklepie, odbywa się zgodnie z ogólnokrajowym systemem jakości. Zapobieganie chorobom (zwłaszcza salmonellozie) oraz promowanie zasad dobrostanu zwierząt są to dwa fundamentalne cele tego systemu. Na rysunku 73 zilustrowano strukturę łańcucha produkcji brojlerów.



Rys. 73. Schemat łańcucha produkcyjnego brojlerów w Finlandii (Siipikarjaliiitto 2012)

W Finlandii prowadzi się chów kurcząt rasy Scottish Ross. Odchów obejmuje partie brojlerów liczące 30 000 sztuk. Cykl odchovu trwa 32-42 dni. Zagęszczenie ptaków w kurnikach zależy od masy zwierząt na metr kwadratowy (Valtioneuvosto 2011). Nie ma konkretnego limitu zagęszczenia, ale istnieją wymogi określające jakość powietrza i temperatury przy zagęszczeniu powyżej 33 kg m<sup>-2</sup>. W kurnikach musi funkcjonować system wentylacji i klimatyzacji, który zagwarantuje utrzymanie temperatury pomiędzy wartościami najniższą i najwyższą określonymi w regulacjach urzędowych (Valtioneuvosto 2011). System wentylacji musi utrzymać zawartość ditlenku węgla (CO<sub>2</sub>)

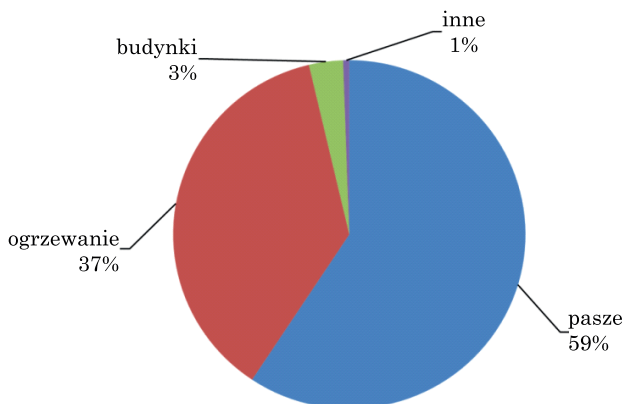
i azotu amonowego ( $N-NH_4$ ) oraz wilgotność powietrza poniżej limitów określonych prawnie. Ponadto, jeśli zagęszczenie ptaków przekracza  $39 \text{ kg m}^{-2}$  (Valtioneuvosto 2011), to średni procent upadków w poprzednich cyklach nie może przekraczać 1%. Typowy kurnik jest to budynek z termoizolacją, systemem centralnego ogrzewania i wymuszoną wentylacją. Jest to budowla bez okien. Stosowane są systemy sterowania oświetleniem, by zoptymalizować maksymalną produktywność mięsną. Brojlery chodzą swobodnie po posadzce pokrytej 10 cm warstwą ściółki. Pasze i woda są zadawane z karmideł i z poidel miskowych lub kropelkowych rozmieszczonych na posadzce. W początkowym okresie odchowu temperatura w budynku wynosi  $32^\circ\text{C}$ , następnie jest stopniowo obniżana, do  $22^\circ\text{C}$  pod koniec cyklu. Wentylacja jest niezbędna do utrzymania temperatury, wilgotności powietrza oraz zawartości ditlenku węgla i amoniaku poniżej zalecanego poziomu. Między partiami odchowanych brojlerów następuje usunięcie obornika, oraz czyszczenie i dezynfekcja budynku.

Fermy brojlerów część pasz wytwarzają na własnych gruntach (pszenica), lecz znaczną część kupują, np. mieszanki paszowe i białkowe. Mieszanka paszowa jest dokładnie dostosowana do fazy rozwojowej ptaków.

Nakład energetyczny na odchów młodych kurcząt do wymiany stada został wyłączony z analizy, analogicznie jak w przypadku nakładów energetycznych na odchów prosiąt, gdyż brak jest odpowiednich danych. Schemat na rysunku 73 pokazuje, że przed rozpoczęciem właściwego okresu tuczu występuje wiele etapów procesu produkcyjnego, które wymagają nakładów energetycznych. Przybliżona ocena według liczby ferm w łańcuchu produkcji przed, i w trakcie tuczu brojlerów (55-60 ferm produkujących kurczęta, oraz 190 produkujących mięso drobiowe) wskazuje, że zużycie energii na odnowę stada może dochodzić do 30% całkowitego nakładu energetycznego na produkcję brojlerów. Taki wniosek będzie uzasadniony jeśli zużycie energii będzie takie samo w fermach produkujących kurczęta do odnowy stada i zajmujących się tuczem brojlerów. Jednak to zagadnienie wymaga dalszych badań, podobnie jak energochłonność chowu młodych zwierząt do odnowy stada we wszystkich sektorach produkcji zwierzęcej.

### **Zużycie energii w produkcji drobiu**

Analiza energetyczna produkcji drobiu wskazuje na podobną strukturę nakładów energetycznych jak w przypadku produkcji trzody chlewnej (Rys. 74). Największy nakład energetyczny był na pasze (59%), a w drugiej kolejności na ogrzewanie (37%). Możliwości dokonania oszczędności energii w produkcji pasz są bardziej ograniczone w przypadku ferm drobiu niż trzody chlewnej, gdyż znaczna część pasz (75%) pochodzi z przemysłu paszowego.



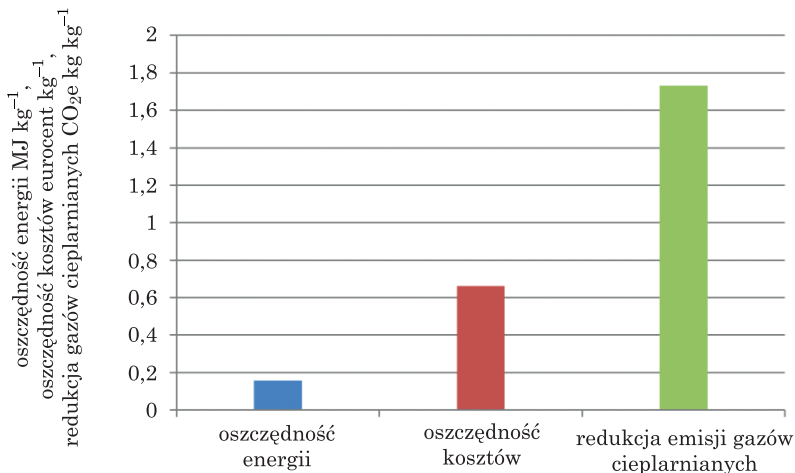
Rys. 74. Struktura nakładów energetycznych w produkcji brojlerów w Finlandii

### Miary oszczędności energii

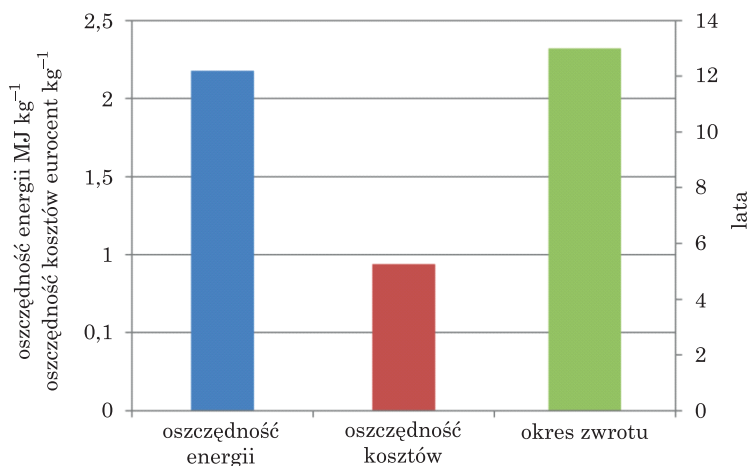
Proponowane miary oszczędności energii w produkcji brojlerów są takie same jak w chowie trzody chlewnej. Zastąpienie suszenia ziarna zbóż przez ich magazynowanie w szczelnych silosach oraz odzysk ciepła z powietrza usuwanego z budynku przez system wentylacji są postrzegane jako rozwiązania o największym potencjale oszczędności energii. W tym przypadku konserwowanie paszy w szczelnych silosach pozwalało zaoszczędzić maksymalnie 1,5% z całkowitego zużycia energii. Koszty suszenia i przechowywania bez dostępu powietrza porównano w tabeli 72.

Tabela 72. Koszty inwestycji i eksploatacji suszarni ziarna oraz szczelnego silosu na fermie drobiu. Dwa alternatywne sposoby konserwacji ziarna zbóż dla kurczaków

Wyszczególnienie	Suszarnia z gorącym powietrzem, wielkość suszonej partii 20 m <sup>3</sup>	Szczelny silos na ziarno bez dostępu powietrza, pojemność 400 m <sup>3</sup>
Podstawowe charakterystyki		
Inwestycja, w €	140 000	40 000
Okres zwrotu, w latach	20	20
Wartość rezydualna, 20% inwestycji, w €	28 000	8000
Oprocentowanie, w %	5	5
Koszty		
Roczna amortyzacja, €	8987	2568
Koszty użytkowania (suszarnia: 15 € t <sup>-1</sup> ), w €	6000	400
Suszenie (30% zbiorów ziarna: 60 € t <sup>-1</sup> ), w €	–	6000
Razem, w €	14 987	8968



Rys. 75. Wpływ sposobu przechowywania ziarna w szczelnych silosach na oszczędność energii i kosztów oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 kg żywej wagi brojlerów w Finlandii



Rys. 76. Wpływ odzysku ciepła na oszczędność energii i kosztów w przeliczeniu na 1 kg żywej wagi brojlerów oraz okres zwrotu w produkcji brojlerów w Finlandii

Na rysunku 75 przedstawiono wpływ przechowywania w hermetycznych silosach na oszczędność energii i kosztów oraz ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.

Odzysk ciepła jest to kolejna potencjalna możliwość uzyskania oszczędności energii, a przykłady badań prowadzonych na fermach trzody chlewnej pokazują na potencjał oszczędności energii grzewczej wynoszący 60% (Karhunen i in. 1983). W kurnikach istnieje duże zapotrzebowanie na energię cieplną, zwłaszcza na początku odchowu, kiedy należy utrzymywać temperaturę 32°C w okre-

się, gdy młode kurczęta nie wytwarzają jeszcze dużo ciepła (wiek poniżej 1 tygodnia, przy wadze poniżej 150 g między 1 a 7 dniem życia). Oszczędność energii w systemie odzysku ciepła powinna osiągnąć maksimum 19-22% całkowitego nakładu energetycznego w całym łańcuchu produkcji brojlerów. Na rysunku 76 zilustrowano oszczędności energetyczne, redukcję kosztów oraz okres zwrotu inwestycji związane z systemem odzysku ciepła.

#### **5.4.3.5. Podsumowanie analizy efektów alternatywnych (trade-off) wynikającej ze studiów przypadków systemów produkcji żywca wieprzowego i drobiowego**

Autor: Tommy Dalgaard

Studia przypadków systemów produkcji trzody chlewnej i drobiu ilustrują alternatywne efekty energetyczno-środowiskowo-ekonomiczne wynikające z implementacji miar oszczędności energii prowadzących do zmniejszenia zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych, wraz z kosztami.

We wszystkich omawianych krajach, systemy produkcji trzody chlewnej i drobiu są to najbardziej uprzemysłowione i intensywne obszary produkcji, wnoszące znaczący wkład w całkowitą gospodarkę rolną (np. ok 20% w Polsce, 15% w Portugalii i podobny lub nawet wyższy udział w Finlandii, Danii i Holandii). Gołaszewski i in. (2012) szacują zużycie energii pierwotnej (w PJ) w produkcji brojlerów w porównaniu z produkcją świń na 1 PJ vs 6 PJ w Finlandii, 7 PJ vs 43 PJ w Niemczech, 9 PJ vs 33 PJ w Holandii, 12 PJ vs 23 PJ w Polsce oraz 4 PJ vs 3,89 PJ w Portugalii. W rezultacie, we wszystkich analizowanych krajach istnieje duży potencjał do podejmowania działań energooszczędnych w tych sektorach rolnictwa. Należy jednak zauważyć, że całkowite zużycie energii pierwotnej w fermach bydła mlecznego we wszystkich krajach było o około 1,5 do 2 razy wyższe aniżeli łączne zużycie energii pierwotnej w fermach trzody chlewnej i drobiu, z wyjątkiem Danii, która utrzymuje relatywnie wysoką produkcję mięsa wieprzowego i drobiowego w porównaniu z produkcją mleka i wołowiny, i podobne całkowite zużycie energii pierwotnej w sektorze mleczarskim, jak i w sektorze produkcji żywca wieprzowego (Dalgaard i in. 2002).

Jak wynika z danych zestawionych w tabeli 73, studia przypadków ilustrujące usprawnienia energetyczne systemów produkcji trzody chlewnej i drobiu wskazują na duże różnice w bilansie kosztów/efektów alternatywnych (trade-off) pomiędzy efektami związanymi z kosztami produkcji, a efektami związanymi z zużyciem energii pierwotnej oraz emisją gazów cieplarnianych, co z kolei eksponuje znaczenie całego systemu analizy kolejnych przypadków implementacji miar oszczędności energii.

Tabela 73. Podsumowanie szacunkowych efektów alternatywnych w kosztach produkcji, zużyciu energii pierwotnej i emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) (mierzone jako procentowo wyrażona różnica względem punktu referencyjnego – wariantu wyjściowego) dla wybranych studiów przypadków z Polski (PL), Holandii (NL), Portugalii (PT) i Finlandii (FI)

Wyszczególnienie	Koszty produkcji	Zużycie energii pierwotnej	Emisja gazów cieplarnianych
<b>Brojlery:</b>			
Produkcja energii z obornika (PL)	-1,3	-0,7	-0,4
Zintegrowana kontrola klimatu (NL)	-2	+1	+22
Wymiennik ciepła (NL)	-2	0	-11
Centralny grzejnik wody (NL)	-1	0	-8
Ogrzewanie posadzki (PT)	-1,7	-12,6	0
Odzysk ciepła (PT)	-0,8	-11,4	-2,0
Szczelny silos na pasze (FI)		-1,6	
System odzysku ciepła (FI)		-18	
<b>Tuczniki:</b>			
Kanadyjski system ściółkowy (NL)	+13	+16	-1
Naturalna wentylacja i światło (NL)	-2	-1	-78
System pasz wilgotnych (NL)	+37	-42	-1
Kontrolowany dostęp do pasz (PT)	-3,0	-4,1	-0,8
Szczelny silos na pasze (FI)		-0,6	
System odzysku ciepła (FI)		-21	

## Omówienie wyników i perspektywy

Ogólnie biorąc, działania energooszczędne będące przedmiotem omawianych przypadków zostały dobrane według dwóch podstawowych przesłanek:

- 1) ze względu na oczekiwane ograniczenie zużycie energii netto, np. systemy odzysku ciepła, skuteczniejsze systemy ogrzewania, wydajniejsze systemy żywienia, wentylacja naturalna lub energia generowana z obornika,
- 2) z powodu innej kategorii oczekiwanych efektów, np. lepszy dobrostan zwierząt w zmienionym systemie ściółkowym, ograniczone koszty lub emisja gazów cieplarnianych dzięki wprowadzeniu zintegrowanego systemu kontroli klimatu.

W kontekście pierwszej przesłanki warto badać możliwe efekty synergistyczne między zmniejszonym zużyciem energii a mniejszymi kosztami produkcji i emisją gazów cieplarnianych. Zatem, najbardziej interesujące miary oszczędności energii, które warto propagować są to takie, których implementacja prowadzi jednocześnie do oszczędności energii, redukcji kosztów produkcji i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Ogólnie ujmując, są to wszystkie przypadki mieszczące w ramach pierwszej przesłanki (z wyjątkiem przypadku z Holandii polegającego na zadawaniu wilgotnych pasz, który generuje wysokie koszty wdrożenia), dlatego można stwierdzić, iż są to przykłady adekwatne,



oferujące duży potencjał korzyści, zaś w rolnictwie europejskim istnieje duża przestrzeń do ich dalszej promocji. Pozostaje jednak pytanie, czy istnieją rozwiązania energooszczędne o jeszcze wyższym potencjale zmniejszania zużycia energii, lecz związane ze znacznymi kosztami ekonomicznymi oraz niepożądanymi efektami, takimi jak emisja innych gazów cieplarnianych niż emisja CO<sub>2</sub>, np. podtlenek azotu lub metan.

W kontekście drugiej przesłanki pojawia się pytanie, czy inne cele niż redukcja zużycia energii mogą prowadzić do oszczędności energetycznych, a nawet obniżenia kosztów produkcji. Ogólnie rzecz ujmując, przy wdrażaniu tego typu rozwiązań należy spodziewać się większych kosztów inwestycyjnych, kosztów zużycia energii oraz większej emisji gazów cieplarnianych, dlatego jako punkt wyjścia w ocenie przedsięwzięć ujętych w przesłance drugiej należy przyjąć określenie sposobu zmniejszenia efektów niekorzystnych, i w tym aspekcie zilustrować efekty pozytywne umożliwiając tym samym podjęcie decyzji.

Żeby porównać miary oszczędności energii w ujęciu systemowym (Tabela 73), często nie wystarcza wyliczenie cząstkowych efektów wynikających z implementacji pojedynczej miary, ale należy oszacować łączne efekty związane z wdrożeniem szeregu miar w różnych sektorach produkcji zwierzęcej. W tabeli 74 podano przykład szacunków określających prawdopodobny pułap możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie Danii wskutek wdrożenia trzech różnych przedsięwzięć. Ponadto, w tych badaniach omówiono i ustalono, jak dalece te miary można ze sobą połączyć, aby osiągnąć dodatni bilans energetyczny oraz istotne ograniczenie emisji gazów cieplarnianych (Dalgaard i in. 2011).

Wyniki zestawione w tabeli 73 wskazują na różną rangę różnego rodzaju emisji gazów cieplarnianych wskutek wdrożenia przykładowych przedsięwzięć, a także na znacznie włączania do analiz emisji ditlenku węgla pochodzącego ze spalania paliw kopalnych oraz emisji gazów powiązanych ze zmianami w zasobach węgla organicznego w glebie. Dla właściwej interpretacji wyników oraz identyfikacji efektów alternatywnych konieczne jest zdefiniowanie granic systemu dla syntezy i opisu wyników, a szczególnie w odniesieniu do przedsięwzięć energooszczędnych prezentowanych w niniejszym opracowaniu, celowe może okazać się uwzględnienie emisji ditlenku węgla z dwóch źródeł: ze spalania paliw kopalnych oraz negatywnego bilansu zawartości węgla organicznego w glebie.

Cały system oraz poszczególne elementy chowu trzody chlewnej i produkcji wieprzowiny przedstawiono na rysunku 77; podobny przeglądowy diagram można przedstawić dla sektora drobiarskiego. Efekty alternatywne omawiane w niniejszym opracowaniu odnoszą się do różnych systemów lub procesów cząstkowych w produkcji trzody chlewnej lub drobiu (np. system usuwania

Tabela 74. Przykład efektów alternatywnych pomiędzy zużyciem energii netto i emisją gazów cieplarnianych w formie tlenku diazotu (N<sub>2</sub>O), metanu (CH<sub>4</sub>) oraz zmian w zasobach węgla organicznego w glebie (DC) na podstawie wyników badań przeprowadzonych w Danii. Całkowity efekt każdego przedsięwzięcia wynikał z cząstkowych efektów przeliczonych na sztukę dużą (SD) oraz szacowany pułap wynikający z wdrożenia pojedynczej opcji

Opcja ograniczenia emisji gazów cieplarnianych	Efekt cząstkowy kg CO <sub>2</sub> e SD <sup>-1</sup>	Zakres %	N <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub>	ΔC	Zużycie energii
			emisje, w 10 <sup>3</sup> t CO <sub>2</sub> e rok <sup>-1</sup>			
Schładzanie gnojowicy	230	30	11	70	0,8	-10
Podział						
– obornik świński	330	50	0	161	1,8	-5,8
– obornik bydłocy	285	50	0	117	1,3	-5,3
Spalanie, frakcja włókna						
– obornik świński	290	50	-1,6	9,0	-116	250
– obornik bydłocy	415	50	-1,1	6,1	-144	313

obornika, ogrzewania lub żywienia). Naturalnie, wszystkie te ogniwa produkcji są ze sobą powiązane, a dokonanie zmiany w jednym z ogniw produkcji może mieć także wpływ na zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych innego ogniwa produkcji, i ostatecznie na całkowity koszt produktu. Takie spojrzenie z perspektywy całego łańcucha produkcji jest przydatne w ocenie systemów produkcji drobiu lub trzody chlewnej, a także innych produktów rolnych i w szerszym zakresie zostało omówione w podsumowaniu wyników i we wnioskach.

Podsumowując, studia przypadków dotyczące wdrażania miar oszczędności energii w sektorze produkcji drobiu i trzody chlewnej wykazały znaczny potencjał ograniczenia zużycia energii oraz pozytywnych efektów alternatywnych w aspekcie mniejszych kosztów produkcji i ograniczonej emisji gazów cieplarnianych. Jednak, w niektórych przypadkach bilans ten był ujemny a proponowane rozwiązania wiązały się z kosztami zarówno ekonomicznymi, energetycznymi, jak i środowiskowymi. Takie przypadki miały miejsce wtedy, gdy głównym zamierzeniem zmian nie było ograniczenie zużycia energii, ale np. poprawa dobrostanu zwierząt lub ograniczenie kosztów produkcji. We wszystkich jednak przypadkach, analizy dostarczyły cennych danych źródłowych, pokazujących możliwość dalszego rozwoju systemów produkcyjnych przyjaznych dla środowiska i uzasadnionych ekonomicznie.



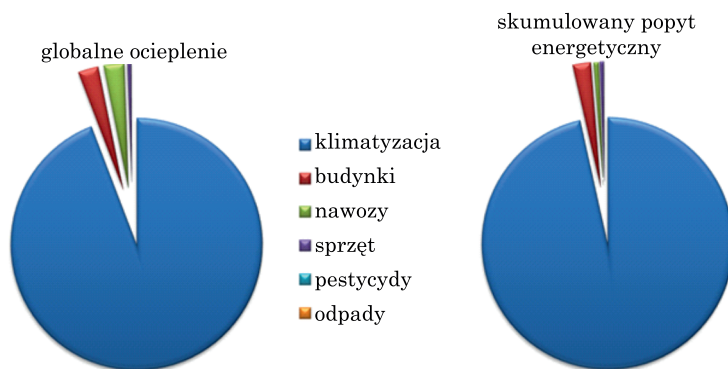
## 5.4.4. Studia przypadków – systemy produkcji szklarniowej

### 5.4.4.1. Studia przypadków w produkcji szklarniowej w Holandii

Autor: Cecilia Stanghellini

#### Wpływ procesów produkcji szklarniowej na środowisko

Spośród różnorodnych procesów prowadzonych w ogrzewanych szklarniach w Holandii, spalanie gazu do ogrzewania szklarni w największym stopniu (jak dotychczas) wpływa na środowisko naturalne. Fakt ten ilustrują wyniki analizy przedstawionej w rozdziale dotyczącym analizy stanu nakładów energetycznych w Unii Europejskiej (Gołaszewski i in. 2012) oraz analiza cyklu życia wszystkich procesów, łącznie z strukturą środków produkcji oraz transportem wykonana przez Torrellas i in. (2012, FP7-EUPHOROS) (Rys. 78).



Rys. 78. Udział względny procesów produkcyjnych (bezpośrednich i pośrednich) w standardowej szklarni holenderskiej w emisję gazów cieplarnianych (mierzonych ekwiwalentem CO<sub>2</sub>, po lewej) oraz całkowitym zużyciem energii pierwotnej (po prawej) (Torrellas i in. 2012)

Zatem jedynym istotnym sposobem uzyskania istotnych oszczędności energii oraz ograniczenia wpływu produkcji szklarniowej na środowisko naturalne w Holandii jest zmniejszenie nakładów energii pierwotnej na ogrzewanie.

#### Opis wariantów

Jako że gaz stosowany do ogrzewania jest także jednym z największych składników kosztów w produkcji szklarniowej, a także fakt, że produkcja szklarniowa wciąż zależy od tego źródła energii, nie wynika z braku działań

w kierunku ograniczenia zużycia gazu. Przeciwnie, od 20 lat głównym tematem badań w sektorze produkcji szklarniowej w Holandii pozostaje kwestia oszczędności energii.

Referencyjnym wariantem w niniejszym studium przypadku była szklarnia typu Venlo z konstrukcją wielofilarową, o powierzchni 1,5 ha, w której produkowano pomidory, paprykę lub ogórki. W szklarni zamontowano standardowy w Holandii system kontroli klimatu, czyli całkowicie automatyczną wentylację; ogrzewanie, wzbogacanie atmosfery ditlenkiem węgla oraz jedną kurtynę termoizolacyjną. Ponieważ celem analizy jest ocena możliwych oszczędności energii, w przykładowej szklarni nie ma instalacji generującej jednocześnie prąd i ciepło, chociaż większość holenderskich producentów szklarniowych stało się obecnie także producentami prądu. Rozważono trzy warianty oszczędności zużycia energii:

- 1) użycie innowacyjnej, dwuwarstwowej powłoki, w połączeniu z wymuszonym osuszaniem powietrza;
- 2) nowy system zarządzania uprawami,
- 3) użycie powłoki szklanej rozpraszającej światło.

Pierwszy wariant to najbardziej zaawansowany projekt zorientowany na oszczędność energii w szklarni, tzw. szklarnia „Venlow”, której prototyp został zbudowany i aktualnie jest testowany na terenie obiektu „Wageningen UR Greenhouse Horticulture” w Bleiswijk, Holandia. Termin „Venlow” łączy nazwę „Venlo” (najbardziej rozpowszechniony typ szklarni w Holandii) z angielskim słowem „low” oznaczającym „niski” (tu w rozumieniu niskiego zużycia energii). W prototypowej szklarni udało się obniżyć energię grzewczą o 50% dzięki połączeniu innowacyjnej powłoki z innowacyjnym osuszaniem powietrza. Pokrycie szklarni składa się z dwóch warstw szkła z powłoką antyrefleksyjną, która zapewnia osiągnięcie przepuszczalności światła porównywalnej z przepuszczalnością pojedynczego przeszklenia. Jest to konieczne, gdyż każde zmniejszenie ilości światła docierającego do roślin oznacza stratę w plonach, jako że w produkcji szklarniowej Holandii właśnie niedostateczna ilość światła jest czynnikiem limitującym produkcję. W omawianym rozwiązaniu jedna z czterech powierzchni szyb jest pokryta powłoką niskoemisyjną (zamiast anty-refleksyjnej), co ogranicza straty energii nocą. Ponadto komora między dwiema szybami wypełniona jest argonem, zmniejszającym przenikanie ciepła.

Poza stratą w ilości światła (i w następstwie tego plonów), innym powodem rzadkiego stosowania podwójnego oszklenia w holenderskich szklarniach jest fakt, iż oczekiwana oszczędność energii nie występuje z racji zwiększonych nakładów energetycznych na wentylację konieczną do usuwania wilgoci, która kondensuje się na chłodnych powierzchniach wewnątrz

szklarni. W szklarni „Venlow” usuwanie nadmiaru wilgoci z powietrza prowadzone jest poprzez zasysanie suchszego powietrza z zewnątrz za pomocą wymiennika ciepła z przepływem krzyżowym, gdzie wilgotne powietrze pobierane ze szklarni ogrzewa powietrze napływające do szklarni z zewnątrz. Dodatkową zaletą takiego rozwiązania jest to, że może ono spełniać swoją rolę nawet przy zaciągniętych kurtynach termoizolacyjnych. Oczywiście, wentylatory wymagają dodatkowych nakładów energii elektrycznej, ale jest to zużycie relatywnie małe w porównaniu z bardzo dużą redukcją zużycia gazu (z 39,8 do 14 m<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> rok<sup>-1</sup> w produkcji pomidora).

Drugi rozważany wariant znany jest w Holandii jako „nowy system uprawy” i oznacza elastycznie ustalane nastawy klimatu w szklarni, co nie wymaga dodatkowych inwestycji i jest zintegrowane z opisanym powyżej osuszaniem powietrza. Elastyczność w sterowaniu klimatem wewnątrz szklarni jest możliwa do osiągnięcia wówczas, gdy w ciągu słonecznych dni utrzymują się wyższe temperatury w szklarni (słabsza wentylacja), które kompensują niższe temperatury w nocy. Prowadzone na szeroką skalę doświadczenia wykazały, że o ile konieczne jest utrzymanie pewnej średniej temperatury w szklarni, to elastyczność w sterowaniu klimatem nie zmniejsza plonów, za to pozwala zaoszczędzić gaz wykorzystywany na ogrzewanie.

Trzecim wariantem jest zastosowanie przeszklenia szkłem rozpraszającym światło, co – jak wykazano – zwiększa produktywność większości upraw o około 10%, a tym samym zmniejsza zużycie energii na jednostkę produkcji, ale nie na jednostkę powierzchni.

Ponieważ zużycie energii na pozostałe elementy procesu produkcyjnego poza ogrzewaniem jest niewielkie (zobacz Rys. 78), nie analizowano nakładów energetycznych związanych z wytworzeniem powłoki rozpraszającej światło, ani nakładów energetycznych związanych z możliwym większym zużyciem nawozów mineralnych w wariantcie oszczędności energii poprzez uzyskanie wyższych plonów, czyli w trzecim wariantcie.

## **Wyniki**

Wyniki badań odnoszące się do produkcji pomidora podsumowano w tabeli 75. Zaskakujący może być wniosek, iż żaden z analizowanych wariantów, łącznie z aktualną praktyką produkcji szklarniowej, nie gwarantuje pozytywnego efektu finansowego. Jest rzeczą powszechnie znaną, że produkcja szklarniowa w Holandii jest dochodowa tylko dzięki kogeneracji energii cieplnej i elektrycznej oraz sprzedaży nadprodukcji energii elektrycznej.

Tabela 75. Roczne koszty produkcji, zużycie energii pierwotnej oraz emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 ha wynikające z implementacji miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej pomidora

Wariant	Dochód		Koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	kg CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Aktualna praktyka	437 100	100	550 900	100	13 070 581	100	750 855	100
Podwójne oszklenie plus innowacyjne usuwanie wilgoci	437 100	100	531 214	96	4 671 514	36	27 2801	36
Dodatkowa osłona plus innowacyjne usuwanie wilgoci	437 100	100	541 327	98	8 903 602	68	557 399	74
Lekka powłoka rozpraszająca	478 720	110	565 900	103	13 070 581	100	750 855	100

Tabela 76. Roczne koszty produkcji, zużycie energii pierwotnej oraz emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 ha wynikające z implementacji miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej papryki

Wariant	Dochód		Koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	kg CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Aktualna praktyka	414 375	100	470 000	100	1 040 6651	100	598 410	100
Podwójne szklenie plus innowacyjne usuwanie wilgoci	414 375	95	456 278	97	3 681 162	35	215 386	36
Dodatkowa osłona plus innowacyjne usuwanie wilgoci	414 375	95	463 386	99	6 989 303	67	403 967	68
Lekka powłoka rozpraszająca	455 812.5	104	485 000	103	1 024 6549	98	588 571	98

Tabela 77. Roczne koszty produkcji, zużycie energii pierwotnej oraz emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 ha wynikające z implementacji miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej ogórka

Wariant	Dochód		Koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	kg CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Aktualna praktyka	469 600	100	573 500	100	12 192 915	100	700 687	100
Podwójne szklenie plus innowacyjne usuwanie wilgoci	469 600	107	560 019	98	4 944 657	41	288 337	41
Dodatkowa osłona plus innowacyjne usuwanie wilgoci	469 600	107	565 053	99	8 521 795	70	492 134	70
Lekka powłoka rozpraszająca	514 800	118	588 500	103	12 505 554	103	717 921	102

Zastosowanie powłoki rozpraszającej światło nie zmniejszyło zużycia energii, ale zwiększyło efekt produkcyjny; dlatego nie wykazano efektu oszczędności energii w tabeli 75, w której zestawiono wyniki odnoszące się do 1 ha produkcji. W tabeli 78, gdzie podano wyniki w przeliczeniu na wyprodukowaną 1 tonę warzyw, efekt tej miary oszczędności energii okazał się pozytywny.

Tabela 78. Roczne koszty produkcji, zużycie energii pierwotnej oraz emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 t produktu wynikające z implementacji miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej pomidora

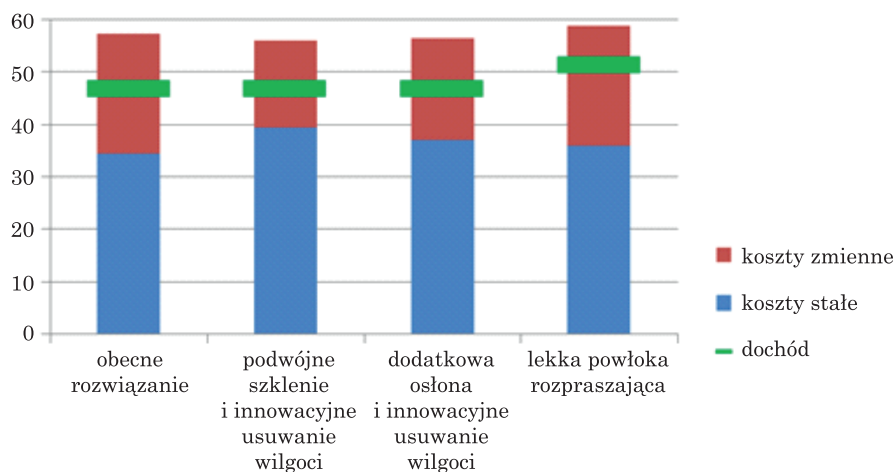
Wariant	Dochód		Koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ t <sup>-1</sup>	%	€ t <sup>-1</sup>	%	MJ t <sup>-1</sup>	%	kg CO <sub>2e</sub> t <sup>-1</sup>	%
Aktualna praktyka	683	100	861	100	20,423	100	1,173	100
Podwójne szklenie plus innowacyjne usuwanie wilgoci	683	100	830	96	7,299	36	426	36
Dodatkowa osłona plus innowacyjne usuwanie wilgoci	683	100	846	98	13,912	68	871	74
Lekka powłoka rozpraszająca	680	100	804	93	18,566	91	1,067	91

Tabela 79. Roczne koszty produkcji, zużycie energii pierwotnej oraz emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 t produktu wynikające z implementacji miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej papryki

Wariant	Dochód		Koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ t <sup>-1</sup>	%	€ t <sup>-1</sup>	%	MJ t <sup>-1</sup>	%	kg CO <sub>2e</sub> t <sup>-1</sup>	%
Aktualna praktyka	1,275	100	1,446	100	32,020	100	1,841	100
Podwójne szklenie plus innowacyjne usuwanie wilgoci	1,275	100	1,404	97	11,327	35	663	36
Dodatkowa osłona plus innowacyjne usuwanie wilgoci	1,275	100	1,426	99	21,506	67	1,243	68
Lekka powłoka rozpraszająca	1,275	100	1,357	94	28,662	90	1,646	89

Niezależnie od prowadzonych upraw szklarniowych uzyskane efekty są bardzo podobne (tabele 75-79) Zatem można przyjąć, że istnieje znaczny potencjał uzyskania oszczędności energii i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, ale efekty ekonomiczne są zbyt małe, aby motywować producentów do wdrażania tych miar. Na rysunku 79 pokazano, że wszystkie trzy warianty zwiększały koszty stałe (kapitałowe) i reprezentowały największą część kosztów, także w podstawowym wariantcie, natomiast korzyści wynikają z redukcji kosztów zmiennych.



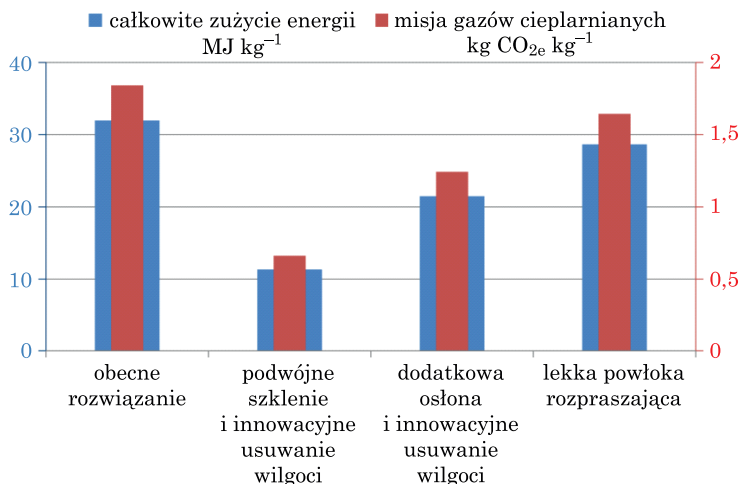


Rys. 79. Struktura kosztów (stałych i zmiennych) oraz dochód (€/m<sup>2</sup>·rok) w szklarniowej uprawie ogórka

Tabela 80. Roczne koszty produkcji, zużycie energii pierwotnej oraz emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 t produktu wynikające z implementacji miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej ogórków

Wariant	Dochód		Koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ t <sup>-1</sup>	%	€ t <sup>-1</sup>	%	MJ t <sup>-1</sup>	%	kg CO <sub>2</sub> e t <sup>-1</sup>	%
Obecne rozwiązanie	241	100	294	100	6,253	100	359	100
Podwójne szklenie plus innowacyjne usuwanie wilgoci	241	100	287	98	2,536	41	148	41
Dodatkowa osłona plus innowacyjne usuwanie wilgoci	241	100	290	99	4,370	70	252	70
Lekka powłoka rozpraszająca	240	100	274	93	5,830	93	335	93

Na rysunku 80 zilustrowano wpływ na środowisko (całkowite zużycie energii i globalne ocieplenie) powodowany przez wyprodukowanie 1 kg papryki według aktualnie stosowanej technologii oraz w trzech alternatywnych wariantach produkcji. Analogiczne histogramy sporządzone dla pozostałych warzyw byłyby bardzo podobne.



Rys. 80. Wpływ na środowisko jako efekt wyprodukowania 1 kg papryki w analizowanych wariantach. Zużycie energii (MJ kg<sup>-1</sup>) jest na lewej osi, a emisja gazów cieplarnianych (kg CO<sub>2e</sub> kg<sup>-1</sup>) jest na prawej osi

## Omówienie wyników

Uwzględniając dominację ogrzewania jako czynnika energochłonnego w produkcji szklarniowej w Holandii, w powyższej analizie ograniczono się do działań energooszczędnych tylko w tym zakresie. Ustalono, że obecnie dostępne technologie pozwalają na ograniczanie zużycia gazu o ponad 50%. To jednak wymagałoby inwestycji, które dzisiaj są poza zasięgiem holenderskich producentów, mimo iż w dłuższej perspektywie czasu mogłyby przynieść korzyści. Jak już wspomniano, szklarniowa produkcja warzyw przynosiłaby straty, gdyby nie sprzedaż energii elektrycznej. Niestety także i to źródło przychodów jest zagrożone z uwagi na trend malejących cen energii elektrycznej na rynku krajowym i za granicą. W całym sektorze produkcji szklarniowej (łącznie z przemysłem budowlanym szklarni) jest mała szansa na istotne inwestycje w nowe obiekty szklarniowe w Holandii w najbliższej przyszłości. Co więcej, równie mało obiecujące perspektywy rysują się w odniesieniu do możliwych opcji pośrednich inwestycji, gdyż mniejsze inwestycje kapitałowe w produkcję szklarniową oznaczają mniejsze oszczędności kosztów bieżących.

Chociaż produkcja w nieogrzewanych szklarniach jest poza zakresem naszej analizy, warto zauważyć, że wydatki energetyczne w takich szklarniach niemal równo dzielą się między kosztami budowy szklarni, wyposażenia i nawozów (Torrellas i in. 2012). Można zaoszczędzić do 40% nawozów i 25% wody do nawadniania stosując zamknięty system irygacji w uprawie szklar-

niowej pomidora na podłożu (Garcta-Victoria i in. 2012) lub przez usprawnienie nawadniania w uprawie gruntowej ogórka (Tuzel i in. 2012). To oznacza, że lepsze zarządzanie systemem fertygacji może skutkować istotnym zmniejszeniem ilości wymaganej energii w produkcji szklarniowej w krajach śródziemnomorskich, lecz nie w Holandii, gdzie już obecnie używany jest system recyrkulacji wody drenażowej.

#### 5.4.4.2. Miary oszczędności energii w produkcji szklarniowej w Grecji

Autorzy: Antonis Mistriotis, Athanasios Balafoutis, Demetres Briassoulis

### Wstęp

W Grecji całkowita powierzchnia upraw szklarniowych wynosi w przybliżeniu 4900 ha, z czego około 400 ha jest wykorzystywane w produkcji warzyw (EL.STAT 2006). Najwięcej szklarni (ponad 40%) znajduje się na Krecie (EL.STAT 2006; Ministry of Rural Development 2006), gdzie głównie uprawia się warzywa (pomidor, ogórek, papryka, oberżyna, itp.) i kwiaty (powierzchnia upraw szklarniowych na Krecie: 2332 ha).

Zdecydowana większość, ponad 90%, są to uprawy pod powłoką foliową (94% wg. danych Ministry of Rural Development 2006). Około połowa szklarni w Grecji nie jest ogrzewana, a 26% jest ogrzewana w niewielkim stopniu (Ministry of Rural Development 2006). Jednak w przypadku szklarni ogrzewanych, ogrzewanie stanowi istotny wydatek energii (Rys. 50). Odwrotnie, szklarnie nieogrzewane zużywają mniej energii, ale i produkcja jest mniejsza. Typowa wydajność produkcji pomidora w nieogrzewanej szklarni wynosi 150 ton ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>, a w szklarni ogrzewanej: 230-380 ton ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>.

W świetle powyższych danych, wzięto pod uwagę dwie strategie mające na celu zmniejszenie zużycia energii w szklarniach. W szklarniach z pełnym ogrzewaniem (zaledwie 25% szklarni w Grecji) należy zaproponować rozwiązania poprawiające efektywność ogrzewania oraz zmniejszenie strat ciepła. Z drugiej strony, w ważniejszym dla Grecji przypadku szklarni nieogrzewanych, należy zwrócić uwagę na poprawę mikroklimatu wewnątrz szklarni, by w ten sposób poprawić wydajność produkcji. Ponieważ niska temperatura w trakcie zimowych nocy jest największym problemem w nieogrzewanych i umiarkowanie ogrzewanych szklarniach, należy w tych szklarniach wprowadzić system magazynowania ciepła i inne sposoby pasywnego dogrzewania szklarni. Mimo, iż w ostatnich 20 latach prowadzono intensywne badania nad magazynowaniem ciepła w szklarniach (Sethi & Sarma, 2008), jest to rzadko

stosowana technologia z uwagi na wysoki koszt instalacji i wysoko wyspecjalizowane umiejętności wymagane od operatora. Potrzebne są dalsze badania w tym zakresie, zanim sprzęt do przechowywania energii cieplnej stanie się standardem w nieogrzewanych szklarniach w Europie Południowej.

## **Metodyka**

Niniejsze opracowanie skupia się na dwóch przypadkach: 1) średnio dogrzewana szklarnia w południowej Grecji (Attyka), i 2) typowa nieogrzewana szklarnia na Krecie.

W systemie szklarniowym możliwych jest kilka rodzajów działań energooszczędnych (porównaj: Energy efficiency measures report for Greece in WP2, Gołaszewski i in. 2012a), lecz w tym raporcie wybrano do analizy przypadek stosowania osłon przeciwwietrznych od strony najczęstszych wiatrów, oraz zmiana systemu ogrzewania z elektrycznego na zasilany biomasą. Zbadano wpływ tych miar oszczędności energii na emisję gazów cieplarnianych i wyniki ekonomiczne szklarni. W niniejszych analizach scenariusz wyjściowy stanowiła typowa szklarnia o powierzchni 1 ha z uprawą pomidora i ogórka.

### **Wariant podstawowy – ogrzewana szklarnia w Attyce**

Całkowita powierzchnia szklarni wynosi 1 ha (50 m × 200 m). Szklarnia została zbudowana w pierwszym roku analizy, a jej przewidywany okres eksploatacji oszacowano na 20 lat. Uwzględniając proces budowy szklarni i produkcji warzyw dokonano analizy przy następujących założeniach:

### **Budowa szklarni**

1. Przygotowanie do budowy. Obejmuje przygotowanie działki przeznaczonej pod budowę, w tym niwelację terenu (jeśli jest konieczna) i wylanie betonowego fundamentu pod konstrukcję szklarni.
2. Konstrukcja i instalacja folii. Konstrukcja zostaje zamontowana na fundamencie, a następnie wykonany zostanie montaż okien dachowych z automatycznym systemem otwierania i zamykania, po czym wyspecjalizowana ekipa instaluje powłoki foliowe.
3. Instalacja mediów. Po tym, jak zostanie zbudowana konstrukcja szklarni, następuje instalacja mediów, takich jak:
  - instalacja elektryczna pod wszystkie wymagane w szklarni urządzenia

elektryczne łącznie z generatorem prądu na wypadek przerw w dostawie energii elektrycznej.

- kurtyna termoizolacyjna
- sprzęt wentylacyjny (wentylatory) i schładzający (klimatyzatory)
- automatyczny system nawadniania kropelkowego (pompy+rury+automat kontrolujący)
- system podwieszenia roślin.

### Praca coroczna

- Przygotowanie gleby. Uprawa gleby przy użyciu następujących maszyn: 1) lekki kultywator i 2) kultywator obrotowy oraz 3) solaryzacja gleby. Folia chroniąca przed nadmiernym nasłonecznieniem zakładana jest latem (lipiec-sierpień) na 4 do 8 tygodni. Przed założeniem folii z gleby usuwa się resztki roślinne, natomiast rury do nawadniania układane są w rzędach, w których będą umieszczone rośliny. Następnie gleba zostaje lekko nawodniona i przykryta folią. Folia pozostaje w szklarni przez cały okres uprawy, co ma osłabić lub wyeliminować patogeny roślin: choroby, chwasty i nicienie. Po zakończeniu użytkowania folia oddawana jest do recyklingu i zakładana jest nowa folia. Są na rynku dostępne folie, które można użytkować przez kilka sezonów wegetacyjnych (Cascone i in. 2012).
- Sadzenie. Sadzenie odbywa się ręcznie. Po zakończeniu okresu solaryzacji, w folii wycina się otwory, w których zostaną posadzone rośliny (odległość w rzędzie 0,3 m, odległość między rzędami 0,6 m); sadi się 53 300 roślin na 1 ha z jednoczesnym zastosowaniem nawadniania. W wodzie do nawadniania rozpuszczone są nawozy mineralne (niski poziom nawożenia zakłada: 50 kg N ha<sup>-1</sup>, 20 kg P ha<sup>-1</sup> i 40 kg K ha<sup>-1</sup>).
- Chemiczne środki ochrony roślin. Pomidor ma wielu naturalnych wrogów, dlatego też jest wiele środków chemicznych do ich zwalczania. W tym opracowaniu uwzględniono preparaty grzybo- i owadobójcze. Wśród najważniejszych środków ochrony przed grzybami były: *Bacillus thuringiensis*, siarka i miedź. Należy dodać, że w szklarni zamontowano parowacze siarki. Odnośnie do insektów, to najgroźniejsze dla pomidorów są nicienie (*Meloidogynae spp.*, *Heterodera rostochiensis*), mszyce, *Liriomyza solani*, *Tetranychus urticae*, *Thrips tabaci*, *Traleurodes vaporariorum*. Przy małych ilościach owadów wystarczają lepy, jedynie większe populacje owadów zwalczane są środkami chemicznymi. Do zwalczania *Tuta absoluta* (nowy owad atakujący pomidory w Grecji) stosuje się kilka dostępnych na rynku preparatów owadobójczych (z substancją aktywną: *benzoesan emamektyny*, *metaflumizon*, *clorantranipol*, *flubendiamid*, *spinosad*, *indoksakarb*).

- Zwalczenie chwastów. Zwalczenie chwastów odbywa się poprzez stosowanie folii ogrodniczej.
- Nawożenie. Nawozy są stosowane przez cały rok zgodnie z planem nawożenia. Całkowita dawka nawozów po posadzeniu siewek wynosi 1660 kg N ha<sup>-1</sup>, 330 kg P ha<sup>-1</sup>, 1220 kg K ha<sup>-1</sup>.
- Nawadnianie. Prowadzone jest nawadnianie kropelkowe. Całkowita ilość wody wynosi 18 330 m<sup>3</sup> · ha<sup>-1</sup>.
- Ogrzewanie. Ogrzewanie w analizowanym przypadku polegało na stosowaniu termowentylatorów rozstawionych równomiernie w całej szklarni. Całkowita moc urządzeń grzewczych wynosiła 800 kW. Zużycie energii do utrzymania temperatury powyżej 14°C nocą i powyżej 20°C w ciągu dnia wynosiło 3.6 GJ.
- Wentylacja i klimatyzacja. Podstawowa wentylacja odbywa się przez okna dachowe automatycznie otwierane i zamykane przy pomocy elektrycznych silników kontrolowanych przez podwójny termostat. Jednak w Grecji, od kwietnia do października, taka wentylacja nie wystarcza w ciągu dnia, dlatego potrzebna jest dodatkowa wentylacja mechaniczna. W niniejszym przypadku zapewniała ją 46 wentylatorów o mocy 1,1 kW, zainstalowanych wzdłuż dłuższych boków (200 m) szklarni, dostarczających łącznie 1 750 000 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, i mogących wymienić powietrze w szklarni 27 razy w ciągu godziny. W tym okresie roku konieczne jest także schładzanie powietrza. W tym celu wykorzystuje się wspomniane wentylatory, przed którymi stawiane są ekrany zraszane wodą.
- Zbiory. Warzywa zbierane są ręcznie przez cały rok, w sumie przez około 8 z 11 miesięcy prowadzonej uprawy.
- Maszyny. Gospodarstwo posiada własne maszyny: mały traktor 30 kW; lekki kultywator (2 m); kultywator obrotowy (1,5 m); przyczepa (7 t); urządzenia do nawadniania (pompa, urządzenia pomocnicze, 33 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>); rury do nawadniania kropelkowego.
- Dopłaty UE. Nie ma dopłat unijnych do produkcji pomidora.

### **Metody wykorzystane do obliczeń**

Średnia wartość 1 kg składnika nawozu (N, P, K) została wyliczona z cen nawozów wieloskładnikowych używanych w analizowanej farmie. Takie samo podejście zastosowano w przypadku chemicznych środków ochrony roślin (fungicydy, insektycydy). Koszt nawadniania wyliczono z kosztów zużycia energii elektrycznej. Wodę uznano za zasób dostępny bezpłatnie.

W odniesieniu do obiektu szklarni, roczny koszt został obliczony na podstawie wartości odtworzeniowej i przewidywanego okresu użytkowania szkla-

rni i wyposażenia w Grecji (Tab. 81). W analizowanym przypadku uwzględniono pozycje wymienione w tabeli 81.

Tabela 81. Budowa i wyposażenie szklarni – koszty i okres eksploatacji

Wyszczególnienie	Koszt (€)	Okres eksploatacji (lata)
<b>Elementy konstrukcyjne szklarni</b>		
Konstrukcja	100 000	20
Roboty ziemne+fundamenty	20 000	20
Okna dachowe	25 000	20
Wentylacja + schładzanie	40 000	20
Instalacja elektryczna	30 000	20
System nawadniania	15 000	20
Generator prądu	20 000	20
Termowentylatory	50 000	20
System podwieszania roślin	15 000	20
<b>Razem</b>	<b>315 000</b>	
<b>Materiały zużywalne:</b>		
Folia PD-PE	10 000	4
Oslony termoizolacyjne	10 000	5
Czarna folia ogrodnicza	4900	1

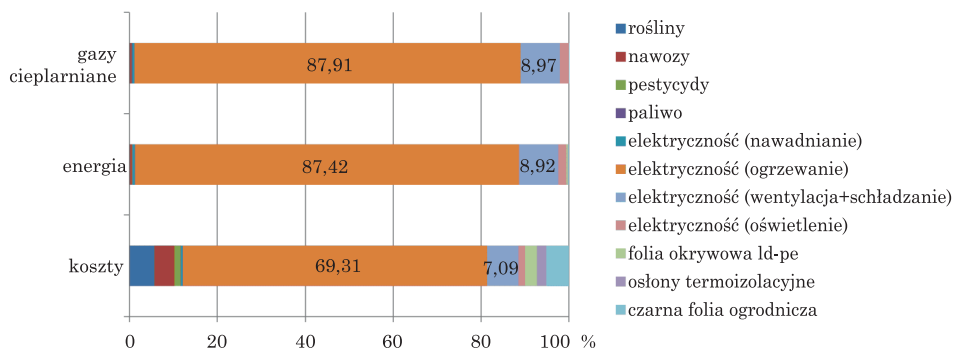
Odnośnie do maszyn i sprzętu, to ich udział w procesie produkcji i wartość zostały wyliczone z wartości odtworzeniowej i przewidywanego czasu eksploatacji w Grecji (Tabela 82). Całkowity okres eksploatacji obejmował okres czasu od pierwszego do ostatniego użycia danej maszyny.

Całkowite zużycie energii w szklarni w wariancie wyjściowym wynosiło 18 654 GJ ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>. Całkowita emisja gazów cieplarnianych była na poziomie 2373 t CO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>. Całkowity koszt produkcji pomidora w przykładowej szklarni wynosił około 147 000 € ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>

Tabela 82. Sprzęt rolniczy w przykładowym gospodarstwie oraz okres eksploatacji

Sprzęt rolniczy	Okres eksploatacji (lata)
Traktor, 30 kW	15
<b>Uprawa roli:</b>	
Lekki kultywator, 3.00 m	20
Kultywator obrotowy, 1.50 m	12
<b>Inne maszyny:</b>	
Przyczepa, 7 ton	20
Pompa do nawadniania, 33 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	15
Rury do nawadniania	5

Profil energetyczny szklarni przedstawiono na rysunku 81, przy czym, ten sam rysunek przedstawia strukturę emisji gazów cieplarnianych i koszty produkcji uwzględniającą składowe o największej energochłonności.



Rys. 81. Profil energetyczny, emisja gazów cieplarnianych i koszty produkcji w wariancie wyjściowym

Jak można zauważyć, zużycie energii i poziom emisji gazów cieplarnianych wykazują podobne relacje. Energia elektryczna na ogrzewanie szklarni odpowiada za 88% całkowitego zapotrzebowania na energię pierwotną. Jednocześnie, całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną stanowi 99% całkowitego zapotrzebowania na energię.

Jednak struktura kosztów produkcji jest odmienna. Koszt zużycia energii elektrycznej na ogrzanie szklarni stanowi 69,3%, natomiast całkowite zużycie energii elektrycznej stanowi 78% całkowitych kosztów. Pozostałe kosztochłonne składowe produkcji są to rośliny (5,7%), folia ogrodnicza (5,2%), nawozy (4,6%) i pestycydy (2,5%).

### Wariant 1 – izolacja termiczna północnej strony szklarni

Analiza energetyczna. Termoizolacyjność szklarni z poszyciem foliowym można łatwo poprawić stosując folię LD-PE. Całkowita termoizolacja ściany określana jest przez wskaźnik przenikania ciepła  $K$  ( $W m^{-2} K^{-1}$ ), który wyliczany jest z równania:

$$Q = K \Delta T$$

gdzie  $Q$  oznacza przepływ ciepła ( $W m^{-2}$ ) przez ścianę, a  $\Delta T$  jest to różnica temperatur po obu stronach ściany. Wskaźnik przenikania ciepła opisuje łącznie różne mechanizmy przenikania ciepła przez ścianę, czyli przewodzenie,



konwekcję, promieniowanie, itp. Wartość  $K$  dla ściany z folii LD-PE wynosi  $9 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ , natomiast przy podwójnej warstwie LD-PE rozważanej w niniejszej analizie wartość ta spada do  $6,4 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$  (Papadakis i in. 2000).

Aby oszacować znaczenie takiej techniki oszczędzania energii, za typową w praktyce uznano omawianą w niniejszej analizie przypadki szklarnię o wymiarach  $50 \text{ m} \times 200 \text{ m}$ , powierzchni  $1 \text{ ha}$ , wysokości  $4 \text{ m}$ . Zakładając równomierną utratę ciepła przez wszystkie zewnętrzne powierzchnie szklarni, oszczędności energii jakie można uzyskać w sytuacji, gdy ściana północna ma wymiary  $4 \text{ m} \times 200 \text{ m}$  ( $800 \text{ m}^2$ ) oznacza w przybliżeniu  $2,5\%$  całkowitych kosztów ogrzewania. Dlatego też, oszczędności w sensie zużycia energii końcowej wynoszą  $90 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  ( $3600 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1} \times 2,5\% = 90 \text{ GJ}$ ). W odniesieniu do energii pierwotnej, można zaoszczędzić  $407,7 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  (w przypadku, gdy przyjmujemy założenie szklarni ogrzewanej elektrycznymi termowentylatorami, należy użyć mnożnika  $4,53 \text{ MJ}_p \text{ MJ}_{el}^{-1}$ , który odpowiada relacji energii pierwotnej względem energii elektrycznej w Grecji). Nakład energii obejmujący użycie dodatkowej folii wynosi  $13,6 \text{ GJ ha}^{-1}$  ( $800 \text{ m}^2 \times 17 \text{ MJ m}^{-2}$ ), jednak biorąc pod uwagę okres eksploatacji ( $4 \text{ lata}$ ), całkowita energia dodana w tym systemie wynosi  $3,4 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . Zatem oczekiwana oszczędność energii netto wynosi  $2,2\%$ . W tym przykładzie dodatkowa izolacja została zastosowana jedynie przy ścianie przepuszczającej najmniejszą ilość światła do szklarni, gdyż izolacja zawsze powoduje zmniejszenie przepuszczalności promieniowania czynnego fotosyntetycznie.

Analiza emisji gazów cieplarnianych. Izolacja szklarni od strony północnej skutkuje zmniejszeniem zużycia energii elektrycznej na ogrzewanie o  $2,5\%$ , co odpowiada zmniejszeniu emisji GHG o około  $52,155 \text{ t CO}_2e \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  ( $90 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1} \times 0,5795 \text{ t CO}_2e \text{ GJ}^{-1}$  energii elektrycznej). Z drugiej strony, dołożenie  $800 \text{ m}^2$  plastikowej osłony zwiększy emisję gazów cieplarnianych o zaledwie  $29,7 \text{ kg CO}_2e \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  ( $800 \text{ m}^2 \times 0,1485 \text{ kg CO}_2e \text{ m}^{-2}$  na  $4 \text{ lata}$ ). Zatem całkowite zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych osiągnie  $2,2\%$ .

Analiza kosztów produkcji. Analizowana zmiana ma także istotny wpływ na roczne koszty produkcji. Inwestycja w dodatkowe plastikowe powłoki do izolacji jednej strony szklarni oznacza wydatek około  $\text{€ } 1200$ . Przy spłaceniu inwestycji w ciągu  $5 \text{ lat}$ , oprocentowanie kredytu wynosi  $5,2\%$  (oprocentowanie kredytów rolniczych w Grecji), czyli  $340 \text{ € rok}^{-1}$ . Jednak zmniejszenie zużycia energii elektrycznej na napęd termowentylatorów o  $2,5\%$  oznacza oszczędność  $1635 \text{ € rok}^{-1}$  ( $90 \text{ GJ} \times 0,018164 \text{ € MJ}^{-1}$ ). Stąd roczny dochód  $1295 \text{ € rok}^{-1}$ , który oznacza redukcję kosztów produkcji o  $0,9\%$ .

Uwaga. Zastosowanie podwójnej warstwy folii LD-PE może mieć wpływ na plony, gdyż ogranicza promieniowanie słoneczne docierające do liści roślin. Jednak analiza lokalnych warunków klimatycznych wskazuje, że promieniowanie słoneczne przekracza wymagany poziom nawet przy dwuwarstwowej

Tabela 83. Procentowa redukcja kosztów, zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w wariantcie 1

Wariant	Koszty całkowite %	Zużycie energii %	Emisja gazów cieplarnianych GC %
Izolowana strona północna szklarni	1	2,4	2,2

powłoce na nachylonej płaszczyźnie dachu. W konkretnych warunkach, oszczędności mogłyby być jeszcze większe, gdyby podwójną warstwę folii LD-PE zastosowano na całej powierzchni szklarni. Zastosowanie takiego wariantu izolacji przyniosłoby oszczędności około  $1000 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . W odniesieniu do zużycia energii pierwotnej, można zaoszczędzić  $4530 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  (w szklarni ogrzewanej przez elektryczne termowentylatory, należy użyć mnożnika  $4,53 \text{ MJ}_p \text{ MJ}_{el}^{-1}$  odpowiadającego w Grecji relacji energii pierwotnej do energii elektrycznej). Z drugiej strony, zużycie energii związane z zastosowaniem podwójnej warstwy folii wynosi  $192,1 \text{ GJ ha}^{-1}$ , a wprowadzając do obliczeń okres eksploatacji folii (4 lata), ostateczny roczny nakład energii wyniesie  $48 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . Energia potrzebna na naprawę uszkodzeń powierzchni folii powodujących przeciekanie, oraz na utrzymanie ciśnienia  $50\text{-}80 \text{ Pa}$  w napompowanej osłonie foliowej wynosi w przybliżeniu  $15 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , co jest wielkością niemal nieistotną. Zatem oczekiwane oszczędności energii netto mogą być w przybliżeniu równe  $24\%$ . Wartość ta jest zbliżona do podawanej w literaturze, gdzie ograniczenie strat ciepła poprzez zastosowanie dwuwarstwowej napompowanej powłoki foliowej określa się na około  $30\%$  (Weimann 1985). Potrzebne są dalsze badania w celu potwierdzenia doświadczalnego powyższych obliczeń w warunkach klimatycznych Grecji.

## Wariant 2 – osłona przeciwwietrzna po stronie przeważających wiatrów

Analiza energetyczna. Najważniejszym mechanizmem odpowiedzialnym za transfer ciepła przez osłony szklarni jest konwekcja. Chłodniejsze wiatry na zewnątrz budynku odbierają ciepło z cieplejszych osłon szklarni. Jeśli prędkość powietrza w pobliżu osłon szklarni zostanie zmniejszona, można będzie ograniczyć straty ciepła. Zatem zbudowanie przesłony naturalnej (drzewa) lub sztucznej (siatka plastikowa), może przyczynić się do znacznych oszczędności energii.

Najnowsze badania z zastosowanie numerycznej mechaniki płynów CFD (Mistriotis i in. 2011) wskazują, że wzniesienie sztucznej osłony przeciwwietrznej po stronie dominujących wiatrów na wysokość równą wysokości szklarni, w odległości jednej wysokości ściany bocznej może spowodować istotne zmniejszenie

sznienie prędkości wiatru opływającego osłony szklarni. Ścisłej mówiąc, prędkość wiatru zostaje zmniejszona średnio o 50% przy ścianie wystawionej na działanie wiatru, oraz o 12% wzdłuż dachu. Takie zmniejszenie prędkości wiatru można przeliczyć na oszczędności energii w następujący sposób.

Przeniesienie energii przez konwekcję wzdłuż płaskiej płaszczyzny jest wprost proporcjonalne do  $Re^{0.8}$  (Mills 1992), gdzie  $Re$  to liczba Reynoldsa, określona jako:

$$Re = \frac{\rho v L}{\mu}$$

gdzie  $\rho$  to gęstość powietrza,  $L$  rozmiar ściany równoległy do prędkości wiatru,  $v$  prędkość wiatru a  $\mu$  jest to dynamiczna lepkość wiatru.

Dlatego też, straty ciepła przez ścianę są proporcjonalne do  $v^{0.8}$ , gdzie  $v$  to prędkość wiatru wzdłuż ściany. Zakładając, że w przybliżeniu wszystkie ściany i dach mają swój wkład w utratę ciepła proporcjonalnie do swojej powierzchni, można wyliczyć szacunkowo, że 12% zmniejszenie strat ciepła przez dach może prowadzić do znaczących oszczędności energii. Oszczędności wynikające ze zmniejszonej konwekcji przy powierzchni dachu mogą sięgnąć nawet 10% całości kosztów ogrzewania. Ponadto, zmniejszenie strat ciepła przez ścianę boczną wystawioną na działanie wiatru może przynieść kolejne 2% oszczędności w skali całkowitej oszczędności energii.

Podsumowując, przesłona przeciwwietrzna o optymalnej wysokości i umiejscowieniu może wygenerować oszczędności energii finalnej na poziomie  $432 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ . W przypadku energii pierwotnej, jest to oszczędność rzędu  $1957 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  (w szklarni ogrzewanej przez elektryczne termowentylatory należy użyć mnożnika  $4,53 \text{ MJ}_p \text{ MJ}_{el}^{-1}$  odpowiadającego relacji między energią pierwotną a energią elektryczną w Grecji). Energia wydatkowana na wzniesienie przesłony wynosi  $6.24 \text{ GJ ha}^{-1}$  ( $800 \text{ m}^2 \times 7,8 \text{ MJ m}^{-2}$ ). Zatem roczne zużycie energii wyniesie  $624 \text{ MJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , przy założeniu że czas eksploatacji zastosowanej siatki wynosi około 10 lat. W efekcie, oczekiwane oszczędności energii netto szacuje się na 10,5%. Jeśli sztuczną przegrodę zastąpimy naturalną (drzewa), można przyjąć, że jest to wariant nie wymagający nakładów energetycznych. W tym przypadku sztuczna przesłona może zostać wzniesiona jedynie na okres początkowy, gdy drzewa są jeszcze zbyt małe, aby osłonić szklarnię.

Analiza emisji gazów cieplarnianych. W odniesieniu do emisji gazów cieplarnianych, dodatkowa osłona przeciwwietrzna chroniąca przed wiatrami z przeważającego kierunku przyniesie ograniczenie zużycia energii elektrycznej do ogrzewania o około 12%, co odzwierciedla redukcję emisji gazów cieplarnianych o około  $250,37 \text{ t CO}_2e \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  ( $432 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1} \times 0,5795 \text{ t CO}_2e \text{ GJ}^{-1}$  energii elektrycznej). Z drugiej strony, dodatkowa

inwestycja w postaci 800 m<sup>2</sup> siatki plastikowej do budowy przesłony spowodowałyby wzrost emisji gazów cieplarnianych o zaledwie 12 kg CO<sub>2</sub>e ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> (800 m<sup>2</sup> × 0,1485 kg CO<sub>2</sub>e m<sup>-2</sup> na 10 lat). Dlatego też, całkowita ilość gazów cieplarnianych, których emisji można by zapobiec wynosi 10,5%.

Analiza kosztów produkcji. Znaczący jest także wpływ powyższej zmiany na roczne nakłady finansowe. Inwestycja w przesłonę przeciwwietrzną wynosi około 5000 €. By spłacić taką kwotę w okresie 5 lat, przy oprocentowaniu 5,2% (oprocentowanie kredytów rolniczych w Grecji) potrzeba 654 € rok<sup>-1</sup>. Jednak zmniejszenie zużycia energii elektrycznej przez termowentylatory przekłada się na oszczędność 7847 € rok<sup>-1</sup> (432 GJ × 0,018164 € MJ<sup>-1</sup>), co przynosi redukcję kosztów o 5%.

Tabela 84. Procentowa redukcja kosztów, zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych w wariancie 2

Wariant	Koszty całkowite %	Całkowite zużycie energii pierwotnej %	Całkowita emisja gazów cieplarnianych %
Oszłona przeciwwietrzna przed dominującym kierunkiem wiatru	5	10,5	10,5

Uwaga. Zastosowanie przesłon przeciwwietrznych może zmniejszyć całkowity koszt produkcji szklarniowej jeśli utrata energii z powodu wiatru staje się dominującym czynnikiem. W analizowanym przypadku konstrukcja szklarni może być lepsza, przy czym jest to rozwiązanie odpowiednie w regionach Grecji, gdzie rzadko pada śnieg; w innym przypadku lekka konstrukcja szklarni mogłaby łatwiej ulec zniszczeniu pod naporem śniegu.

### Wariant 3 – Ogrzewanie biomasą

Analiza energetyczna. Trzecim alternatywnym podejściem jest zmiana systemu ogrzewania z elektrycznych termowentylatorów na system ogrzewania z kotłem na biomasę. W tym przypadku, żeby zapewnić ilość energii potrzebną na ogrzewanie (ok. 3600 GJ ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> energii końcowej), należy spalić 254 t biomasy (16 MJ kg<sup>-1</sup>) rocznie w kotle o wydajności 85%. Całkowity nakład energii z biomasy wyniesie wówczas 4240 GJ ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> (265 t × 16 GJ t<sup>-1</sup>), plus dodatkowy nakład energetyczny w ilości 18 GJ ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> jest przeznaczony na transport biomasy z miejsca jej produkcji (olejarnie produkujące oliwę, zakłady przetwarzające orzechy i migdały) do szklarni (0,36 t × 50 GJ t<sup>-1</sup>). Jeśli porównamy to podejście z faktem, że ogrzewanie za pomocą elektrycznych termowentylatorów powoduje całkowite zużycie energii na ogrzewanie w ilości 16308 GJ ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>, to przejście na ogrzewanie biomasą ograniczy zużycie całkowite energii pierwotnej o 64,8%.

Analiza emisji gazów cieplarnianych. W przypadku tego parametru analizy wyniki są jeszcze korzystniejsze. Można założyć, że w obiegu węgla biomasa nie powoduje emisji gazów cieplarnianych (w rzeczywistości jest to bardzo niski poziom emisji gazów cieplarnianych, nie uwzględniany w analizie). Zatem spalanie biomasy na ogrzewanie szklarni wiąże się jedynie z emisją gazów cieplarnianych w trakcie transportu, czyli  $1,312 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  ( $0,36 \text{ t diesla} \times 3,646 \text{ t CO}_2\text{e t}^{-1} \text{ diesla}$ ). W wariantcie wyjściowym z elektrycznymi termowentylatorami, całkowita emisja gazów cieplarnianych wywołana przez ogrzewanie była na poziomie  $2086 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$  ( $3600 \text{ GJ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1} \times 0,5795 \text{ t CO}_2\text{e GJ}^{-1}$  energii elektrycznej). Biorąc pod uwagę, że w wariantcie wyjściowym całkowita emisja gazów cieplarnianych wynosiła  $2384 \text{ t CO}_2\text{e ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , można uznać, że zastąpienie ogrzewania energią elektryczną przez spalanie biomasy umożliwia ograniczenie całkowitej emisji gazów cieplarnianych o 87,5%.

Analiza kosztów. Wpływ omawianej zmiany na roczne koszty funkcjonowania szklarni jest również znaczny. Ponieważ wymagana jest znaczna inwestycja w postaci nowego systemu grzewczego (ok. 80 000 €), to końcowy zysk z dokonanej zmiany zostanie znacząco obniżony z powodu spłaty kredytu. Konkretnie, spłata kredytu w ciągu 10 lat przy oprocentowaniu 5,2% (oprocentowanie kredytów rolniczych w Grecji) wynosi € 10 460 rok<sup>-1</sup>. Roczny koszt funkcjonowania nowego systemu ogrzewania biomasa wymaga 39 750 € rok<sup>-1</sup> ( $265 \text{ t biomasy} \times 150 \text{ € t}^{-1}$ ). Jednak koszt funkcjonowania dotychczasowej elektrycznej instalacji grzewczej wynosił 65 400 € rok<sup>-1</sup> ( $3600 \text{ GJ} \times 0,018164 \text{ € MJ}^{-1}$ ). Ostatecznie, roczny dochód z inwestycji wynosi 15 190 € rok<sup>-1</sup>, co odpowiada zmniejszeniu kosztów o 11,2% (Tabela 85).

Tabela 85. Procentowe zmniejszenie kosztów, zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w wariantcie 3

Wariant	Koszty całkowite %	Całkowite zużycie energii pierwotnej %	Całkowita emisja gazów cieplarnianych %
Nowy system ogrzewania biomasy	11,2	64,8	87,5

#### 5.4.4.3. Względny udział różnych miar efektywności energetycznej w zużyciu energii, kosztach produkcji i emisji gazów cieplarnianych

Wyniki analizy trzech wariantów alternatywnych oszczędności energii względem wariantu wyjściowego zestawiono w tabeli 86.

Tabela 86. Roczne koszty, nakłady energii pierwotnej oraz emisja gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 ha w odniesieniu do miar efektywności energetycznej stosowanych w szklarniowej produkcji pomidora

Wariant	Koszty całkowite		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	GJ ha <sup>-1</sup>	%	t CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Obecne rozwiązanie	14 6850	100	18654	100	2373	100
Izolacja termiczna strony północnej szklarni	145 555	99,1	18250	97,8	2321	97,8
Oslona przeciwwietrzna	13 9657	95,1	16697	89,5	2123	89,5
System ogrzewania biomasa	130 376	88,8	6568	35,2	288	12,1

### Przykład nieogrzewanej szklarni na Krecie

W nieogrzewanej szklarni głównym źródłem nakładów energetycznych są nawozy i inne agrochemikalia. Te dwa elementy składowe produkcji w sumie pochłaniają około 60% całkowitych nakładów energetycznych w typowej szklarni. Z drugiej strony powłoka szklarni stanowi 20% całkowitych nakładów energetycznych. Pozostałe 20% przypada na pozostałe materiały i czynności takie jak pompowanie wody do nawodnień, ekrany termoizolacyjne, folie ogrodnicze, schładzanie przez odparowywanie wody, itp.

Wprowadzenie technologii upraw ekologicznych lub zintegrowanych, oprócz zwiększenia wartości samej produkcji, może także przyczynić się do znacznych oszczędności energii. Jednak, z uwagi na skąpe dane określające ekwiwalent energetyczny nawozów organicznych bądź ekologicznych sposobów zwalczania szkodników, trudno jest wyliczyć procentową redukcję zużycia energii. Przykładowo, zastosowanie obornika jako nawozu organicznego może odpowiadać zerowemu zużyciu energii jeśli obornik wytworzono w sposób naturalny. Dodatkowa energia będzie potrzebna, gdy stosuje się obornik przetwarzany przemysłowo (spoza farmy) i/lub kompost. Podobnie, wprowadzenie drapieżnych owadów do redukcji szkodników jest to działanie, które trudno jest oszacować precyzyjnie pod kątem energooszczędności. Używanie siarki zamiast kilku różnych środków chemicznych może być także traktowane jako związków działanie energooszczędne.

Uprawa ekologiczna lub zintegrowana powodują niskie zużycie energii związane ze stosowaniem nawozów lub chemicznych środków ochrony roślin. Jednak w szklarniach należy utrzymywać optymalny mikroklimat, aby zagwarantować dobre warunki zdrowotne dla roślin. Przykładowo, w niektórych przypadkach zmniejszenie względnej wilgotności powietrza wewnątrz szklarni można osiągnąć zwiększając zużycie energii na system osuszania powietrza. Można zatem uzyskać oszczędności energii poprzez zaawansowane rozwiązania techniczne, które prowadzą do optymalizacji konstrukcji i funkcjonalności szklarni, przy minimalnym zużyciu energii.

## Wnioski

Niniejsze opracowanie jest próbą zastosowania w praktyce trzech miar efektywności energetycznej zaproponowanych na liście miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej Grecji (patrz: rozdział dotyczący miar oszczędności energii). Pierwsze dwa przeanalizowane scenariusze (izolacja północnej strony szklarni oraz instalacja przesłony przeciwwietrznej od strony przeważających wiatrów) są to stosunkowo proste adaptacje w istniejącym systemie produkcji szklarniowej. Dlatego też, ich wpływ na zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych i koszty produkcji nie były znaczące. Mimo to, w porównaniu z potencjalnymi inwestycjami, należy uzyskane efekty uznać za pozytywne. Ostatni z rozpatrywanych wariantów polegający na zastąpieniu ogrzewania elektrycznego systemem ogrzewania z wykorzystaniem kotła na biomase przyniosło pozytywne rezultaty w zakresie ograniczenia zużycia energii (co stanowiło główną przesłankę podjętych badań) oraz pozytywne efekty środowiskowe (redukcja emisji gazów cieplarnianych). Poprawa efektu środowiskowego wynika z faktu, że przed zmianą szklarnia była ogrzewana elektrycznymi termowentylatorami, zaś w Grecji energia elektryczna produkowana jest z paliw kopalnianych z małą sprawnością (węgiel brunatny, rzadziej diesel lub gaz ziemny), co istotnie zwiększa zużycie energii pierwotnej i emisję gazów cieplarnianych przy produkcji energii elektrycznej. W odniesieniu do kosztów ponoszonych przez gospodarstwo na produkcję szklarniową, wpływ analizowanych przedsięwzięć energooszczędnych był również znaczny, ale nie tak duży jak w przypadku redukcji zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych z uwagi na wysoki koszt budowy nowej instalacji z kotłem na biomase.

Powyższe przypadki analizy zawierają orientacyjne szacunki skuteczności zaproponowanych miar oszczędności energii w produkcji szklarniowej Grecji. Wyliczone oszczędności energii wyliczono w oparciu o proste modele analityczne. Sukces komercyjny którejkolwiek z analizowanych miar oszczędności energii wymaga dokładniejszej analizy w specyfice (projekt, położenie, klimat lokalny, itp.) konkretnej szklarni, w której planowane jest wdrożenie danego rozwiązania energooszczędnego. Zastosowanie innowacyjnych rozwiązań energooszczędnych w szklarni nie jest prostym i powtarzalnym zadaniem, z czego wynika, że przedsiębiorcy budujący nowe szklarnie muszą uwzględnić metodologię projektowania i programy komputerowe związane z modelowaniem wydajności projektowanych szklarni, jak to ma miejsce w projektowaniu biur, domów i obiektów przemysłowych. Wkład w rozwój tego typu technologii i specjalistycznego oprogramowania może mieć środowisko naukowo-badawcze.

#### 5.4.4.4. Miary efektywności energetycznej w produkcji szklarniowej pomidora w Portugalii

Autorzy: Fátima Baptista, Dina Murcho, Luis Leopoldo Silva, Mhrio Louro, Carlos Marques

### Wstęp

Pomidor jest jednym z najważniejszych warzyw szklarniowych w Europie. Większość świeżych pomidorów sprzedawanych na rynkach Unii Europejskiej pochodzi z upraw pod przykryciem. W 2005 roku powierzchnia szklarniowych upraw warzyw i kwiatów sięgnęła 53800 ha w Hiszpanii i 2550 ha w Portugalii (Meneses i Castilla 2009). Według krajowego instytutu statystycznego (National Statistics Institute) w Portugalii uprawa pomidora w 2011 roku zajmowała 1400 ha (INE I.P., 2012). Większość szklarniowej produkcji pomidora odbywa się w nieogrzewanych szklarniach, prowadzonej bezpośrednio w gruncie, chociaż coraz bardziej popularne są uprawy hydroponiczne na podłożu szklarniowym. Główne regiony produkcji pomidora w Portugalii są to Ribatejo i Oeste (ok. 50%), a następnie Algarve i Entre Douro e Minho.

Szklarnie w krajach śródziemnomorskich są zasadniczo odmienne od tych w krajach na północy Europy, gdzie większość szklarni jest kryta szkłem i ogrzewana. Na południu Europy, gdzie temperatura powietrza jest wyższa a nasłonecznienie znacznie intensywniejsze, szklarnie z reguły nie są ogrzewane i mają pokrycie foliowe. Kontrolowanie mikroklimatu w takich szklarniach zazwyczaj odbywa się poprzez stosowanie różnych technik wentylacji, pomagających utrzymywać wymaganą temperaturę i wilgotność powietrza (Baptista i in. 2011).

Według Afonso (2012), typowa produkcja szklarniowa obejmuje dwie uprawy rocznie: jedną w sezonie zimowo-wiosennym (sadzenie roślin w grudniu, zbiór pod koniec kwietnia) oraz letnio-jesiennym (sadzenie roślin w czerwcu, zbiór pod koniec sierpnia). Wielu producentów jest obecnie skłonnych do adaptacji zmian we własnej produkcji dzięki bogatej ofercie rynkowej. Poza tym, producenci z regionu Oeste są świadomi, że w okresie od czerwca do września otwiera się duże okno eksportowe, gdyż w tym czasie w innych regionach Europy Południowej produkcję szklarniową ograniczają wysokie temperatury.

Głównym celem niniejszego studium przypadku było zbadanie efektów ekonomicznych, zużycia energii i wpływu na środowisko czterech przedsięwzięć energooszczędnych: 1) uprawa hydroponiczna na podłożu, 2) uprawa hydroponiczna z kontrolowaniem dawek nawozów i wody, 3) racjonalizacja wykorzystania nawozów, pestycydów i wody, oraz 4) zastosowanie zintegrowanego systemu sterowania produkcją.



## Wariant wyjściowy

Wariantem wyjściowym jest proces produkcyjny pomidora prowadzony w autentycznej farmie o powierzchni 7 ha z nieogrzewanymi szklarniami, z uprawą roślin pomidora bezpośrednio w gruncie. Szklarnie są zbudowane na konstrukcji ze stali ocynkowanej z pokryciem z folii LD-PE (folia polietylenowa o małej gęstości). Mikroklimat jest kontrolowany poprzez naturalną wentylację, z przepływem powietrza przez stale otwory wentylacyjne w dachu wzdłuż całej szklarni.

Sadzenie pomidorów poprzedza przygotowanie gleby i usypanie redlin pod młode sadzonki. Pomidory są sadzone w podwójnych rzędach. Technologia uprawy jest typowa dla szklarniowej produkcji pomidorów w Portugalii, czyli rośliny są prowadzone na pojedynczej łodydze, zapylane przez trzmiele, zgodnie z konwencjonalną praktyką ogrodniczą część łodyg i liści jest usuwana, aby zapewnić lepszy przepływ powietrza oraz optymalne warunki dla rozwoju pozostawionych owoców.

Obsada roślin wynosi 22 000 roślin na 1 ha. Pomidory nawadnianie są kropelkowo, przy przeciętnej ilości zużywanej w tym celu wody  $7500 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Niezbędne składniki pokarmowe, w czasie sezonu wegetacyjnego w ilości  $290 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $160 \text{ kg P ha}^{-1}$  i  $570 \text{ kg K ha}^{-1}$ , zapewnia system fertygacji. Dostarczany jest także roztwór mikroelementów (mangan, molibden, żelazo, bor, kobalt i cynk). Wszystkie podane wartości odnoszą się do jednego cyklu wegetacyjnego. Ponieważ w regularnej produkcji szklarniowej prowadzone są dwa cykle w ciągu roku, a wyliczenia energii, emisji GHG i efektów ekonomicznych dotyczą okresu roku, powyższe liczby zostały podwojone.

Techniki uprawy pomidora dotyczą przede wszystkim takich elementów jak: prowadzenie roślin, usuwanie nadmiaru liści, przycinanie roślin na treliżu, usuwanie chwastów, fertygacja, ochrona roślin przed chorobami i szkodnikami oraz zbiór. Farma posiada wszystkie niezbędne wyposażenie i maszyny, czyli traktor (70 KM), systemy nawadniania i fertygacji, oraz spryskiwacze.

Odnosnie do maszyn, ich udział i wartość zostały wyliczone na podstawie wartości odtworzeniowej oraz okresu eksploatacji każdej maszyny i urządzenia. Okres eksploatacji określa trwałość maszyny, czyli liczbę lat, kiedy jest użytkowana. Zakłada się, że materiał konstrukcyjny szklarni jest to inwestycja na 20 lat, zaś pokrycie, jako że jest używane jedynie przez 3 lata, zostało uznane za nakład w każdym roku (całkowity koszt został podzielony przez 3); w ten sam sposób podzielono zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Całkowita produkcja roczna (dwa cykle) wynosi 180 ton na 1 ha. Całkowity koszt inwestycyjny (budowa szklarni, wentylacja, systemy nawadniania i fertygacji) wynosi w przybliżeniu 130 000 € na 1 ha.

## **Wariant 1 – hydroponika z podłożem szklarniowym (Hydro)**

Zainteresowanie hydroponiczną uprawą pomidora w Portugalii rośnie, głównie w regionach, gdzie duże obawy budzi ryzyko zanieczyszczenia podziemnych zbiorników wody (np. regiony Vila do Conde oraz Entre Douro e Minho), a także gdzie występują problemy powodowane przez bytujące w glebie grzyby i owady, oraz wynikające z zasolenia gleb (Mourão i in. 2010).

Wymieniony wariant także opracowano na przykładzie faktycznie istniejącej farmy. Konstrukcja i pokrycie szklarni były takie same jak powyżej, a główna różnica dotyczyła systemu produkcji – w tym przypadku – uprawa hydroponiczna na podłożu z wełny szklanej. Całkowity koszt inwestycji wynosił około € 142 000 na 1 ha.

Sadzonki pomidorów wysadzono na podłożu z wełny szklanej, w zagęszczeniu 26 000 sadzonek na 1 ha. Zużycie wody wynosiło średnio 4000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Według Rosa i in. (2006), technologia ta umożliwia osiągnięcie większej efektywności wykorzystania wody. Wszystkie makroelementy, w przybliżeniu 635 kg N ha<sup>-1</sup>, 200 kg P ha<sup>-1</sup> i 625 kg K ha<sup>-1</sup>, są dostarczane z wodą. Rośliny otrzymują także roztwór z mikroelementami (mangan, molibden, żelazo, bor, kobalt i cynk). Podobnie jak w wariancie wyjściowym, podane wartości dotyczą jednego cyklu produkcyjnego. Wszystkie liczby zostały podwojone, ponieważ wyliczenia dotyczące energii, emisji gazów cieplarnianych oraz wyników ekonomicznych produkcji są obliczane w okresie rocznym.

W związku z tym, że podłoże użytkowane jest przez dwa lata (cztery cykle), zostało ono potraktowane jako nakład finansowy w każdym roku (całkowita wartość podzielona przez dwa). Podobnie potraktowano zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych przypisane do tego elementu produkcji. Całkowita roczna produkcja (dwa cykle rok<sup>-1</sup>) wynosiła 200 ton z 1 ha.

## **Wariant 2 – hydroponika z dozowaniem nawozów i wody (Hydro-FW)**

Jak już wspomniano, wariant 1 opiera się na przykładzie autentycznej farmy. Jednak badania Reis (2012) sugerują, że w układzie zamkniętym można zredukować całkowitą ilość nawozów i wody dostarczanych roślinom. Cytowany autor potwierdził zmniejszone zużycie N o 35%, P o 20%, K o 17% i wody o 20%. Te wielkości zostały wybrane jako poziom dostosowania makroelementów i wody w wariancie 2. Konieczne inwestycje w system recyrkulacji i dezynfekcji wynoszą w przybliżeniu 30 000 €.

### **Wariant 3 – Kontrolowane dawkowanie nawozów, pestycydów i wody (FPW)**

Wariant wyjściowy jest najbardziej reprezentatywny dla produkcji szklarniowej pomidora w Portugalii. Jednak wyniki niektórych badań wskazują, że możliwa jest poprawa efektywności produkcyjnej stosowanych nawozów, pestycydów i wody. Odnosnie do nawozów, rozważano ograniczenie ich dawki o 30% (Montero i in. 2012), zaś ilości dostarczanej wody – o 20% (Tüzel i in. 2009). W przypadku chemicznych środków ochrony roślin, zgodnie z doświadczeniami autorów niniejszego studium przypadku, również założono 20% redukcję ilości stosowanych pestycydów.

Wentylacja systemu szklarniowego w godzinach nocnych jest to potencjalnie duża szansa na zapobieganie chorobom rozwijającym się na warzywach szklarniowych w krajach śródziemnomorskich, w warunkach podwyższonej wilgotności. Takie rozwiązanie nie powoduje istotnych zmian w konwencjonalnej uprawie szklarniowej, co może ułatwić jego przyjęcie przez ogół hodowców, a także integrację z innymi metodami zwalczania chorób (Baptista i in. 2011). Baptista i in. (2012) wykazali, że w nieogrzewanej szklarni wentylacja nocą pozwoliła ograniczyć intensywność występowania *Botrytis cinerea* o 50% w porównaniu z tradycyjnym systemem wentylacji.

### **Wariant 4 – Zintegrowany system sterowania (ICS, Integrated Control System)**

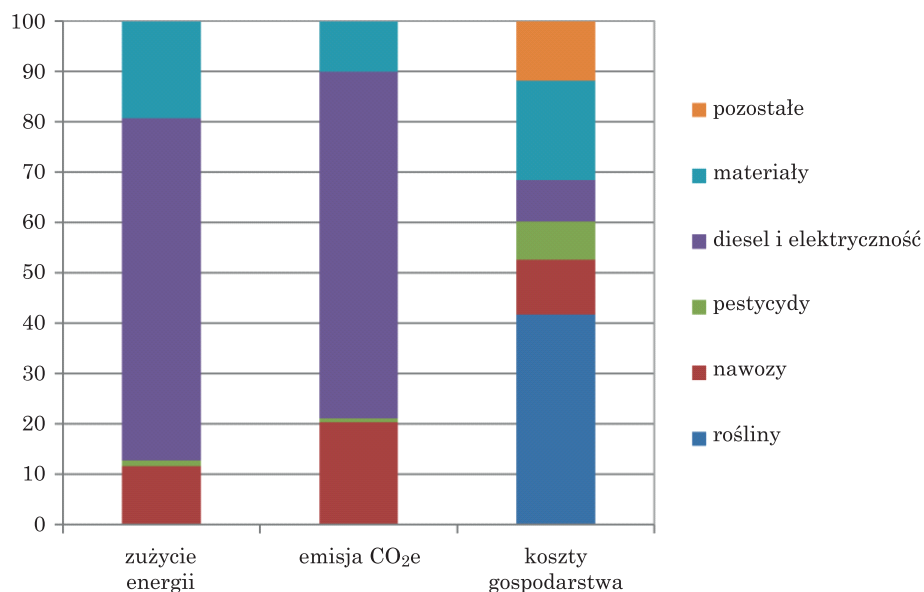
Ostatni z analizowanych wariantów dotyczy wdrożenia zintegrowanego systemu sterowania, który pozwoli na automatyczne sterowanie systemami nawadniania i fertygacji, działaniem pomp, wentylacją oraz zużyciem energii. Ten wariant wymaga inwestycji w sprzęt, taki jak czujniki, stacja meteorologiczna i oprogramowanie komputerowe, których całkowity koszt w przykładowej farmie wyliczono na 15 000 €. Szacowane na podstawie doświadczenia możliwe oszczędności wody i energii wynoszą około 20%.

### **Wpływ różnych miar efektywności energetycznej na ekonomikę i środowisko**

Na rysunku 82 pokazano względny udział różnych nakładów w kosztach zmiennych, emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) oraz zużyciu energii w przykładowej farmie, wybranej do analizy jako wariant wyjściowy. Naturalnie, różne nakłady w różnych proporcjach wnoszą wkład w koszty całkowite,

zużycie energii pierwotnej oraz emisję gazów cieplarnianych. To sugeruje, że – podobnie, jak w poprzednio omawianych przypadkach produkcji polowej i zwierzęcej – niewielkie zmiany w technologii produkcji mogą spowodować małą zmianę w kosztach ale mogą mieć znaczący wpływ na zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych.

W odniesieniu do struktury kosztów zmiennych, można zauważyć, że najważniejszym nakładem są sadzonki roślin (42%), materiały (20%), nawozy (11%) i inne (12%). Pozostałe koszty to koszt wykorzystania trzmieli (10%) i woda. Zużycie energii (olej napędowy i energia elektryczna do nawadniania), oraz stosowanie pestycydów mają równe udziały w wysokości 8% kosztów zmiennych. W zużyciu energii najistotniejsze są bezpośrednie nakłady energetyczne związane z paliwami oraz energią elektryczną wykorzystaną na nawadnianie, łącznie odpowiadające za 68% zużytej energii; w dalszej kolejności są materiały i nawozy (odpowiednio około 19% i 12%). Taka sama jest hierarchia ważności źródeł emisji gazów cieplarnianych: diesel i energia elektryczna powodują 69% emisji gazów cieplarnianych, nawozy – 20% i materiały – 10%. Pestycydy nie miały dużego udziału w zużyciu energii lub emisji GHG, co potwierdza wyniki wcześniejszych badań prowadzonych przez Antóna i in. (2012).



Rys. 82. Względny udział różnych nakładów produkcyjnych na efekty ekonomiczne, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych (kategoria: 'Materiały' obejmuje folię LD-PE i rafię do podwiązywania pomidorów; kategoria 'pozostałe' to m.in. wykorzystania trzmieli i woda)

W tabeli 87 przedstawiono koszty i dochody w wariacie wyjściowym i alternatywnych. Ponownie można zauważyć duży udział w kosztach produkcji sadzonek roślin, nawozów i materiałów; w sumie od 73% do 78% kosztów zmiennych. Wyższe koszty zmienne występują w uprawach hydroponicznych z powodu wyższych kosztów materiałów, m.in. podłoża szklarniowego. Koszty materiałów w tych dwóch opcjach są wyższe niż w wariacie podstawowym, stanowiąc między 28% a 29% całkowitych kosztów zmiennych, podczas gdy w wariacie podstawowym sięgają 20%. Koszty stałe są to koszty pracy, amortyzacja maszyn i wyposażenia, konstrukcji szklarni, oraz systemów nawadniania i fertygacji. Warianty z uprawą hydroponiczną mają koszty pracy niższe o niemal połowę w stosunku do uprawy tradycyjnej, co znacząco obniża koszty stałe. Produkcja w systemie uprawy bezpośrednio w gruncie generuje wyższe koszty pracy ze względu na takie zabiegi jak odchwaszczanie i zbiory, gdyż są to prace w małym stopniu zmechanizowane. Przychody gospodarstwa pochodzą ze sprzedaży pomidorów, przy cenie 500 € za 1 tonę. We wszystkich analizowanych przypadkach, farmy były dochodowe, generując dodatnią marżę netto, przy czym najwyższe wartości osiągnęto w szklarniach z uprawą hydroponiczną. Minimalna cena pomidorów do osiągnięcia progu rentowności wynosi 330 € t<sup>-1</sup> w wariacie podstawowym i z zintegrowanym systemem kontroli, oraz 310 € t<sup>-1</sup> w pozostałych wariantach, czyli w uprawie hydroponicznej i przy ograniczonym zużyciu nawozów i wody.

Tabela 87. Koszty i dochód gospodarstwa szklarniowego w Portugalii

Specyfikacja	Wariant wyjściowy		Hydro		Hydro-FW		FPW		ICS	
	(€ rok <sup>-1</sup> )	%	(€ rok <sup>-1</sup> )	%	(€ rok <sup>-1</sup> )	%	(€ rok <sup>-1</sup> )	%	(€ rok <sup>-1</sup> )	%
Koszty zmienne										
Rośliny	92 400	42	109 200	36	109 200	38	92 400	44	924 00	42
Nawozy	24 236	11	41 554	14	31 389	11	17 550	8	24 236	11
Pestycydy	16 774	8	18 874	6	18 874	7	13 419	7	16 774	8
Energia	18 039	8	22 750	8	19 390	7	15 395	8	16 359	8
Materiały	43 885	20	83 384	28	83 384	29	43 885	21	43 886	20
Pozostałe	26 015	11	24 304	8	23 923	8	25 292	12	25 292	11
Razem	221 349	100	300 066	100	286 160	100	207 942	100	218 946	100
Koszty stałe	188 345		139 063		142 063		188 345		191 345	
Koszty całk.	409 694		439 129		428 223		396 286		410 290	
Dochód	630 000		700 000		700 000		630 000		630 000	
Marża netto	220 307		260 871		271 777		233 714		219 710	

W tabeli 88 przedstawiono całkowite koszty, emisję gazów cieplarnianych oraz zysk z 1 ha rocznie. W wariacie wyjściowym całkowite koszty w przeliczeniu na hektar wynosiły około 58 500 €, a jedyny wariant, w którym były niższe jest to wariant 3, polegający na obniżeniu dawek nawozów, pestycydów i wody,

z kosztami na poziomie około 56 600 € ha<sup>-1</sup>. W pozostałych wariantach, koszty produkcji były wyższe od 0,2% do 7,2% aniżeli w wariantcie wyjściowym. W przypadku zużycia energii, warianty 1 i 2 (hydroponika) zwiększały jej zużycie o odpowiednio 64% i 39%, podczas gdy warianty 3 i 4 pozwalały zmniejszyć zużycie energii o 15% i 9% w stosunku do wariantu wyjściowego. Takie same relacje między wynikami otrzymano w przypadku emisji gazów cieplarnianych, wyrażonej jako CO<sub>2</sub>e. Warianty 1 i 2 zwiększały emisję gazów cieplarnianych odpowiednio o 65% i 39%, zaś opcje 3 i 4 powodowały zmniejszenie emisji odpowiednio o 17% i 8%. W aspekcie zysku, najlepsze wyniki osiągnięto w wariantcie w uprawą hydroponiczną. W wariantcie 2 wykazano wzrost zysku o 23%. Wariant 4, czyli zintegrowany system sterowania nie wpłynął w istotny sposób na zysk, gdyż wymagał nakładów inwestycyjnych w wyposażenie, które nie przekładały się na odpowiednio wysokie oszczędności nakładów. Potrzebne są dalsze badania, aby wykazać efektywność tego rozwiązania.

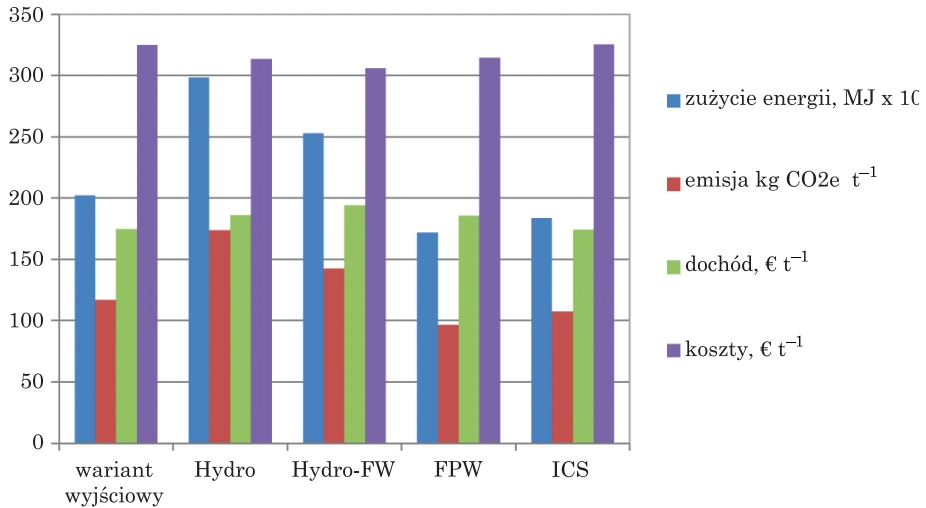
Tabela 88. Całkowity koszt roczny, zużycie energii pierwotnej, emisja gazów cieplarnianych i dochód wynikające z przyjętych miar efektywności energetycznej

Specyfikacja	Roczny koszt produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych		Dochód	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%	€ ha <sup>-1</sup>	%
Wariant wyjściowy	58 528	100	364 165	100	21 037	100	31 472	100
1-Hydro	62 733	107	59 7312	164	34 785	165	37 267	118
2-Hydro-FW	61 175	105	505 915	139	28 559	136	38 825	123
3-FPW	56 612	97	309 611	85	17 418	83	33 388	106
4-ICS	58 613	100	330 908	91	19 322	92	31 387	100

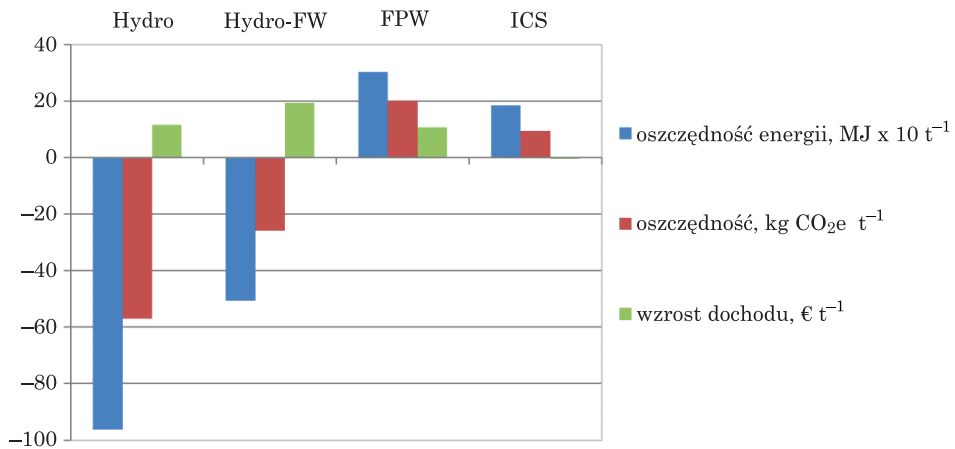
Na rysunku 83 zilustrowano wpływ implementacji różnych miar efektywności energetycznej na koszty produkcji, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę wyprodukowanych pomidorów. Można odnotować podobny trend jak uprzednio: największa różnica związana jest z kosztami produkcji w przeliczeniu na 1 tonę pomidora, która została zredukowana w przypadku dwóch wariantów z uprawą hydroponiczną dzięki wyższemu plonom.

Na rysunku 84 pokazano różnice między wariantem wyjściowym a pozostałymi w kosztach produkcji, w emisji gazów cieplarnianych i w dochodzie farmy w przeliczeniu na 1 tonę plonów. Można zauważyć, że racjonalne stosowanie środków produkcji może przyczynić się do oszczędności energii, mniejszej emisji gazów cieplarnianych oraz do zwiększenia zysków gospodarstwa. Można także poprawić wydajność produkcji i w ten sposób efektywność wykorzystania środków produkcji. Jednakże, fakt wzajemnych interakcji

między różnymi czynnikami produkcji sprawia, że niezbędne są dalsze badania w celu otrzymania danych doświadczalnych i w efekcie – szczegółowszej analizy efektów ekonomicznych, energetycznych i środowiskowych.



Rys. 83. Wpływ różnych miar efektywności energetycznej na koszty produkcji, dochód, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę pomidora



Rys. 84. Różnice w dochodzie, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych na 1 tonę pomidora między wariantem podstawowym a alternatywnymi

#### 5.4.4.5. Posumowanie analizy efektów alternatywnych (trade-off) w produkcji szklarniowej

Produkcja szklarniowa prowadzona na całym obszarze Europy jest zasadniczo zróżnicowana w zależności od regionu produkcji. Większość szklarni w stosunkowo zimnych krajach północnej Europy jest pokryta szkłem i ogrzewana, podczas gdy w krajach śródziemnomorskich produkcja najczęściej odbywa się w nieogrzewanych szklarniach krytych folią. Powierzchnia upraw szklarniowych pomidora wynosi około 2500 ha w Grecji i 1440 ha w Portugalii, gdzie większość roślin pomidora rośnie bezpośrednio w gruncie, w nieogrzewanych szklarniach. W Holandii, pomidory uprawia się na powierzchni 1702 ha, w większości w ogrzewanych szklarniach, w systemie bezglebowym. Dlatego też, w krajach centralnych i północnych Unii Europejskiej w strukturze zużycia energii dominuje energia wydatkowaną na ogrzewanie, w przeciwieństwie do krajów na południu Europy. W północnej Europie dominujący jest udział nakładu energii pierwotnej (ogrzewanie i energia elektryczna), który łącznie stanowi 99% całkowitego nakładu energii, natomiast w krajach południowoeuropejskich odpowiada on za 10-40% całkowitego zużycia energii. W Portugalii, pośrednie nakłady energetyczne są przede wszystkim związane ze stosowaniem nawozów i materiałów szklarniowych, podczas gdy w Grecji wynikają one z dodatkowego wyposażenia takiego jak ekrany termoizolacyjne, czarna folia ogrodnicza i folia LD-PE oraz z energii zakumulowanej w nawozach.

Pochodzące z różnych krajów studia przypadków zawierały różne warianty oszczędności energii. W przypadku Holandii omówiono przykład szklarni ogrzewanych, w Portugalii – szklarnie nieogrzewane, natomiast w Grecji przeanalizowano oba typy szklarni. Tak szeroki zakres badań pozwolił zgromadzić materiał badawczy dotyczący wielu wariantów oszczędzania energii pochodzących z różnych regionów Europy.

W szklarniach ogrzewanych, zużycie energii a także wpływ ogrzewania na środowisko wyraźnie dominują nad innymi składowymi procesami produkcyjnymi. Dlatego też, w analizie holenderskiej skupiano się na ograniczeniu zapotrzebowania na energię do ogrzewania szklarni. W analizie trzech możliwych rozwiązań, dobrze rokujące wydaje się stosowanie podwójnego przeszklenia łącznie z wprowadzeniem innowacyjnego systemu osuszania powietrza. Wykazano, że ta miara ma największy potencjał oszczędności energii (do 50% redukcji zużycia paliw kopalnianych) oraz emisji gazów cieplarnianych, przy kosztach porównywalnych z wariantem podstawowym. Należy jednak zauważyć, że wariant wyjściowy tego studium przypadku nie zakładał użytkowania instalacji generującej energię elektryczną i ciepłą w skojarzeniu (jednostki kogeneracyjne), co jak podkreślano jest jedyną możliwością zbilansowania ekonomicznego aktualnego systemu produkcji szklarniowej w Holan-



dii. Nie prowadząc sprzedaży energii elektrycznej farmy szklarniowe mają małą szansę na zrównoważenie ekonomiczne produkcji nie tylko obecnie, ale także w dającej się przewidzieć przyszłości. Chociaż wykazano, iż inwestycje w rozwiązania energooszczędne analizowane w studiach przypadków nie wydają się dzisiaj możliwe do szerokiego zastosowania z punktu widzenia bieżącego stanu ekonomicznego sektora szklarniowego w Holandii, to jednak wskazano na potencjał prośrodowiskowy analizowanych miar oszczędności energii w innych uwarunkowaniach rynkowych.

Studium przypadków z Grecji dotyczy ogrzewanych, jak i nieogrzewanych systemów szklarniowych. Nie przeprowadzono analizy ilościowej dla szklarni nieogrzewanych z powodu braku wiarygodnych danych dotyczących ekwiwalentnych wartości energetycznych. Zasugerowano jedynie, że systemy nieogrzewane mogą być potencjalnie usprawnione poprzez wprowadzenie technologii produkcji ekologicznej lub zintegrowanej oraz dzięki optymalizacji mikroklimatu wewnątrz szklarni poprzez zastosowanie rozwiązań zaawansowanych technicznie. Z drugiej strony, w systemach szklarniowych z ogrzewaniem wszystkie trzy rozważane warianty były opłacalne ekonomicznie (aczkolwiek relatywnie bardzo małe efekty), energetycznie i środowiskowo. Najbardziej rokujący był wariant zastąpienia tradycyjnego systemu ogrzewania energią elektryczną przez instalację do spalania biomasy. W tym przypadku wyliczono 64,8% redukcję zużycia energii wraz z 87,5% zmniejszeniem emisji gazów cieplarnianych, przy 11,2% mniejszych kosztach produkcji. Chociaż wysokie nakłady inwestycyjne na instalację kotła do spalania biomasy można uznać za ograniczenie tego rozwiązania, to z perspektywy energetycznej i środowiskowej uzyskane korzyści nie budzą wątpliwości. W studiach przypadków z Grecji zwrócono uwagę na potrzebę prowadzenia dalszych badań oraz konieczność wsparcia ze strony sfery naukowo-badawczej.

W analizie systemów produkcji w nieogrzewanych namiotach foliowych w Portugalii, skupiono się na racjonalnym użytkowaniu środków produkcji (nawozy, woda, itp.) w celu oszczędności energii. Zwrócono uwagę na rosnącą popularność uprawy hydroponicznej pomidora, chociaż warianty zawierające uprawy hydroponiczne, pomimo oszczędności zużycia wody, były bardziej energochłonne. Analizowane warianty dotyczyły głównie oszczędnego zużycia wody i nawozów. Najlepsze wyniki osiągnięto poprzez dostosowanie dawek nawozów, pestycydów i wody w konwencjonalnym systemie produkcji szklarniowej, a mianowicie 15% oszczędności energii, 17% ograniczenia emisji gazów cieplarnianych oraz 6% wzrost dochodowości. Zintegrowany system sterowania w szklarni okazał się także energooszczędny, będąc jednocześnie korzystnym dla środowiska. Zwrócono uwagę na potrzebę prowadzenia dalszych badań w celu zwiększenia produktywności roślin, co również oznacza działanie energooszczędne.

## 5.4.5. Studia przypadków – systemy produkcji w uprawach wieloletnich

### 5.4.5.1. Miary efektywności energetycznej produkcji winorośli w Niemczech

Autorzy: Andreas Meyer-Aurich, Manfred Stoll, Hans-Peter Schwarz<sup>60</sup>

#### Wstęp

Nakłady energii w systemach uprawy winorośli, w których można prowadzić uprawę przy pomocy ciągników są zdominowane przez zużycie paliwa i procesy posprzętne. Ponieważ wzrost wegetatywny winorośli jest z reguły większy niż potrzebny do produkcji winogron, to w okresie zimowym przeprowadza się przycinanie krzewów. Obcięte pędy oraz inne zdrewniałe części roślin stanowią często mulcz i pozostają w winnicy. Jednakże, energia obciętej masy drzewnej może zmniejszyć zużycie energii z zasobów paliw kopalnych, a tym samym poprawić efektywność energetyczną całego systemu produkcji. Podczas gdy efekt poprawy efektywności ekonomicznej jest oczywisty i łatwy do określenia, to trudniej jest ocenić, jaki wpływ mają odcięte i rozdrobnione na mulcz pędy winorośli na warstwę próchniczą i zawartość składników odżywczych w glebie.

#### Technologie wykorzystania energetycznego pędów winorośli

Dostępne są rozmaite technologie ułatwiające zbiór i transport odciętych pędów i gałęzi winorośli. Odcięte fragmenty roślin mogą być zebrane w postaci bel lub rozdrobnione na zrębki i przewiezione do spalarni. Stosowane są różne technologie termicznej konwersji biomasy do energii w zależności od ilości biomasy, sprawności kotłów i kosztów instalacji.

#### Ocena ekonomiczna energetycznego wykorzystania pędów winorośli

Wartość opałowa pędów winorośli o zawartości wody 15% jest szacowana na 4,1 kWh kg<sup>-1</sup> (Schwarz 2012). Przy zbiorach pędów w granicach od 1400 t ha<sup>-1</sup> do 1800 t ha<sup>-1</sup>, całkowita produkcja energii zawiera się między

---

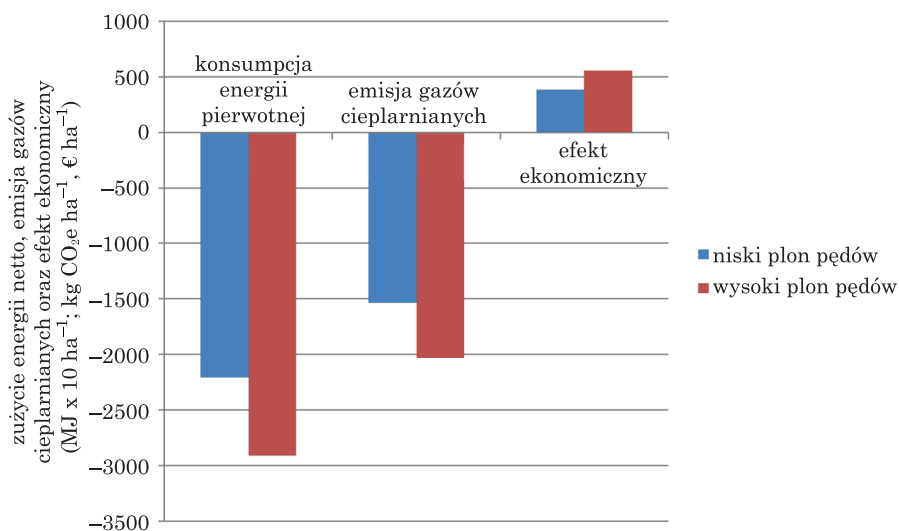
<sup>60</sup> Fachgebiet Technik der Forschungsanstalt Geisenheim, Von-Lade-Straße 1, D-65366 Geisenheim.

5700 kWh ha<sup>-1</sup> a 7400 kWh ha<sup>-1</sup>, co stanowi odpowiednik od 570 L do 740 L oleju opałowego, czyli od 570 € ha<sup>-1</sup> do 740 € ha<sup>-1</sup> (zakładając, że cena paliwa to 1,00 € L<sup>-1</sup>). Aby utrzymać odpowiednią warstwę próchnicy, do gleby należy wprowadzić słomę lub obornik. Schwarz (2012) proponuje, aby zamiast pozostawionych przyciętych fragmentów winorośli, glebę w winnicach wzbogacać słomą lub obornikiem.

Całkowity koszt zastąpienia strat warstwy próchnicznej i azotu powodowany wykorzystaniem przyciętych pędów winorośli do produkcji energii wyceniono na 100 € ha<sup>-1</sup>, koszt zbioru odciętych pędów określono szacunkowo na 51 € ha<sup>-1</sup>, łącznie z kosztami zmiennymi. Razem z kosztami transportu i magazynowania, koszty oszacowano na 186 € ha<sup>-1</sup>. W porównaniu z kosztami energii otrzymywanej z oleju opałowego o tej samej zawartości energii, wykorzystywanie przyciętych pędów krzewów w winnicy do produkcji energii daje dodatkowy dochód w wysokości od 384 € ha<sup>-1</sup> do 554 € ha<sup>-1</sup>.

Tabela 89. Analiza kosztów wykorzystania energetycznego obciętych pędów winorośli (Schwarz, 2012)

Wyszczególnienie	Koszt całkowity (€)	Koszt roczny (€/ha)
Zastąpienie próchnicy i składników odżywczych		100
Urządzenie do zbioru obciętych pędów	1550	31
Koszty zmienne zbioru pędów		25
Transport i magazynowanie		30
Razem		186



Rys. 85. Efekty netto wykorzystania energetycznego pędów winorośli, wskaźników środowiskowych i ekonomicznych

## **Analiza środowiskowo-ekonomiczna efektów alternatywnych**

Analizę alternatywną efektów środowiskowych i efektów ekonomicznych związaną z wykorzystywaniem pędów winorośli do wytwarzania energii można przeprowadzić na podstawie możliwych oszczędności energii. Założono, że zbiór, transport i przechowywanie odciętych pędów oraz rozrzucenie innego mulczu spowoduje dodatkowe zużycie paliwa w wysokości 40 L ha<sup>-1</sup>. Wynik netto wykorzystania energetycznego pędów wynosi 530-700 L. Potencjał zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych wyliczono zgodnie z ilością zaoszczędzonego paliwa netto na 2,9 kg L<sup>-1</sup>. Wyniki przedstawiono na rysunku 85 przy założeniu niskich i wysokich plonów pędów.

### **Wniosek**

Zaproponowany sposób wykorzystania pędów winorośli przynosi korzyść zarówno plantatorom, jak i środowisku naturalnemu, nawet gdy w celu utrzymania żyzności gleby dokonuje się wzbogacania gleby innym materiałem organicznym.

### **5.4.5.2. Działania energooszczędne w winnicach Grecji**

Autorzy: Athanasios Balafoutis, Panagiotis Panagakis, Demetres Briassoulis

#### **Wstęp**

Poniżej zaprezentowano analizę wariantów oszczędności energii w winnicach greckich. Plantacje winorośli są w Grecji drugą z najważniejszych upraw wieloletnich, po gajach oliwnych, które są na pierwszym miejscu. Winnice są zlokalizowane na różnych terenach, w niemal wszystkich regionach Grecji. Z uwagi na znaczenie tej uprawy w produkcji rolniczej Grecji oraz szczególny charakter systemu uprawy, produkcję winorośli włączono do analizy przypadków oszczędności energii. Istnieje szereg miar efektywności energetycznej, które można zastosować w winnicach Grecji (zobacz, załącznik 5 dotyczący miar oszczędności energii w Grecji). W niniejszym opracowaniu przedstawione zostaną dwa rozwiązania energooszczędne: uprawa winorośli w systemie rolnictwa ekologicznego i rolnictwa precyzyjnego, oraz ich wpływ na emisję gazów cieplarnianych i wyniki ekonomiczne winnic.

Rolnictwo ekologiczne zostało wybrane z uwagi na silne wsparcie, jakim ta forma działalności rolniczej cieszy się w Unii Europejskiej, co wyraża się

w dotowaniu praktyk rolniczych przyjaznych dla środowiska, nawet w sytuacji, gdy uzyskiwane plony są niższe z powodu istotnych ograniczeń określających rodzaj i ilość dopuszczalnych nawozów i chemicznych środków ochrony roślin. Z drugiej zaś strony, rolnictwo ekologiczne dostarcza produktów o wysokiej jakości, które mogą osiągać wyższe ceny na rynku, a jednocześnie przyczyniając się do ochrony zasobów naturalnych.

Rolnictwo precyzyjne jest to kolejny rodzaj gospodarowania rolniczego, którego celem jest ograniczenie zużycia pestycydów i nawozów. Dzięki usprawnieniom technicznym, rolnictwo precyzyjne pozwala także ograniczyć zużycie wody wykorzystywanej do nawadniania upraw. W porównaniu z rolnictwem ekologicznym, w rolnictwie precyzyjnym ostatecznie plony nie są niższe od uzyskiwanych w systemie konwencjonalnym, a czasem nawet wyższe dzięki czasowo i przestrzennie precyzyjnemu stosowaniu środków chemicznych i wody. Zatem, celem rolnictwa precyzyjnego jest użycie możliwie jak najmniejszych ilości środków produkcji w celu uzyskania takich samych lub wyższych plonów niż w przypadku systemu rolnictwa konwencjonalnego.

Nową techniką stosowaną w winnicach, choć nadal na wczesnym etapie wdrażania, jest przykrywanie gleby między rzędami krzewów winorośli warstwą biodegradowalnej włókniny ogrodniczej. Choć nie jest to często spotykany zabieg i nie niesie ze sobą oczywistych korzyści w postaci oszczędności energii (zobacz, poniżej), to jest przedmiotem analizy, gdyż zapewnia właścicielom winnic korzyści ekonomiczne i mniejsze nakłady pracy. Badania nad ograniczeniem zużycia energii oraz powiązane z nimi korzyści środowiskowe i finansowe wynikające z tego rozwiązania warte są systematycznej analizy pod kątem wszystkich aspektów tego typu praktyki rolniczej, oraz jej promowania wśród rolników w Unii Europejskiej. Wskazane są także badania w kierunku efektywności energetycznej produkcji włókniny ogrodniczej i surowców pochodzenia biologicznego.

W niniejszym opracowaniu głównym celem było przeanalizowanie wpływu trzech alternatywnych praktyk rolniczych wprowadzonych w winnicach greckich. Skupiono uwagę na osiąganym ograniczeniu zużycia energii, zaś w drugiej kolejności na efektach ekonomicznych i środowiskowych. Wybrane miary efektywności energetycznej to:

1. Rolnictwo ekologiczne
2. Rolnictwo precyzyjne
3. Biodegradowalna włóknina ogrodnicza rozłożona wzdłuż rzędów winorośli.

## Metodyka

Równina środkowej Macedonii po Tesalii jest drugim co do wielkości regionem rolniczym w Grecji. Główne uprawy w tym regionie: pszenica, bawełna, tytoń, brzoskwinia, jabłoni, oliwka i winorośl. Średnie roczne opady, temperatura i względna wilgotność wynoszą odpowiednio:  $610 \pm 124,2$  mm;  $19,2 \pm 2,0^\circ\text{C}$ ;  $57,0 \pm 8,3\%$  (EMY, 2012).

Jako wariant wyjściowy wybrano typowe gospodarstwo o powierzchni 15 ha, glebach piaszczysto-gliniastych, z możliwością nawadniania upraw, gdzie uprawiano rodzimą odmianę winorośli Roditis. Winnica leży w rejonie Katerini, w środkowej Macedonii.

### Wariant wyjściowy – tradycyjny system uprawy

Tradycyjny system prowadzenia winnicy opisano poniżej.

Tradycyjne winogrona odmiany Roditis. Uprawa w przykładowej winnicy odbywa się zgodnie z podanymi etapami:

1. Założenie winnicy. Wybrane pod winnicę pole zostaje przygotowane do posadzenia nowych roślin winorośli.
  - Przygotowanie gleby – maszyny: pług do głębokiej orki (35 cm), kultywator ciężki, kultywator lekki.
  - Sadzenie. Rośliny są sadzone ręcznie. Pole pod winorośl zostaje wymierzone i wytyczone zostają równoległe linie, w których w równych odległościach co 1,2 m zostają wykopane dołki. Odległości między rzędami wynoszą 2,7 m. Wzdłuż każdej linii wbija się metalowe słupki, które będą podtrzymywać rośliny winorośli. Sadzi się 3000 roślin  $\text{ha}^{-1}$  i jednocześnie wykonuje się nawożenie ( $30 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $40 \text{ kg P ha}^{-1}$  i  $40 \text{ kg K ha}^{-1}$ ).
  - Chemiczne środki ochrony roślin. Zwyczajowo, w winnicach stosuje się opryskiwanie roślin mieszaniną zawierającą bakterie *Bacillus turingiensis*, siarkę, miedź, Topsin M (tiofanat metylowy 97% w/w), Dithane M-45 (mankozeb 72% w/w), Thiodan (endosulfan 47% ww.).
  - Zwalczanie chwastów. Zabieg polega na użyciu lekkiego kultywatora i opryskiwaniu roślin preparatami Paraquat (20% v/v) i Glyphosate (36% v/v).
  - Nawożenie. Stosuje się dwa zabiegi po posadzeniu krzewów (całkowita dawka nawozów  $25 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $35 \text{ kg P ha}^{-1}$ ,  $35 \text{ kg K ha}^{-1}$ ).
  - Nawadnianie. Stosuje się 1-2 zabiegi nawadniania systemem kropelkowym. Całkowita ilość wody  $1600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .
  - Zbiory. Winogrona są zbierane ręcznie pod koniec września (w tym okresie rozwoju winorośli średni plon wyliczony z 4 lat wynosi  $4 \text{ t winogron ha}^{-1}$ ).

2. Zabiegi uprawowe (w przykładowej winnicy):

- Kultywatorowanie gleby między rzędami. Stosuje się trzy zabiegi kultywatorowania międzyrzędzi w celu zwalczania chwastów bez stosowania herbicydów, przy użyciu lekkiego kultywatora.
- Środki chemiczne. Takie same, jak podano powyżej.
- Nawożenie. Stosuje się trzy zabiegi nawożenia rocznie (całkowita dawka nawozów 55 kg N ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>, 75 kg P ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>, 75 kg K ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>)
- Nawadnianie. Stosuje się 1-2 zabiegi nawadniania systemem kropelkowym. Całkowita ilość wody 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>.
- Zbiory. Winogrona są zbierane ręcznie pod koniec września (jest to okres wysokiego plonowania winorośli, roczny średni plon wynosi 14 t winogron ha<sup>-1</sup>).

Maszyny. Gospodarstwo posiada następujące maszyny: ciągnik rolniczy o mocy 50 kW, kultywator z zębami sztywnymi (2 m), kultywator lekki (2 m), opryskiwacz (zawieszany, 500 L, rozpylacze typu turbo wspomagane strumieniem powietrza), przyczepa (7 t), rozrzutnik nawozów odśrodkowy (12-36 m, 500 L), urządzenia do nawadniania (pompa, urządzenia pomocnicze, przepływ wody 33 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>), rury do nawadniania kropelkowego. Ponadto, właściciel winnicy wynajmuje: pług do przygotowania gleby pod nową winnicę.

Dopłaty Unii Europejskiej. Wybrane gospodarstwa otrzymują coroczne dopłaty do produkcji winogron. Dopłaty są zróżnicowane i wyliczane zgodnie z wielkością danej uprawy w danym gospodarstwie w poprzednich latach. Średnia krajowa dotacja przyznana wybranej do analizy winnicy wyniosła 330 € ha<sup>-1</sup>.

Metody służące wyliczeniu kosztów. Średnia wartość 1 kg poszczególnych składników pokarmowych roślin (N, P, K) została wyliczona z cen nawozów wieloskładnikowych używanych w tym gospodarstwie. Takie samo podejście zastosowano w przypadku chemicznych środków ochrony roślin (herbicydy, fungicydy, insektycydy). Koszt nawadniania wyliczono z zużycia energii elektrycznej, gdyż wodę uznano za zasób bezpłatny.

Tabela 90. Sprzęt rolniczy przykładowego gospodarstwa wraz z okresem eksploatacji

Maszyny i wyposażenie produkcji	Okres eksploatacji (lata)
Traktor, 50 kW	15
Maszyny do uprawy gleby	
Kultywator z zębami sztywnymi, 2,00 m	15
Kultywator lekki, 3,00 m	20
Inne maszyny	
Opryskiwacz zawieszany 500 L, turbo	15
Przyczepa 7 ton	20
Rozrzutnik nawozów odśrodkowy, 12-36 m, 500 L	15
Urządzenia do nawadniania, 33 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	15
Rury do nawadniania	5

Odnośnie do maszyn, to ich udział w nakładach produkcyjnych oraz kosztach został wyliczony z wartości odtworzeniowej i przewidywanego czasu eksploatacji maszyn i sprzętu w Grecji, określonego w trakcie personalnych rozmów z farmerami (tabela 90). Całkowity okres eksploatacji obejmuje czas od pierwszego do ostatniego użycia danej maszyny.

### **Wariant 1 – rolnictwo ekologiczne**

Jedną z miar oszczędności energii możliwych do wprowadzenia w tradycyjnym systemie rolniczym jest rolnictwo ekologiczne. Ogólnie rzecz ujmując, rolnictwo ekologiczne nie jest popularne wśród właścicieli winnic, którzy nadal hołdują sztandarowej zasadzie zielonej rewolucji polegającej na stosowaniu wysokich dawek środków chemicznych w celu zapewnienia wysokich zbiorów i zysków. Z drugiej strony, zasady rolnictwa ekologicznego mogą pomóc w utrzymaniu zasobów wody na terenach dotkniętych bądź zagrożonych suszą (Altieri, 1992), oraz ograniczyć emisję gazów cieplarnianych (Dalgaard i in. 2001), podczas, gdy ceny produktów ekologicznych są na tyle wyższe, że mogą zrównoważyć niższe plony.

Rolnictwo ekologiczne w winnicach zmniejsza zużycie paliwa o 20%, gdyż jest jednoznaczne z rezygnacją z szeregu tradycyjnych zabiegów, szczególnie oznacza to zerowe zużycie chemicznych pestycydów, przy czym fungicydy (miedź i siarka) są stosowane w ilościach o 34% mniejszych niż tradycyjnie. Dodatkowo o 45,7% zostaje ograniczone nawożenie. To oznacza również zmniejszenie nakładu pracy o 4 h ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> (praca traktorzysty). Wszystkie pozostałe praktyki rolnicze są takie same jak w systemie tradycyjnym. Zbiory wyznaczone są na wrzesień, ale średni plon jest o 31% niższy ze względu na mniejsze nakłady oraz silniejszą presję patogenów, w tym szkodników. Powyższe dane pochodzą z opracowania Kavargirisa i in. (2009).

W przypadku ekonomicznych efektów tego podejścia, to należy zauważyć, że rząd grecki zapewnia wyższe dotacje dla winnic ekologicznych: 900 € ha<sup>-1</sup> przez okres pięciu lat, po czym dopłaty zmniejszają się do standardowej kwoty 330 € ha<sup>-1</sup>.

Maszyny. Jedną z zalet systemu rolnictwa ekologicznego jest fakt, że rolnik nie musi inwestować w nowe maszyny lub urządzenia. Ponadto, okres eksploatacji niektórych urządzeń wydłuży się, gdyż będą one mniej intensywnie użytkowane.



## **Wariant 2 – rolnictwo precyzyjne**

Drugim analizowanym sposobem na ograniczenie zużycia energii jest wprowadzenie rolnictwa precyzyjnego w celu zmniejszenia zużycia nawozów, pestycydów i wody. Niestety, rolnictwo precyzyjne nie jest stosowane na szeroką skalę w greckich winnicach. Choć obecnie podejmowane są pewne działania w tej mierze, to brak jest dokładnych danych. Dlatego oczekiwane zmniejszenie nakładów wymienionych środków produkcji zostało oszacowane na podstawie wywiadów ze specjalistami w tej dziedzinie w Grecji oraz z wykorzystaniem wyników badań prowadzonych na Uniwersytecie w Évora, w Portugalii (partner w projekcie AgrEE).

Uwzględniając powyższe dane, oszacowano, że techniki właściwe dla rolnictwa precyzyjnego pozwolą na zmniejszenie o 20% zużycia nawozów, o 10% pestycydów i o 10% wody zużywanej do nawadniania winnic. Jak wspomniano, nie powinno to mieć ujemnego wpływu na plon, który czasami może być nawet wyższy.

Maszyny. Jedną z wad rolnictwa precyzyjnego jest konieczność dokonania znacznych inwestycji w maszyny i wyposażenie techniczne procesu produkcyjnego, które muszą być obsługiwane i serwisowane przez przeszkolonych pracowników. W tym przypadku zakup czujników, komputera, drukarki i – co najważniejsze – oprogramowania, stanowi koszt około 15 000 €. Jednakże, wymieniony sprzęt może obsłużyć powierzchnię co najmniej 100 ha, zatem inwestycja mogłaby przynieść dodatkowe przychody, gdyby właściciel mógł świadczyć swoje usługi innym farmerom. Innym rozwiązaniem jest skorzystanie z usługi dzierżawy. Nieznany jest jednak koszt takich usług, gdyż nie jest to usługa powszechnie dostępna w Grecji.

## **Wariant 3 – biodegradowalna włóknina ogrodnicza do okrywania międzyrzędzi w winnicy**

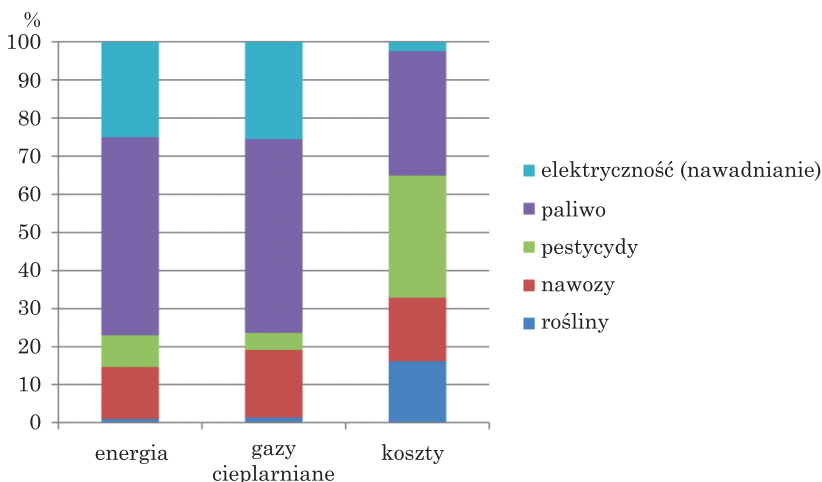
Trzeci wariant polega na zastosowaniu włókniny ogrodniczej do przykrywania gleby między szpalerami winorośli. Wykazano, że taka praktyka ma pozytywny wpływ na plony i oszczędności kosztów pracy, ale nie pozwala dostatecznie ograniczyć nakładów energii w porównaniu z tradycyjną uprawą. Mimo to została wybrana do analizy, by wykazać potrzebę prowadzenia dalszych badań nad potencjałem wykorzystania włókniny w produkcji winorośli. Cel takich badań jest dwójaki: 1) optymalizacja wykorzystania biodegradowalnej włókniny ogrodniczej w winnicach, 2) zminimalizowanie nakładów energii na produkcję włókniny i surowców do jej wytworzenia.

Oczekuje się, że zużycie wody do nawadniania zostanie ograniczone o 30% dzięki lepszemu jej wykorzystaniu przez rośliny (zmniejszone parowanie gleby oraz zmniejszona liczba chwastów pod roślinami winorośli). Szacuje się, że zużycie paliwa obniży się o 10% z uwagi na mniej intensywne zabiegi związane z uprawą gleby. Nakłady pracy także ulegną istotnemu zmniejszeniu, gdyż w tradycyjnej uprawie odchwaszczanie gleby pod winoroślą odbywa się ręcznie (po położeniu włókniny odchwaszczanie staje się zbędne, co przekłada się na nakłady pracy mniejsze o 44 h ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>). Ponadto, oczekiwany jest wzrost przeciętnych plonów, ponieważ rośliny osiągną pełną produkcyjność o rok wcześniej.

W analizowanym wariantcie konieczne jest położenie włókniny, której koszt oszacowano na około 0,1 €<sup>-1</sup> m<sup>2</sup>, a potrzebna ilość pracy żywej do jej rozłożenia wynosi 13 h ha<sup>-1</sup>. Wykorzystanie włókniny jest jednocześnie pośrednim nakładem energetycznym w ilości 44 MJ kg<sup>-1</sup> i emisji gazów cieplarnianych na poziomie 1,35 kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup>. Zastosowanie grubszej folii polimerowej o okresie przydatności co najmniej dwa lata może odpowiednio zmodyfikować powyższe dane.

### Względny udział różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużyciu energii, kosztach produkcji oraz emisji gazów cieplarnianych

Na rysunku 86 zaprezentowano względny wkład różnych nakładów produkcyjnych na zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) i całkowite koszty produkcji w przykładowej winnicy w tradycyjnym systemie uprawy, przyjętym jako wariant wyjściowy.



Rys. 86. Względny udział różnych nakładów produkcyjnych w gospodarstwie w zużyciu energii, emisji gazów cieplarnianych i efektach ekonomicznych

Na podstawie danych przedstawionych na rysunku 86 można odnotować kilka faktów. Po pierwsze, największe zużycie energii wynika z użycia oleju napędowego (52%), który odpowiada za bardzo podobny poziom emisji gazów cieplarnianych (51%). Można także odnotować, iż kolejnym ważnym nakładem jest energia elektryczna wykorzystana do nawadniania: 25% zużycia energii i 25,5% emisji gazów cieplarnianych. Następne w kolejności są nawozy i pestycydy, generujące odpowiednio 13,6% i 8,3% zużycia energii oraz 17,7% i 4,5% emisji gazów cieplarnianych. Warto podkreślić, że zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych wykazują podobne tendencje w relacji do poszczególnych nakładów produkcyjnych.

Natomiast wartościowe są wyniki analizy różnic między efektami energetycznymi i środowiskowymi a kosztami. Znamienny jest przykład zużycia energii elektrycznej, która, mimo iż produkcja energii elektrycznej powoduje odpowiednio wysoką emisję gazów cieplarnianych (przede wszystkim dlatego, że w Grecji energia elektryczna otrzymywana jest ze spalania węgla brunatnego, o niskiej sprawności i wysokiej emisji gazów cieplarnianych), generuje niskie koszty (zasób naturalny), zwłaszcza w produkcji rolniczej (2,5%). Jest to korzystne dla greckich farmerów, ale w niektórych przypadkach może prowadzić np. do nieracjonalnego gospodarowania wodą, gdy jedynym celem produkcji jest uzyskanie maksymalnych plonów (co w wielu przypadkach nie jest osiągalne, a powoduje nieracjonalne zużycie wody), bez uwzględnienia zasad zrównoważonej produkcji, szczególnie w kraju śródziemnomorskim, gdzie woda jest ograniczonym zasobem.

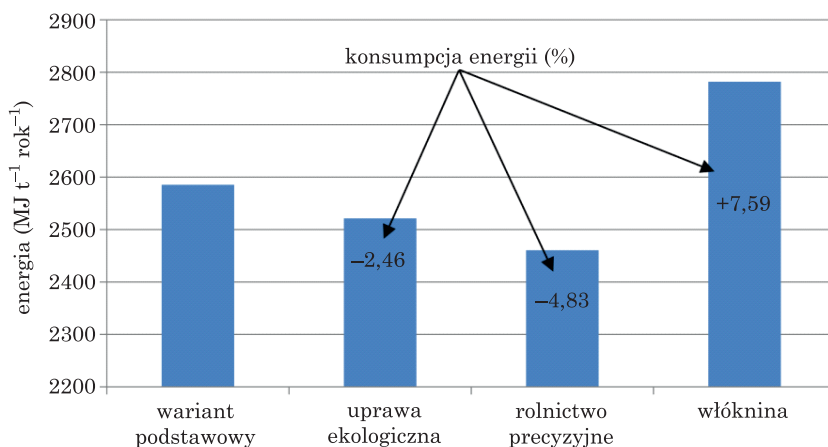
Kolejny znamienny wynik analizy dotyczy wysokiej ceny oleju napędowego (importowanego), która ma duży wpływ na koszty produkcji w winnicy. Analizując środki produkcji używane w trakcie produkcji (materiał sadzeniowy, nawozy, pestycydy) należy stwierdzić, że są one także kosztowne i mają istotny wpływ na końcowy wynik w postaci zysku z produkcji. I na koniec należy zauważyć, że w ujęciu systemowym uprawa winorośli na gruntach rolnych ma duży wymiar ekonomiczny, ale nieznaczący wpływ na zużycie energii.

### **Wpływ środowiskowy i ekonomiczny różnych miar efektywności energetycznej w winnicach**

Pierwsze dwie alternatywne miary (rolnictwo ekologiczne, rolnictwo precyzyjne) spowodowały redukcję zużycia energii, osiągając w ten sposób założony cel. Jak oczekiwano, zmniejszone zużycie energii przełożyło się na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych. W trzecim wariantcie (włóknina ogrodnicza) zużycie energii wzrosło o 7,6%.

Na rysunku 87 zilustrowano zużycie energii w przeliczeniu na 1 tonę wyprodukowanych winogron. Można zauważyć, że uprawa winorośli zgodnie

z zasadami rolnictwa ekologicznego przyczyniła się do zmniejszenia zużycia energii o 2,46%, techniki rolnictwa precyzyjnego o 4,83%, natomiast zastosowanie włókniny między rzędami winorośli zwiększyło zużycie energii o 7,59%.



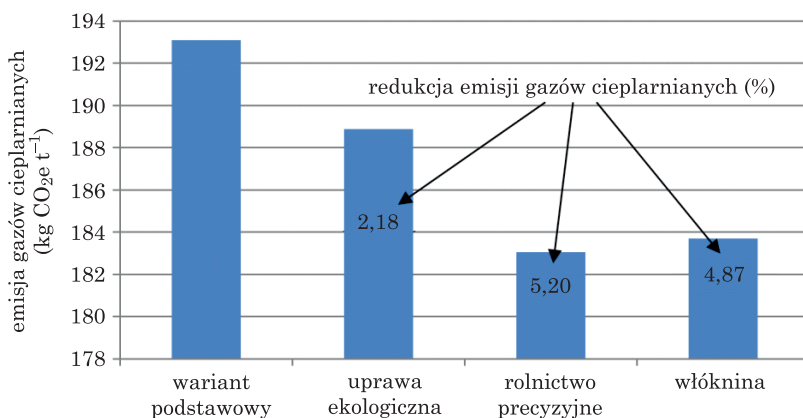
Rys. 87. Efekt zużycia energii w trzech alternatywnych wariantach uprawy winorośli

Na rysunku 88 zilustrowano wyniki emisji gazów cieplarnianych. Wariant rolnictwa ekologicznego zmniejszył emisję o 2,18%, rolnictwa precyzyjnego o 5,2%, zaś zastosowanie włókniny o 4,87%. W tym ostatnim przypadku, zastosowanie włókniny spowodowało zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, w przeciwieństwie do wpływu tego rozwiązania na zużycie energii. Wynika to z faktu, iż do wyprodukowania biodegradowalnej włókniny ogrodniczej potrzebne są duże nakłady energetyczne, przy czym materiały do jej wytworzenia nie pochodzą z ropy naftowej, jak w przypadku tradycyjnej folii, więc emisja gazów cieplarnianych przypisana jej produkcji jest znacznie niższa.

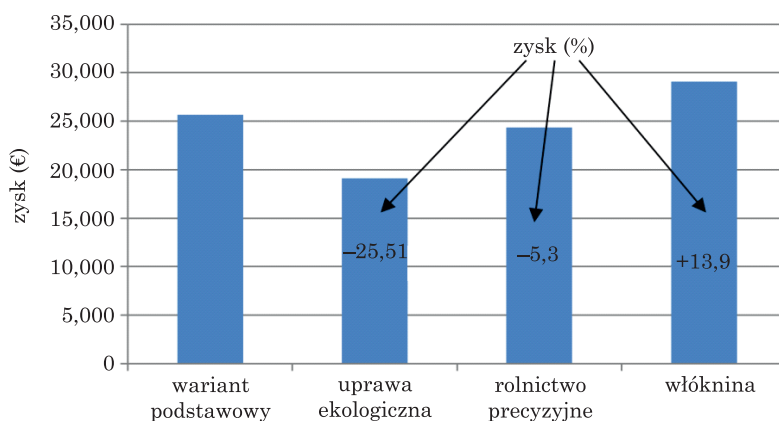
Analizując dochodowość winnicy, wykazano inny efekt w porównaniu z wpływem badanych rozwiązań na zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. W pierwszym wariantcie (rolnictwo ekologiczne), zysk obniżył się o 25,51% z tego powodu, iż niższe plony generowały mniejszy przychód o 12% aniżeli w uprawie tradycyjnej, natomiast koszty produkcji zmniejszyły się jedynie o 9%. W rolnictwie precyzyjnym, mniejszy zysk wynikał z większych kosztów inwestycyjnych nowego wyposażenia produkcji przy jednoczesnym utrzymaniu plonu na niezmiennym poziomie.

Z danych liczbowych przedstawionych na rysunku 88 wynika, że najwyższy wzrost średniego rocznego dochodu uzyskano po zastosowaniu biodegradowalnej włókniny ogrodniczej, co wynikało z większych efektów produkcyjnych dzięki otrzymaniu regularnych plonów o rok wcześniej niż w pozostałych

wariantach, przy jednoczesnym utrzymaniu kosztów produkcji na niemal takim samym poziomie.



Rys. 88. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w trzech alternatywnych wariantach uprawy winorośli



Rys. 89. Wzrost dochodu w trzech alternatywnych wariantach uprawy winorośli

## Wnioski

Przeanalizowano trzy alternatywne działania energooszczędne wybrane spośród zaproponowanych w liście miar oszczędności energii w uprawie winorośli w Grecji (Załącznik 5: raport dotyczący miar oszczędności energii w Grecji) na przykładzie winnicy prowadzonej w północnej Grecji. Pierwsze dwa warianty (rolnictwo ekologiczne i rolnictwo precyzyjne) ilustrują bardzo dobre rezultaty w zakresie mniejszego zużycia energii, oraz pożądane efekty zmniejsz-

szanej emisji gazów cieplarnianych. Niestety, w obu przypadkach niezadowalające były efekty ekonomiczne produkcji (niższy finalny zysk). Trzeci wariant z zastosowaniem w produkcji biodegradowalnej włókniny ogrodniczej nie przyniósł pozytywnych efektów w oszczędności energii, jednak skutkowało niższą emisją gazów cieplarnianych niż uprawa tradycyjna oraz wyższym zyskiem plantatora. Należy więc uznać, iż powinno się sprawdzić doświadczalnie większą liczbę miar efektywności energetycznej, natomiast technologia ze stosowaniem włókniny ogrodniczej powinna zostać dokładniej przebadana pod kątem dwóch kwestii: 1) efektów wykorzystania włókniny w winnicach, gdzie nadal ten aspekt produkcyjny jest na bardzo wstępnym etapie wdrażania, oraz 2) w kierunku zmniejszenia nakładów energetycznych na wyprodukowanie włókniny.

### 5.4.5.3. Działania energooszczędne w winnicach Portugalii

Autorzy: Fátima Baptista, Dina Murcho, Carlos Marques, Luis Leopoldo Silva, José Rafael Silva

#### Wstęp

Winorośl jest ważną uprawą roślinną w Portugalii. Szacowana powierzchnia upraw w 2009 wynosiła 177 831 ha, czyli 4.8% wszystkich gruntów użytkowanych rolniczo (INE, 2011), i była drugą co do ważności uprawą wieloletnią. Ze względu na jej ważną rolę w rolnictwie portugalskim a jednocześnie specyficzny sposób uprawy, stała się w Portugalii jedną z tych upraw, w których wprowadzane są metody rolnictwa precyzyjnego (Marques da Silva i in. 2009). Celem niniejszych badań było określenie, jakie są możliwości efektywnej aplikacji takich środków produkcji jak nawozy i woda do nawadniania.

Kolejną stosowaną w winnicach praktyką rolniczą jest rolnictwo ekologiczne. Aczkolwiek tego typu praktyka w rolnictwie Portugalii nie jest zbyt powszechna, to takim rozwiązaniom w produkcji rolniczej sprzyja polityka Unii Europejskiej, dlatego uznano, że także aspekt rolnictwa ekologicznego w uprawie winorośli powinien być przeanalizowany pod kątem zużycia energii, emisji gazów cieplarnianych oraz kosztów produkcji. Oczekiwany jest spadek produktywności plantacji, ale dochody powinny kompensować wyższą ceną rynkową za produkty z uprawy ekologicznej.

Głównym celem niniejszego studium przypadku było określenie efektów ekonomicznych, zużycia energii oraz wpływu na środowisko dwóch alternatywnych wariantów produkcji według zasad: 1) rolnictwa ekologicznego, 2) rolnictwa precyzyjnego.

## Metodyka

Alentejo jest największym regionem rolniczym w Portugalii, z klimatem śródziemnomorskim o łagodnych zimach oraz suchym i gorącym okresie letnim. Średnia roczna suma opadów waha się od 550 mm do 650 mm; opady występują głównie jesienią i zimą. Średnia maksymalna temperatura wynosi 21°C, a najwyższa temperatura absolutna 42°C. Średnia temperatura minimalna wynosi 12°C, a najniższa temperatura absolutna spada do -5°C. Nasłonecznienie sięga ok. 3000 h rocznie (Marques da Silva i in. 2010).

Do wariantu wyjściowego wybrano gospodarstwo o powierzchni 300 ha, z tradycyjną uprawą winorośli, znajdujące się w regionie Alentejo. Przeanalizowano dwa alternatywne rozwiązania, czyli stosowanie technik rolnictwa precyzyjnego do zróżnicowanego przestrzennie nawożenia i aplikacji chemicznych środków ochrony roślin, oraz rolnictwa ekologicznego wraz z wykorzystaniem alternatywnych produktów ochrony roślin.

### Wariant podstawowy – tradycyjna uprawa

Wariant wyjściowy stanowi winnica w pełnej wydajności produkcyjnej, dająca plon winogron 7 t ha<sup>-1</sup> przeznaczonych na produkcję win jakościowych. Średnia obsada wynosi 4000 roślin na 1 ha, nasadzanych w układzie siatki o polach 2,5 m × 1,0 m. Winnica jest nawadniania systemem kropelkowym.

Zakładanie winnicy poprzedza szereg zabiegów mających na celu przygotowanie gleby, po czym następuje nawożenie w ilości 200 kg P i K ha<sup>-1</sup> a także nawozem organicznym w ilości 500 kg ha<sup>-1</sup>. Następnie wytyczona zostaje siatka nasadzeń i wykonane dołki w ziemi pod rośliny. Montowany jest system podpór. Wymienione prace wykonywane są tylko w pierwszym roku istnienia winnicy, ale zostały wzięte pod uwagę przy kalkulacji kosztów, zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych. Zakłada się, że rośliny są użytkowane przez 20 lat.

Zabiegi agrotechniczne polegają głównie na uprawie gleby, odchwaszczaniu, nawożeniu, nawadnianiu, cięciu roślin, usuwaniu nadmiaru owoców, ochronie przed szkodnikami i chorobami, oraz przeprowadzeniu zbioru winogron. Dawki nawozów wynoszą w przybliżeniu 35 kg N ha<sup>-1</sup>, 80 kg P ha<sup>-1</sup> i 15 kg K ha<sup>-1</sup>. Wczesną wiosną stosuje się międzyrzędowo środek chwastobójczy (Glifosat), a w kwietniu rozpoczyna się szereg zabiegów owadobójczych, które trwają do sierpnia, w zależności od warunków pogodowych. W maju odbywa się zabieg cięcia zielonych części roślin, by kontrolować ich nadmierny rozrost oraz określić ostateczny plon owoców w zależności od ustalonej jakości i ilości winogron.

Rośliny winorośli są nawadniane od maja do lipca, zużywając do tego przeciętnie 2000 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> wody z dodatkiem nawozu w formie ciekłej. Całkowita ilość wody w każdym roku zależy od układu warunków meteorologicznych, lecz w przeważającej mierze nawadnianie jest zabiegiem dodatkowym. Zbiór winogron odbywa się od sierpnia do września.

Maszyny. Badana farma posiadała ciągniki (o mocy między 145cv a 70cv<sup>61</sup>), maszynę do mechanicznego zbioru, opryskiwacze, kosiarki, urządzenia do cięcia winorośli i rozdrabniania mulczów, oraz inne wyposażenie niezbędne w produkcji.

Dotacje Unii Europejskiej – Wspólna polityka Rolna. Wszystkie gospodarstwa otrzymują co roku dotacje unijne z systemu jednolitej płatności (SPS – Single Payment Scheme). Dopłaty są zróżnicowane i wyliczane według wielkości określonych upraw w danej farmie w poprzednich latach, oraz utrzymywaniem inwentarza żywego. W 2011 roku średnia krajowa dopłata wyniosła 74 € ha<sup>-1</sup>. Ponadto, rolnicy otrzymują dopłatę z systemu PRODER<sup>62</sup>, o średniej wartości 59.58 € ha<sup>-1</sup> (na 300 ha) powierzchni winnic.

Metody zastosowane do obliczeń. Rozważano koszty założenia winnicy a następnie jej prowadzenia, dlatego też w obliczeniach ujęto szacunkowe wartości różnych nakładów finansowych i energetycznych przeznaczonych na założenie a następnie prowadzenie winnicy. Wartości końcowe kosztów zmiennej, zużycia energii pierwotnej, oraz emisji CO<sub>2</sub> wynikają z sumarycznej wartości rocznego prowadzenia winnicy w przeliczeniu na 1 ha oraz jej założenia w przeliczeniu na 1 ha i 1 rok.

W przypadku maszyn, stopę amortyzacji i wartość wyliczono według wartości odtworzeniowej i przewidywanego okresu eksploatacji. Okres eksploatacji określa trwałość urządzenia, czyli jest to szacowany okres czasu, kiedy maszyna nadaje się do użycia.

## Wariant 1 – rolnictwo ekologiczne

Rolnictwo ekologiczne polega na zabiegach stosowanych w celu zminimalizowania wpływu uprawy na środowisko a jednocześnie prowadzenia działalności rolniczej w sposób jak najbardziej zbliżony do naturalnej produkcji. Typowe zabiegi w winnicach prowadzonych w systemie ekologicznym zmierzają do zmniejszenia zużycia chemicznych pestycydów oraz nawozów oraz wykorzystanie zasobów znajdujących się na miejscu, np. obornika do nawożenia.

---

<sup>61</sup> cv jest pozaukładową jednostką mocy silników wykorzystywanym w celach fiskalnych (z włoskiego i francuskiego odpowiednio *cavalli vapore* oraz *chevaux vapeur*, czyli konie parowe).

<sup>62</sup> PRODER jest instrumentem strategicznym i finansowym wsparcia rozwoju obszarów wiejskich, na lata 2007-2013, zatwierdzony decyzją Komisji Europejskiej C(2007)6159 w dniu 4 grudnia 2007 r.



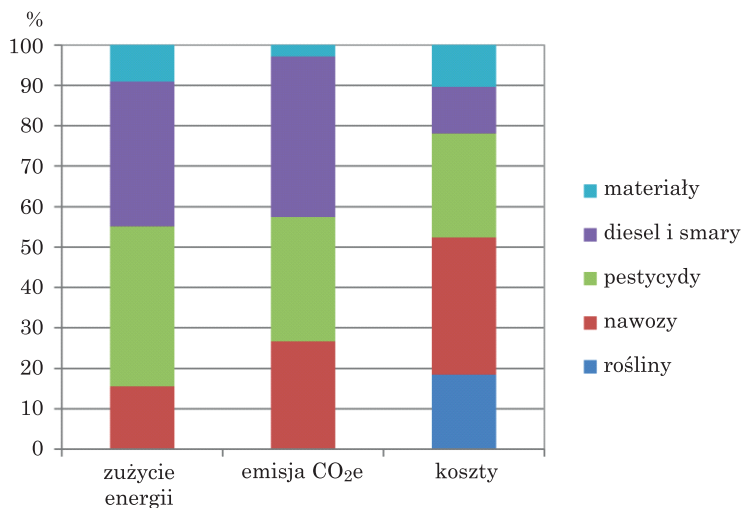
Jednak zazwyczaj winnice ekologiczne dają niższe plony. W tym wariancie zakłada się plon winogron na poziomie 5 t ha<sup>-1</sup> przeznaczonych do produkcji win jakościowych. Maszyny są takie same, jak w wariancie wyjściowym. Dopłata z systemu PRODER wynosi średnio 116,78 € ha<sup>-1</sup> (przy 300 ha).

### Wariant 2 – rolnictwo precyzyjne

Alternatywą dla tradycyjnej uprawy jest wprowadzenie technik rolnictwa precyzyjnego, takich jak zróżnicowane dawki nawozów, pestycydów i wody. Dane do analizy uzyskano z badań doświadczalnych (Marques da Silva, 2012). Stwierdzono zmniejszenie zużycia nawozów o 20%, środków ochrony roślin o 10% i wody o 10%. W tym wariancie konieczne były dodatkowe inwestycje w postaci specjalistycznego wyposażenia, oraz koszty wynikające z analiz glebowych i opracowania map obrazujących zróżnicowanie zawartości składników pokarmowych w glebie pod winnicą. Szacunkowo dodatkowe inwestycje wyceniono na 18 000 €, a koszt zmienny w przeliczeniu na hektar wynosi 7,5 €. Założono, że plon jest taki sam jak w wariancie wyjściowym.

### Udział względny różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużyciu energii, kosztach produkcji oraz emisji gazów cieplarnianych

Na rysunku 90 pokazano udział względny różnych nakładów produkcyjnych w kosztach całkowitych, emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) i zużyciu



Rys. 90. Względny udział różnych nakładów produkcyjnych w efektach ekonomicznych, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych

energii w winnicy w wariancie wyjściowym. Naturalnie, różne nakłady w różnych proporcjach wnoszą wkład w koszty całkowite, zużycie energii pierwotnej oraz emisję gazów cieplarnianych. Dlatego też, poziom wykorzystania środków produkcji może mieć różny wpływ na koszty, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych. Pestycydy, olej napędowy i nawozy okazały się najistotniejszymi składowymi produkcji wpływającymi na emisję gazów cieplarnianych. Materiały są również istotnym elementem kosztów produkcji i związane są z systemem podpór roślin oraz samymi roślinami wykorzystanymi do założenia plantacji. Tego typu koszty w celu wyliczenia kosztów rocznych podzielono przez 20 lat użytkowania winnicy.

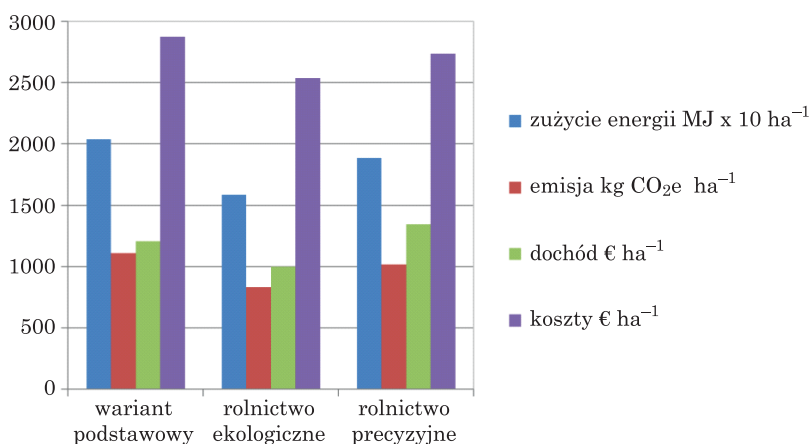
### **Wpływ różnych działań energooszczędnych na efekty ekonomiczne i środowisko**

W tabeli 91 i na rysunku 91 przedstawiono koszty całkowite, zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 ha. Kompletna analiza wskazuje, że wariant 1 (produkcja ekologiczna) i 2 (rolnictwo precyzyjne) zmniejszały koszty, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w porównaniu z wariantem wyjściowym. Koszty produkcji zmniejszyły się o 12% w systemie ekologicznym i o 5% w systemie rolnictwa precyzyjnego. Podobne zmiany zaobserwowano w zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych. Produkcja ekologiczna pozwalała zmniejszyć zużycie energii o 22%, a rolnictwo precyzyjne o 7%. Emisja CO<sub>2</sub>e była mniejsza o 25% w wariancie ekologicznym i o 8% w przypadku rolnictwa precyzyjnego. Osiągnięta redukcja w pierwszym przypadku wynikała z pozytywnego efektu wykorzystania produktów organicznych, które miały minimalny lub zerowy wkład w emisję gazów cieplarnianych, zaś w drugim przypadku wiązały się z ograniczeniem ilości nakładów produkcyjnych dzięki stosowaniu zróżnicowanego dawkowania.

Tabela 91. Roczne koszty produkcji, zużycie energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych odnoszące się do zastosowanych miar efektywności energetycznej

Wyszczególnienie	Koszty produkcji		Zużycie energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Wariant wyjściowy	2 874,86	100,0	20 391,68	100,0	1 109,20	100,0
Rolnictwo ekologiczne	2 539,20	88,3	15 873,06	77,8	831,65	75,0
Rolnictwo precyzyjne	2 738,10	95,2	18 875,88	92,6	1 019,12	91,9

Na rysunku 91 zilustrowano wpływ badanych wariantów w kategoriach dochodu farmy. Można zauważyć, że produkcja ekologiczna powodowała zmniejszenie dochodowości gospodarstwa o 17%, natomiast rolnictwo precyzyjne skutkowało dochodowością wyższą o 12%. Utrata przychodów w przypadku rolnictwa ekologicznego wynika z mniejszych plonów. Faktycznie, nawet wyższe ceny na rynku nie przekładają tego ujemnego efektu produkcji w postaci zmniejszonej produkcji na zysk. Jest to problem, który wymaga uwagi, gdyż w przeciwnym razie rolnicy nie będą inwestowali w taki system produkcji. W przypadku rolnictwa precyzyjnego plony są na tym samym poziomie co w systemie tradycyjnym ale są uzyskane przy niższych kosztach produkcji, co naturalnie zwiększa dochodowość produkcji.

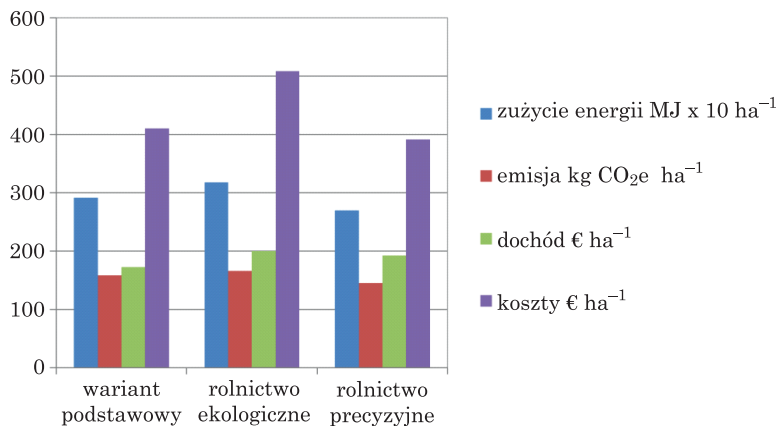


Rys. 91. Wpływ różnych działań energooszczędnych na koszty produkcji, dochód, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 hektar

Na rysunku 92 zaprezentowano koszty produkcji, dochody, zużycie energii oraz emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę wyprodukowanych winogron. Analiza alternatywnych systemów produkcji w przeliczeniu na 1 hektar prowadziła do odmiennych wniosków. Faktycznie, gdy rozpatrywano produkcję uzyskaną przy danych kosztach, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych, dla każdego z analizowanych wariantów otrzymamy inną charakterystykę.

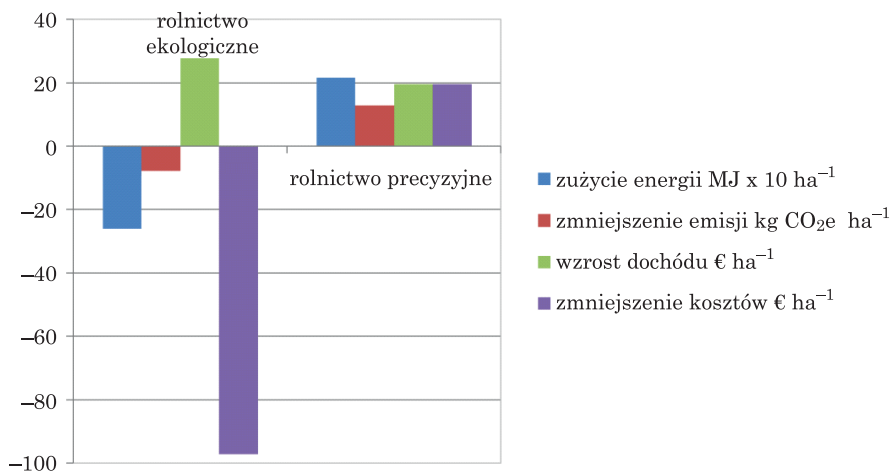
Produkcja ekologiczna prowadziła do zmniejszenia kosztów (24%), zużycia energii (9%) i emisji gazów cieplarnianych (5%), co było powodowane mniejszą wydajnością produkcji (5 t zamiast 7 t). Wyższy dochód (16%) wynikał z wyższej ceny za ekologiczne winogrona. Stosowanie technik rolnictwa precyzyjnego pozwoliło na zmniejszenie kosztów produkcji (5%), zużycia

energii (7%) i emisji gazów cieplarnianych (8%), co oznaczało większą dochodowość gospodarstwa (11%).



Rys. 92. Wpływ różnych działań energooszczędnych na koszty, dochód, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę winogron

Na rysunku 93 ukazano różnice między wariantem wyjściowym a opcjami alternatywnymi w odniesieniu do zużycia energii, emisji gazów cieplarnianych, kosztów i dochodów winnicy w przeliczeniu na 1 tonę produktu. Można zauważyć, że wprowadzenie technik rolnictwa precyzyjnego prowadzi do mniejszego zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych, oraz zwiększenia dochodów. System rolnictwa ekologicznego nie przynosi podobnych efektów



Rys. 93. Różnice w kosztach produkcji, dochodach, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę winogron pomiędzy wariantem wyjściowym a opcjami alternatywnymi

z powodu zmniejszonej produktywności. Jednak, także ten system uprawy ma zalety i powinien być rozważany jako alternatywny. Przykładowo, prowadzone są badania w kierunku wyhodowania odmian plonujących wyżej niż odmiany obecne. Wyższe plony można także uzyskać dzięki usprawnieniom technologicznym.

## **Wnioski**

Analizowane warianty efektywności energetycznej mają duży potencjał zmniejszania kosztów, zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 hektar winnicy, przyczyniając się w ten sposób do bardziej wydajnego wykorzystania zasobów i zwiększenia dochodów gospodarstwa. Jednak w przypadku upraw ekologicznych wydajność winnicy jest niższa, a wyniki, w przeliczeniu na 1 tonę winogron nie są korzystne. Wiadomo jednak, że na każdy system produkcji składa się wiele czynników i ich wzajemnych interakcji, dlatego istnieje potrzeba dalszych badań i gromadzenia danych doświadczalnych, które umożliwią precyzyjniejszą analizę i sprawią, że rolnictwo ekologiczne stanie się realną alternatywą dla właścicieli winnic.

### **5.4.5.4. Miary efektywności energetycznej w gajach oliwnych Grecji**

Autorzy: Athanasios Balafoutis, Panagiotis Panagakis, Demetres Briassoulis

## **Wstęp**

W niniejszym rozdziale zamieszczono analizę różnych wariantów poprawy efektywności energetycznej w systemach produkcji oliwek w Grecji. Plantacje oliwek w Grecji jest to najważniejszy rodzaj upraw wieloletnich, prowadzony na obszarze całej Grecji i w różnych lokalizacjach. Rodzime drzewa oliwne (oliwka dzika) po raz pierwszy pojawiły się we wschodnich rejonach basenu Morza Śródziemnego, ale w Grecji założono pierwsze uprawy. Od tamtej pory drzewa oliwne są uprawiane w Grecji i stały się elementem tradycji i kultury Greków.

W Grecji uprawia się ponad 100 różnych odmian oliwek, które dobrze rosną w greckim klimacie z długimi, gorącymi okresami latem i łagodnymi zimami z rzadkimi okresami mrozu. Większość drzew oliwnych produkuje oliwki, z których wyciskana jest oliwa. Istnieje też wiele rodzajów drzew oliwnych

uprawianych na oliwki jadalne. Wśród najważniejszych odmian oliwki europejskiej (*Olea europaea* L.) uprawianych w Grecji można wymienić<sup>63</sup>

- Amfissa – grecka oliwka jadalna, uprawiana w okolicach miasta Amfissa, w środkowej Grecji, niedaleko wyroczni delfickiej. Oliwki pozyskiwane z gajów wokół Amfissy mają status chronionej nazwy pochodzenia (Protected Designation of Origin), i nadają się równie dobrze do produkcji oliwy. Gaje oliwne wokół Amfissy, w których rośnie 1 200 000 drzew stanowią część obszaru chronionego krajobrazu.
- Hondroelia Halkidikis („hondro=gruby” oliwka z Halkidiki, lub oliwka ośla z racji dużych rozmiarów) – duża, zielona oliwka o mocnym, gorzkim smaku, pochodząca z półwyspu Halkidiki, w północnej Grecji.
- Kalamata – duża, czarna oliwka o jedwabistym, rosółowym smaku, której nazwa wywodzi się od nazwy miasta Kalamata w Grecji, używana jako oliwka konsumpcyjna. Oliwki te najczęściej konserwuje się w winie, occie lub oliwie. Oliwki z regionu Kalamata mają status chronionej nazwy pochodzenia.
- Koroneiki – wywodzą się z południowego Peloponezu, plantacje wokół Kalamaty i Mani w Grecji oraz z Krety. Te małe drzewka oliwne, choć trudne w uprawie, dają duże plony oliwy o wyjątkowo wysokiej jakości.
- Patrinia olive – jest to grecka odmiana oliwki rosnąca głównie w regionie Ejalia w Grecji.

Produkcja oliwek w Grecji sięga 1 809 800 ton, a obszar plantacji wynosi 834 200 ha, z których uzyskuje się średnio 2,17 t ha<sup>-1</sup> (FAO 2010).

Ze względu na ważną rolę produkcji oliwek w rolnictwie greckim oraz specyfikę uprawy, uwzględniono plantacje oliwek w analizie efektywności energetycznej. Istnieje szereg miar efektywności energetycznej, które można wprowadzić na plantacjach oliwek. (porównaj: Załącznik 5 lista miar oszczędności energii w produkcji rolniczej Grecji), zaś dla potrzeb niniejszej analizy wybrano dwa przypadki możliwych przedsięwzięć energooszczędnych, a mianowicie rolnictwo ekologiczne oraz system produkcji oliwek bez nawadniania. Zbadano także wpływ tych przedsięwzięć na emisję gazów cieplarnianych oraz wyniki ekonomiczne produkcji.

Wybór rolnictwa ekologicznego został podyktowany tym, że tego typu praktyka rolnicza otrzymuje silne wsparcie z Unii Europejskiej w formie dotacji na działania sprzyjające środowisku naturalnemu, pomimo iż w tym systemie plony są znacznie mniejsze z powodu istotnych ograniczeń dotyczących rodzajów i ilości chemicznych środków ochrony roślin i nawozów. Z drugiej strony, rolnictwo ekologiczne dostarcza produktów rolniczych o wysokiej jakości, które mogą osiągać wyższe ceny na rynku, jednocześnie przyczyniając się do ochrony zasobów naturalnych.

---

<sup>63</sup> <http://en.wikipedia.org/wiki/Olive> – cite\_note-46

## Metodyka

Sterea Ellada jest to tradycyjny region rolniczy w Grecji. Główne uprawy: pszenica, bawełna, tytoń, oliwka i winorośl. Wariant wyjściowy stanowi typowe gospodarstwo w powierzchni 10 ha w okolicach miasta Lamia, z możliwością nawadniania upraw, o glebach piaszczysto-gliniastych, na których uprawiana jest rodzima odmiana oliwki Koroneiki.

### Wariant wyjściowy – tradycyjny system uprawy

Tradycyjny system uprawy oliwki odmiany Koroneiki został omówiony poniżej. Uprawa tradycyjna w gospodarstwie wybranym do analizy składa się z następujących etapów:

1. Założenie gaju oliwnego. Po wyborze pola pod nową plantację następuje przygotowanie gleby do sadzenia.
  - Uprawa gleby. Przygotowanie gleby do sadzenia odbywa się przy użyciu następujących maszyn: pług do głębokiej orki (35 cm), kultywator ciężki, kultywator lekki.
  - Sadzenie. Drzewka są sadzone ręcznie. Pole zostaje wymierzone; pod drzewka kopie się dołki w równoległych rzędach co 6 m. Również odległość między rzędami wynosi 6 m. Gęstość sadzenia wynosi w przybliżeniu 250 sztuk ha<sup>-1</sup>. Jednocześnie w trakcie sadzenia dokonuje się wstępnego nawożenia (5.5 kg N ha<sup>-1</sup>, 7.5 kg P ha<sup>-1</sup>, 7.5 kg K ha<sup>-1</sup>).
  - Środki ochrony roślin. W tradycyjnej uprawie gajów oliwnych stosuje się zazwyczaj 2-4-krotne opryskiwania w okresie od sierpnia do października środkami owadobójczymi (roztwór 0,3% preparatu Dimethoat lub Fenthion).
  - Odchwaszczanie. W celu usuwania chwastów, 4-krotnie w roku gleba w międzyrzędziach jest pielęgnowana lekkim kultywatorem.
  - Nawożenie. Co drugi rok stosowany jest nawóz wieloskładnikowy NPK (11-15-15). Wymagana ilość to 0,2 kg na rozwijające się drzewko w każdym roku. Całkowita ilość nawozu w ciągu pierwszych 15 lat prowadzenia plantacji wynosi 352 kg N ha<sup>-1</sup>, 480 kg P ha<sup>-1</sup>, 480 kg K ha<sup>-1</sup>.
  - Nawadnianie. Stosuje się 3-5-krotnie zabiegi nawadniania kropelkowego. Całkowita ilość wody wynosi 120 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>.
  - Zbiory. Oliwki zbierane są ręcznie od połowy listopada do końca grudnia (w tym okresie rozwoju drzew oliwnych średni roczny plon wyliczony z okresu 15 lat to ok. 2,25 t oliwek ha<sup>-1</sup>). Do zbioru używa się plastikowych siatek lub mat wykonanych z tkaniny. Siatki do zbioru oliwek wytwarzane są z pojedynczych włókien polietylenu HDPE o dużej gęsto-

ści ( $100 \text{ g}^{-1} \text{ m}^2$ ), natomiast maty tkane są z tkaniny polipropylenowej PP ( $100 \text{ g}^{-1} \text{ m}^2$ ); ich trwałość określana jest na 5 lat. Siatki i maty przenosi się pod kolejne drzewka w celu zebrania ręcznie strząsanych oliwek. Przeciętna powierzchnia mat i siatek wynosi  $50 \text{ m}^2$ , co pozwala pokryć powierzchnię pod drzewem większą niż jego korona.

2. Zabiegi agrotechniczne w gajach oliwnych. Zabiegi prowadzone na plantacji oliwek w ciągu pierwszych 15 lat od jej założenia obejmują:

- Odchwaszczanie. Rocznie, stosuje się trzy zabiegi kultywatorowania gleby w międzyrzędziach lekkim kultywátorem w celu eliminacji chwastów bez stosowania chemicznych środków chwastobójczych.
- Środki chemiczne. Stosuje się takie same preparaty, jak omówiono w opisie zakładania plantacji.
- Nawożenie. Trzy zabiegi nawożenia co drugi rok (3 kg na drzewo). Wskazana dawka nawozów na kolejne 95 lat (dla stuletniej plantacji, chociaż drzewa oliwne mogą owocować przez 500 lat) wynosi  $3465 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $4725 \text{ kg P ha}^{-1}$ ,  $4725 \text{ kg K ha}^{-1}$ .
- Nawadnianie. Stosuje się 1-2 zabiegi nawadniania kropelkowego. Całkowita ilość wody  $180 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ .
- Zbiory. Oliwki zbierane są ręcznie od połowy listopada do końca grudnia (jest to okres wysokich plonów w przypadku uprawianych drzew oliwnych, gdzie średni roczny plon oliwek wynosi  $6,5 \text{ t ha}^{-1}$ ). Podczas zbiorów stosowane są maty ochronne rozkładane na ziemi.

Maszyny. Gospodarstwo posiada następujące maszyny: ciągnik rolniczy 40 kW, kultywator lekki (2 m), opryskiwacz (zawieszany, 500 L, turbo), przyczepa (7 t), urządzenia do nawadniania (pompa, urządzenia pomocnicze, ilość dostarczanej wody  $33 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ), rury do nawadniania kropelkowego. Ponadto, farmer wynajmuje: pług do założenia plantacji, kultywator z zębami sztywnymi (3 m).

Dopłaty Unii Europejskiej. Wybrana do analizy plantacja otrzymuje coroczne dopłaty do produkcji oliwek. Dopłaty są zróżnicowane i wyliczane zgodnie z historią uprawy w danym gospodarstwie w latach 2001-2003. Należy zauważyć, że w okresie prowadzenia badań wiele regionów Grecji ucierpiało na skutek mroźnych zim, które spowodowały wymarznącie wielu drzew i bardzo niskie plony oliwek. Dlatego, gdy Grecka Organizacja Płatności Rolnych (OPEKEPE) wyliczała dopłaty, poszkodowane regiony otrzymały niskie subdydia podczas gdy pozostałe regiony (np. Kreta), gdzie poziom produkcji był w tych trzech latach mniej więcej jednakowy, zyskały relatywnie większe wsparcie. Średnia wartość dotacji w regionie, gdzie znajduje się analizowana plantacja wynosiła  $200 \text{ € ha}^{-1}$ .

Metody użyte do obliczeń. Średnia wartość 1 kg nawozów NPK została wyliczona na podstawie cen płaconych za te nawozy przez farmę. Takie samo



podejście przyjęto w wyliczeniach cen za chemiczne środki ochrony roślin (chwastobójcze, grzybobójcze i owadobójcze). Koszty nawadniania wyliczono w oparciu o zużycie energii elektrycznej, gdyż wodę potraktowano jako zasób bezpłatny.

Tabela 92. Sprzęt rolniczy w analizowanym gospodarstwie wraz z okresem eksploatacji

Sprzęt rolniczy	Okres eksploatacji (lata)
Traktor, 50 kW	15
Sprzęt uprawowy	
Kultywator lekki, 3,00 m	20
Inny sprzęt	
Opryskiwacz zawieszany, 500 L, turbo	15
Przyczepa, 7 t	20
Urządzenia do nawadniania, 33 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	15
Rury do nawadniania	5
Rozrzutnik obornika	15

W przypadku maszyn, ich udział i wartość wyliczono na podstawie wartości odtworzeniowej oraz okresu eksploatacji każdej maszyny w Grecji, określonych w bezpośrednich rozmowach z rolnikami (zobacz Tab. 92). Okres eksploatacji określa trwałość danego sprzętu, czyli okres między pierwszym a ostatnim użyciem.

### Wariant 1 – rolnictwo ekologiczne

Jedną z miar efektywności energetycznej możliwych do wprowadzenia w tradycyjnym systemie rolniczym stanowi system rolnictwa ekologicznego. Rolnictwo ekologiczne nie jest w Grecji powszechnie stosowane, ale jest coraz większe zainteresowanie głównie ze względu na wyższe ceny produktów, zwłaszcza certyfikowanej wysokojakościowej oliwy na eksport, oraz większą świadomość prośrodowiskową farmerów. Uprawy oliwek ekologicznych skupione są tylko w niektórych specyficznych regionach kraju.

Wpływ rolnictwa ekologicznego na plon oliwek jest ujemny, a procentowo wyrażony spadek plonu zawiera się w szerokim przedziale od 1,6% do 35% (Guzman i Alonso 2008, Kaltsas i in. 2007). W przypadku właściwie formowanych i prowadzonych dojrzałych drzew, w tym przez odpowiednie cięcie oraz nawożenie obornikiem i nawozem zielonym można zmniejszyć spadek plonów do 5%.

Rolnictwo ekologiczne powoduje wzrost zużycia paliwa o 29%. Wariant wyjściowy zawiera 3 zabiegi kultywacji gleby. W systemie alternatywnym występuje zabieg roztrząsania obornika za pomocą ciągnika z roztrząsaczem

(20 t ha<sup>-1</sup> co drugi rok). Po takim zabiegu następuje jeden zabieg kultywatorowania, a następnie wysiew nasion roślin strączkowych na zielony nawóz (koniczyna (*Trifolium sp.*), wyka siewna (*Vicia sativa* L.)). Stosowana gęstość siewu wynosi 135 kg nasion ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>. Na koniec gleba jest ponownie kultywatorowana, aby wymieszać z glebą uprawiane rośliny strączkowe; wszystkie wymienione zabiegi oznaczają większe nakłady pracy żywej o 2 h ha<sup>-1</sup>rok<sup>-1</sup> (praca traktorzysty).

Nie stosuje się chemicznych pestycydów. Zamiast nich używane są przynęty (Elcophon – plastikowe butelki), przynęty z feromonami (BIORYL – papierowe koperty) lub pułapki stosowane na muszki oliwkowe. Oznacza to mniejszy o 1 h ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> nakład pracy żywej [zamiast 4 h ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> pracy traktorzysty przyjmuje się 3 h ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> nakładów pracy żywej polegającej na ręcznym rozkładaniu zanęt i pułapek). Ponieważ nie ma zabiegów nawożenia, nawozy mineralne są zastąpione obornikiem owczym lub kozim, rozrzucającym za pomocą rozrzutnika. Wszystkie pozostałe zabiegi są takie same jak w przypadku uprawy tradycyjnej. Zbiory prowadzi się w listopadzie i grudniu, ale średni plon jest niższy o 35% z powodu mniejszych nakładów na nawozy. Powyższe dane pochodzą z prac Kaltsas i in. (2007); Guzman i Alonso (2008) oraz z raportu Ministerstwa Rolnictwa (zobacz: strona internetowa cytowana w spisie literatury).

W kontekście analizy ekonomicznej tego rozwiązania, należy dodać, że rząd grecki przyznaje plantacjom oliwek ekologicznych wyższe dotacje: w ciągu pierwszych 5 lat dopłaty wynoszą 756 € ha<sup>-1</sup>, po czym są obniżane do regularnego poziomu 415 € ha<sup>-1</sup>.

Maszyny. Jedną z zalet wariantu uprawy ekologicznej jest to, że farmer nie musi inwestować w nowe maszyny lub sprzęt, z wyjątkiem rozrzutnika obornika, a być może farma jest już wyposażona w rozrzutnik obornika z racji innej produkcji. Mimo to, w niniejszej analizie koszt zakupu rozrzutnika został uwzględniony jako nowa inwestycja w wariantie ekologicznym. Jednocześnie okres eksploatacji niektórych maszyn i wyposażenia wydłuży się, ponieważ będą eksploatowane z mniejszą intensywnością.

## **Wariant 2 – uprawa bez nawadniania**

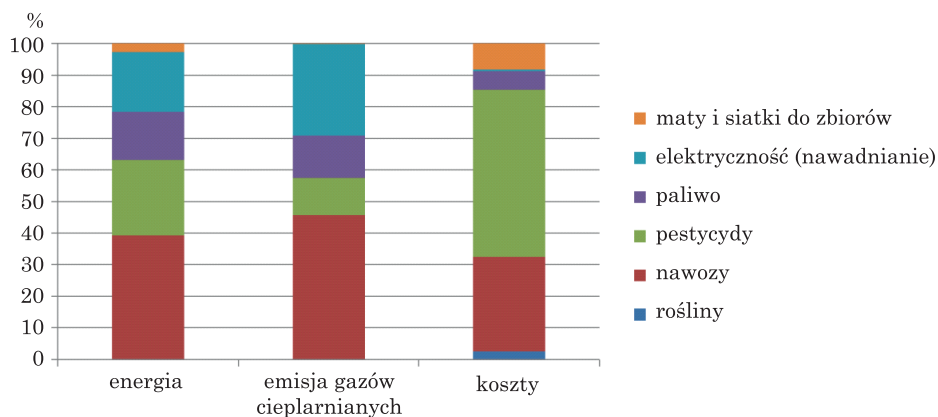
Drugą badaną opcją umożliwiającą zmniejszenie nakładów energii jest zachowanie takiej samej uprawy oliwek, jak w wariantcie rolnictwa ekologicznego, ale w warunkach braku nawadniania. Wpływ na ostateczny plon oliwek polega na jego zmniejszeniu o 29-37%, jak wynika z badań Guzman i Alonso (2008) oraz rozmów z właścicielami plantacji. W analizie przyjęto, że plony w tym wariantcie będą o 30% niższe niż w rolnictwie ekologicznym.

Działanie energooszczędne polegające na rezygnacji z mechanicznego nawadniania, czyli rezygnacji z pompy i rurociągów do nawadniania kropelkowego. Dodatkowo spowoduje to zmniejszenie całkowitych kosztów zmierzających poprzez ograniczenie zużycia energii elektrycznej zasilającej pompę.

Maszyny. Jedną z zalet przejścia na system uprawy bez nawadniania jest brak konieczności montowania pompy i rurociągu do nawadniania.

### Względny udział różnych nakładów i etapów procesu produkcyjnego w zużyciu energii, kosztach całościowych produkcji oraz emisji gazów cieplarnianych

Na rysunku 94 pokazano względny wkład różnych nakładów produkcyjnych powodujących zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>e) i generowanie kosztów produkcji na plantacji oliwek przy uprawie konwencjonalnej, czyli w wariancie wyjściowym. Rysunek ilustruje szereg znaczących relacji między nakładami. Oczywiście jest, że największe zużycie energii w rozpatrywanej farmie wiązało się ze stosowaniem nawozów (39%), dla których odnotowano nawet silniejszy efekt emisji gazów cieplarnianych (45%). Można także zauważyć, że na drugim miejscu odnośnie do ilości zużytej energii znajdowały się chemiczne środki ochrony roślin (24%). Nie znajduje to odzwierciedlenia w strukturze emisji gazów cieplarnianych, gdzie pestycydy zajmowały czwarte miejsce (12%) mimo dużego udziału energii zakumulowanej w produkcji pestycydów: 268.4 MJ kg<sup>-1</sup> substancji aktywnej. Odpowiadająca im emisja gazów cieplarnianych była niska (10.97 kg CO<sub>2</sub>e kg<sup>-1</sup> substancji aktywnej). Energia elektryczna wykorzystana w nawadnianiu pola odpowiadała 19% całkowitego zużycia



Rys. 94. Względny udział różnych nakładów produkcyjnych farmy w efektach ekonomicznych, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych

energii, ale z powodu silnego wpływu na środowisko naturalne, jaki wywiera produkcja prądu w Grecji, wyliczony efekt w postaci emisji gazów cieplarnianych był dużo wyższy (29%). Z drugiej strony, zużycie paliwa stanowi 15% nakładów energetycznych i 13% emisji gazów cieplarnianych.

Informatywne są wyniki analizy zróżnicowania między efektami energetycznymi i środowiskowymi badanej plantacji a kosztami produkcji. Najbardziej jaskrawy jest tu przykład zużycia energii elektrycznej, która choć wymaga dużych nakładów energii pierwotnej pozyskiwanej w Grecji z wysoką emisją gazów cieplarnianych (głównie dlatego, że węgiel brunatny używany do produkcji energii elektrycznej jest nisko kaloryczny i w trakcie generacji energii wytwarza dużą ilość gazów cieplarnianych), nadal jest relatywnie tanim nakładem produkcyjnym (jest zasobem naturalnym), zwłaszcza w systemach produkcji rolniczej (0,5%). Jest to korzystne dla greckich farmerów, ale w niektórych przypadkach może prowadzić np. do nieracjonalnego gospodarowania wodą, np. wtedy, gdy celem produkcji jest maksymalne zwiększenie plonów (co w wielu przypadkach nie jest osiągnięte, a powoduje marnotrawstwo wody) a nie uwzględnia się zasad produkcji zrównoważonej, szczególnie w kraju śródziemnomorskim, gdzie woda jest ograniczonym zasobem.

Kolejnym istotnym nakładem w produkcji oliwek jest wysoki koszt pestycydów, który generuje 53% całkowitych kosztów (choć należy zwrócić uwagę na fakt, że w ciągu ostatnich dwóch lat, z powodu kryzysu ekonomicznego, w Grecji zmniejszyło się ogólne zużycie agrochemikaliów; ten fakt nie został uwzględniony w naszej analizie). Należy także zauważyć, że znaczny koszt jest związany z nasadzeniami roślin (2,5%, aczkolwiek wpływ tego nakładu produkcyjnego w aspekcie energetycznym jest nieistotny).

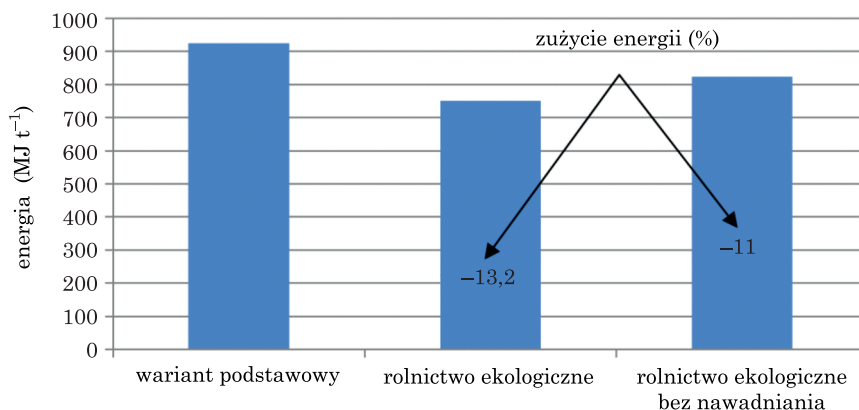
### **Wpływ środowiskowy i ekonomiczny różnych miar oszczędności energii w gajach oliwnych**

Oba alternatywne scenariusze spowodowały istotne ograniczenie zużycia energii, czyli spełniły zakładany cel. Jak oczekiwano, zmniejszone zużycie energii przełożyło się na mniejszą emisję gazów cieplarnianych.

Na rysunku 95 zilustrowano zużycie energii w przeliczeniu na 1 tonę wyprodukowanych oliwek. Można zauważyć, że produkcja oliwek według zasad rolnictwa ekologicznego pozwoliła na zmniejszenie zużycia energii o 13,2%. Było to możliwe dzięki wyeliminowaniu nakładów na stosowanie nawozów sztucznych i pestycydów, które w tym wariantcie produkcji zastąpiono materiałami o mniejszej energochłonności.

Wariant rolnictwa organicznego bez stosowania nawadniania pozwalał zmniejszyć zużycie energii o 11%. Różnica między tym wariantem a uprawą

z nawadnianiem wynikała z istotnie mniejszego zużycia energii pierwotnej potrzebnej do wyprodukowania energii elektrycznej ( $8407 \text{ MJ ha}^{-1}$  dla całego okresu), przy czym mniejszemu zużyciu energii towarzyszyła znaczna redukcja plonów oliwek.

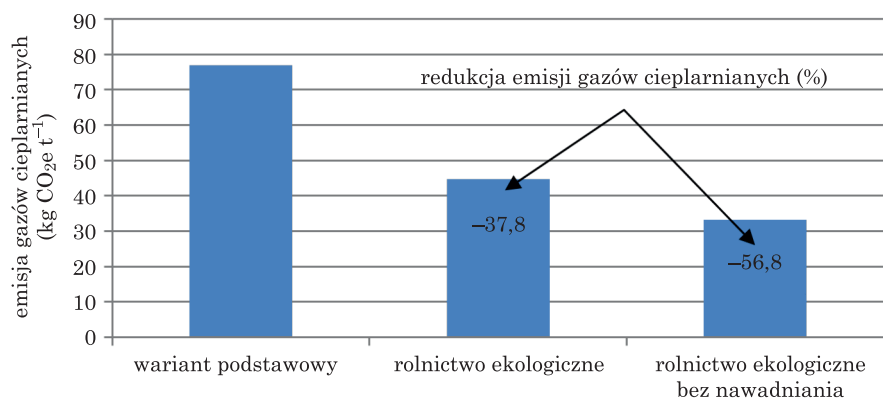


Rys. 95. Zmniejszenie zużycia energii w alternatywnych wariantach produkcji oliwek

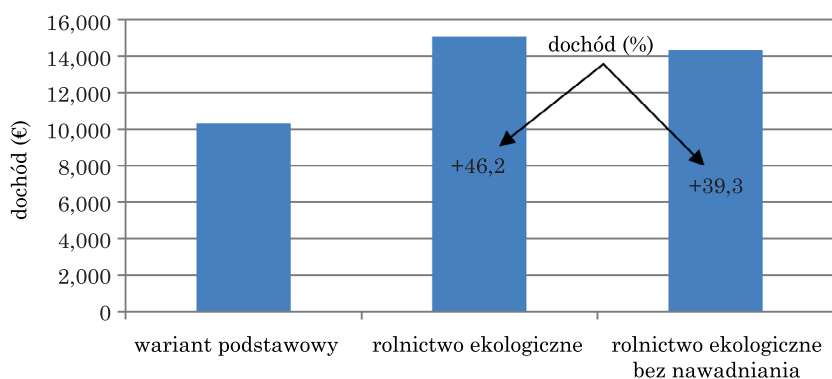
Na rysunku 96 zilustrowano efekty redukcji emisji gazów cieplarnianych. Można zauważyć, że w wariantcie rolnictwa organicznego emisja gazów cieplarnianych była niższa o 37,8%, zaś w wariantcie uprawy bez nawadniania obniżyła się o 56,8%. Główną przyczyną redukcji emisji było zastąpienie nawozów mineralnych używanych w wariantcie wyjściowym obornikiem (zerowy bilans emisji gazów cieplarnianych, gdyż na fermach owiec lub kóz obornik jest gromadzony na przyzmach i tak pozostawiany, co oznacza, że emisja gazów cieplarnianych wystąpi bez względu na to, czy obornik zostanie wykorzystany w uprawie roślin, czy nie). Kolejną przyczyną redukcji emisji gazów cieplarnianych było nie stosowanie pestycydów, które w rolnictwie organicznym są zastępowane przynętami lub pułapkami na owady, których wkład w emisję gazów cieplarnianych jest marginalny.

Różnica między systemem uprawy z nawadnianiem i bez nawadniania wynikała przede wszystkim z dużo mniejszej ilości emitowanych gazów cieplarnianych dzięki rezygnacji z pompowania wody i ograniczeniu zużycia energii elektrycznej.

W obu wariantach uprawy ekologicznej z nawadnianiem i bez nawadniania wzrosła dochodowość produkcji, przy czym wzrost dochodowości był wyższy w przypadku wariantu uwzględniającego nawadnianie upraw (rys. 96). Było to uwarunkowane głównie przez większe dopłaty do rolnictwa ekologicznego oraz wyższe ceny rynkowe za produkt ekologiczny.



Rys. 96. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych w alternatywnych wariantach produkcji oliwek



Rys. 97. Wzrost dochodu w wariantach alternatywnych produkcji oliwek

Szczególnie dochodowy okazał się pierwszy scenariusz ekologiczny (46,2%), ponieważ redukcja plonów była mniejsza i wystąpiła w połączeniu z zarówno wyższą ceną za wyprodukowane oliwki, jak i mniejszymi nakładami na produkcję. W drugim wariantcie, bez nawadniania, wzrost dochodów równy był 39,3%, gdyż tu znaczny spadek plonów (39,3%) został zrekompenzowany mniejszymi nakładami środków produkcji.

## Wnioski

Dwie alternatywne miary efektywności energetycznej, wybrane z listy potencjalnych miar oszczędności energii w produkcji oliwek w Grecji (zobacz: lista miar oszczędności energii w raporcie z Grecji), zostały przeanalizowane na przykładzie gaju oliwnego prowadzonego w południowej, kontynentalnej części

Grecji. Oba przyjęte warianty (uprawa ekologiczna i uprawa ekologiczna bez nawadniania) dały dobre wyniki w postaci mniejszego zużycia energii (co było motywem wykonanej analizy), oraz pozytywnych efektów środowiskowych (zredukowana emisja gazów cieplarnianych) i ekonomicznych.

Należy zauważyć, że dochody wybranej do analizy 10-hektarowej farmy były względnie niskie i nie gwarantowały płynności ekonomicznej farmy, nawet po przekształceniu produkcji w plantację ekologiczną. Główną przyczyną niskiej dochodowości z plantacji oliwek (sytuacja obserwowana w większości tradycyjnych plantacji oliwek i zakładów produkujących oliwę w Grecji, z nielicznymi wyjątkami) jest występowanie całego szeregu pośredników na rynku oliwek i oliwy w Grecji. Farmerzy sprzedają oliwki w ilościach hurtowych. Na przykład, w przypadku oliwy średnia cena rynkowa wynosi  $2,5 \text{ € L}^{-1}$ , do  $3,5 \text{ € L}^{-1}$  w przypadku produkcji ekologicznej, natomiast w sprzedaży detalicznej cena ulega podwojeniu a nawet potrojeniu. Pakowanie, dystrybucja oraz marketing certyfikowanych produktów z oliwek i oliwy przynosi dodatkowe dochody z racji możliwości uzyskania wyższych cen. Nadawanie certyfikatów plantacjom oraz usprawniony marketing certyfikowanych produktów są działaniami inicjowanymi przez Ministerstwo Rolnictwa oraz regionalne spółdzielnie rolnicze, szczególnie te zrzeszające młodych rolników.

#### 5.4.5.5. Miary efektywności energetycznej w produkcji oliwek w Portugalii

Autorzy: Fátima Baptista, Dina Murcho, Luis Leopoldo Silva, Carlos Marques, José Rafael Silva, José Oliveira Peça

### Wstęp

Gaje oliwne stanowią typową dla krajów śródziemnomorskich uprawę wieloletnią. Według Krajowego Instytutu Statystyki (2011), w Portugalii plantacje oliwek zajmują największą powierzchnię wśród upraw wieloletnich (52%, nie licząc powierzchni pod uprawą orzeszków piniowych). W 2009 roku pod uprawą oliwek była powierzchnia 335 841 ha, z czego 99% stanowiły oliwki uprawiane w celu pozyskania oliwy. Odpowiada to 9,9% całkowitej powierzchni gruntów rolnych w Portugalii. Alentejo jest regionem z największą powierzchnią gajów oliwnych (49%), kolejne to Trás-os-Montes (22%) i Beira Interior (14%). Na około 9% powierzchni gajów oliwnych, głównie w regionie Alentejo (79%), oliwki uprawiane są w systemie intensywnym lub bardzo intensywnym (ponad 300 drzew na 1 ha). Niemal 40% plantacji skupionych jest w 2000 gospodarstwach, ze średnią powierzchnią plantacji wynoszącą ponad 20 ha.

W ostatnich latach ten sektor produkcji rolniczej rozwijał się nader dynamicznie wraz z wprowadzeniem nowych technologii i zakładaniem nowych, nawadnianych plantacji w pobliżu zbudowanych w ostatniej dekadzie tam rzecznych lub w innych lokalizacjach, gdzie możliwe jest nawadnianie upraw.

Olejarnie zostały zmodernizowane i dostosowane do wymogów Unii Europejskiej w zakresie higieny i ochrony środowiska. Olejarnie są rozproszone w stosunkowo dobrych lokalizacjach względem głównych regionów uprawy oliwek, co sprzyja produkcji oliwy o dobrej jakości (MADRP, 2009).

Do wariantu wyjściowego wybrano farmę zlokalizowaną w regionie Alentejo, o powierzchni 143 ha. Uprawa jest prowadzona w intensywnym systemie produkcji, o średniej gęstości 314 drzew na 1 ha. Rozważono dwa warianty: 1) ograniczenie ilości wody do nawadniania, nawozów i pestycydów dzięki usprawnionemu harmonogramowi zabiegów nawadniania oraz strategii nawożenia i stosowania pestycydów, oraz 2) superintensywny system produkcji oliwek. Celem głównym analizy było zbadanie wpływu alternatywnych wariantów uprawy oliwek na efekty ekonomiczne, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w oparciu o efektywniejsze wykorzystanie środków produkcji lub superintensywny system produkcji oliwek.

### **Wariant wyjściowy**

Wariant wyjściowy dotyczy gaju oliwnego znajdującego się w stadium pełnej produktywności, z plonami oliwek na poziomie  $8,8 \text{ t ha}^{-1}$  przeznaczonych do tłoczenia oliwy. Średnia obsada drzew wynosiła 314 sztuk na 1 ha, rozmieszczonych w odległości  $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ . Plantacja jest nawadniania w systemie kropelkowym.

Założenie plantacji poprzedza szereg zabiegów związanych z przygotowaniem gleby. Powierzchnia pola pod plantację zostaje wytyczona, następnie w glebie wykonuje się dolki pod sadzonki. Montowane są podpórki i osłony młodych drzew. Te prace wykonywane są tylko w pierwszym roku istnienia winnicy, ale zostały uwzględnione w kalkulacji kosztów, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych. Zakłada się, że gaj oliwny jest użytkowany przez 30 lat.

Zabiegi uprawowe polegają głównie na uprawie gleby, odchwaszczaniu, nawożeniu, nawadnianiu, przycinaniu drzew, ochronie przed szkodnikami i chorobami, oraz przeprowadzeniu zbioru oliwek. Dawki nawozów wynoszą  $72 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $16 \text{ kg P ha}^{-1}$  oraz  $70 \text{ kg K ha}^{-1}$ . Wczesną wiosną stosuje się międzyrzędowo środek chwastobójczy (Glifosat), a w maju rozpoczyna się szereg zabiegów owadobójczych, które trwają do września, w zależności od warunków pogodowych.



Drzewa oliwne są nawadnianie od maja do października, zużywając do tego przeciętnie  $2000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  wody z dodatkiem nawozu w formie ciekłej. Całkowita ilość wody w każdym roku zależy od warunków meteorologicznych, lecz w przeważającej mierze nawadnianie jest zabiegiem dodatkowym. Zbiory oliwek trwają od listopada do grudnia.

Analizowane gospodarstwo ma wszystkie niezbędne maszyny, czyli traktory (o mocy w zakresie między 145cv i 70cv), wibrujący otrzęsacz oliwek z parasolem, opryskiwacze, kosiarkę i przyczepę. Materiały zużywane w gospodarstwie są to płótna wykorzystywane podczas zbiorów, osłony i podpory prowadzące wykorzystane podczas zakładania plantacji.

Wszystkie gospodarstwa otrzymują co roku dotacje unijne z systemu jednolitej płatności obszarowej. Dopłaty są zróżnicowane i wyliczane według wielkości określonych upraw w danej farmie w poprzednich latach, oraz utrzymywaniem żywego inwentarza. W 2011 roku średnia krajowa dopłata wynosiła  $174 \text{ € ha}^{-1}$ .

Ponieważ plantacja oliwek zakładana jest na 30 lat, dlatego też w obliczeniach ujęto szacunkowe wartości różnych nakładów finansowych i energetycznych przeznaczonych na założenie a następnie prowadzenie gaju. Wartości końcowe kosztów zmiennych, zużycia energii pierwotnej, oraz emisji  $\text{CO}_2$  wynikają z sumarycznej wartości rocznych nakładów na prowadzenia plantacji o powierzchni 1 ha oraz nakładów na założenie plantacji w przeliczeniu na 1 hektar i 1 rok.

W przypadku maszyn, stopę amortyzacji i wartość wyliczono z wartości odtworzeniowej i przewidywanego okresu eksploatacji. Czas eksploatacji określa trwałość urządzenia, czyli jest to szacowany okres czasu, kiedy maszyna może być wykorzystywana w produkcji.

## Wariant 1

W pierwszym wariantcie zbadano efekty wynikające z usprawnienia harmonogramu nawadniania oraz zróżnicowania stosowania nawozów i pestycydów, przy wykorzystaniu prostych technik rolnictwa precyzyjnego, korzystając z wyników analiz glebowych, informacji meteorologicznych i prognoz wystąpienia chorób i/lub szkodników roślin. Szacowano mniejsze o 10% zużycie nawozów, pestycydów (Marques da Silva 2012) i wody do nawodnień (Silva 2012). System wymaga uwzględnienia kosztów w związku z analizami glebowymi oraz inwestycją w utworzenie stacji meteorologicznej (4000 €). Oszacowano koszt zmienny na poziomie 7,5 €. Założono, że plony są na takim samym poziomie, jak w wariantcie wyjściowym.

## Wariant 2 – superintensywny system produkcji

Drugim alternatywnym wariantem jest system produkcji superintensywnej. Taki system po raz pierwszy wprowadzono w Hiszpanii na początku XXI wieku. W ostatnich latach superintensywna produkcja na plantacjach oliwek stała się popularna także w Portugalii, głównie w regionie Alentejo, gdzie tego typu plantacje zajmują ponad 10000 ha (Paço i in. 2012). Superintensywny system prowadzenia gajów oliwnych charakteryzuje się wyższą gęstością nasadzeń (ponad 1500 drzew na 1 ha), i wydaje się być dobrym systemem produkcji, ponieważ zapewnia wysokie plony już po paru latach od założenia plantacji, a także jest całkowicie zmechanizowany (De Gennaro i in. 2012).

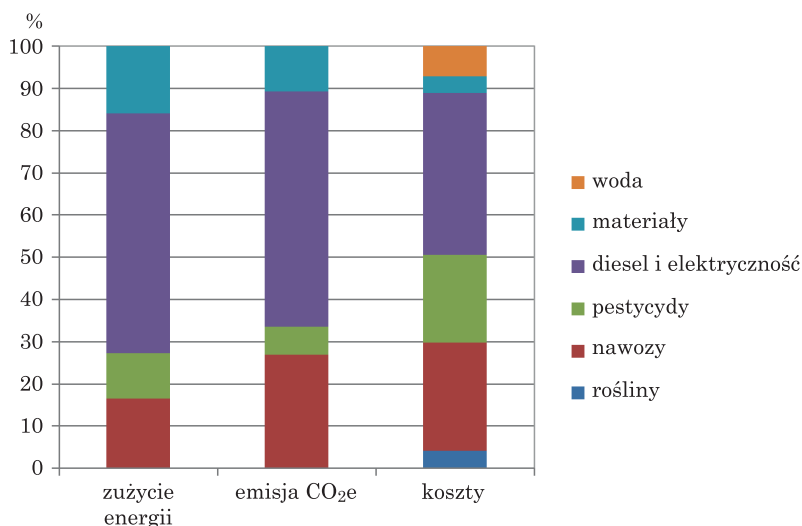
Do analizy przyjęto plantację na etapie pełnej produktywności, z plonem oliwek  $11 \text{ t ha}^{-1}$  z przeznaczeniem na oliwę. Średnia obsada wynosiła 1975 drzew  $\text{ha}^{-1}$  ( $3,71 \text{ m} \times 1,35 \text{ m}$ ). Plantacja jest nawadniania w systemie kropelkowym.

Prace przeprowadzone przy zakładaniu plantacji są takie same jak powyżej. Zakładany czas eksploatacji gaju oliwnego wynosi 15 lat. Nawożenie w przybliżeniu wynosi  $150 \text{ kg N ha}^{-1}$ ,  $60 \text{ kg P ha}^{-1}$  i  $100 \text{ kg K ha}^{-1}$ . Odchwaszczanie odbywa się wiosną i polega na opryskiwaniu herbicydami, natomiast zwalczanie chorób i szkodników polega na kilkukrotnym, w zależności od warunków pogodowych, opryskiwaniu drzew pestycydami. Plantacje są nawadniane w ilości  $2400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  wody rocznie, z dodanym nawozu w postaci ciekłej. Zbiór oliwek jest w pełni zmechanizowany, wykonywany kombajnem do zbioru oliwek.

### Wpływ różnych działań energooszczędnych na ekonomikę produkcji i środowisko

Na rysunku 98 zilustrowano udział względny różnych nakładów produkcyjnych w kosztach całkowitych, emisji gazów cieplarnianych ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) i zużyciu energii w gaju oliwnym prowadzonym według wariantu wyjściowego. Naturalnie, różne nakłady w różnych proporcjach wnoszą swoisty wkład w koszty całkowite produkcji, zużycie energii pierwotnej oraz emisję gazów cieplarnianych. To sugeruje, że niewielkie zmiany w technologii produkcji mogą implikować małą zmianę w kosztach ale dużą zmianę w zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych.

Odnośnie do struktury kosztów, można zauważyć, że dwa najważniejsze nakłady produkcyjne wiążą się z zużyciem bezpośrednich nośników energii: oleju napędowego i prądu elektrycznego stanowiących odpowiednio 38%



Rys. 98. Względny udział różnych procesów i nakładów w produkcji oliwek w efektach ekonomicznych, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych

i 26% kosztów. Kolejne nakłady wynikają ze stosowania pestycydów (21%) i nawadniania (7%). W zużyciu energii, najważniejsze nakłady były związane z zużyciem paliwa na prace polowe oraz energii elektrycznej na nawadnianie, które łącznie przyczyniły się do zużycia 57% całkowitych nakładów energii. Kolejne energochłonne nakłady produkcyjne stanowią materiały i nawozy, gdzie każdy z wymienionych nakładów odpowiada za około 16% całkowitego zużycia energii oraz pestycydy (11%). Podobny obraz relacji między nakładami odnotowano także w odniesieniu do emisji gazów cieplarnianych: olej napędowy i energia elektryczna stanowiły 56% całkowitej emisji gazów cieplarnianych, nawozy 27%, materiały 11%, a pestycydy 7%. Wśród materiałów wykorzystywanych w produkcji oliwek wymienić należy płótno wykorzystywane przy sprzęcie oliwek, osłony młodych drzew i wsporniki roślin wykorzystane podczas zakładania plantacji. Przeprowadzono szereg badań (Peca i in. 2004) nad zmechanizowaniem zbioru oliwek w systemach intensywnej i superintensywnej uprawy w celu zwiększenia wydajności, mniejszego zużycia paliwa, itp.

W tabeli 93 przedstawiono koszty i dochody w podstawowym i alternatywnych wariantach. Także w tym ujęciu widać znaczny wkład energii bezpośredniej i nawozów w kosztach produkcji; łącznie wynoszą ponad 50% kosztów zmiennych w wariantach podstawowym i pierwszym wariantach, oraz około 50% w drugim wariantach. W tej ostatniej opcji (superintensywna produkcja na plantacji oliwek), koszty zmienne rosną znacząco (z 76 000 € – 80 000 € do niemal 140 000 €). Duże ilości materiałów wykorzystanych w tym wariantach

produkcji, a których wartość wzrosła istotnie to osłony i podpory stosowane przy sadzeniu młodych drzewek oliwnych. W kosztach stałych ujęto koszty pracy, amortyzację maszyn i urządzeń oraz instalacji. Wartości są porównywalne we wszystkich wariantach. Przychód pochodzi ze sprzedaży oliwek. Przyjęto, że cena rynkowa za oliwki do produkcji oliwy wynosi 0,25 € kg<sup>-1</sup>. Całkowite koszty są podobne w scenariuszu podstawowym i pierwszej alternatywie, natomiast rosną o 12% w drugim wariantcie. Ponieważ rośnie także przychód, to opcja generuje najwyższą marżę netto. We wszystkich przypadkach analizowane gospodarstwa prowadziły ekonomicznie opłacalną produkcję oliwek.

Tabela 93. Struktura kosztów i dochód w portugalskiej plantacji oliwek

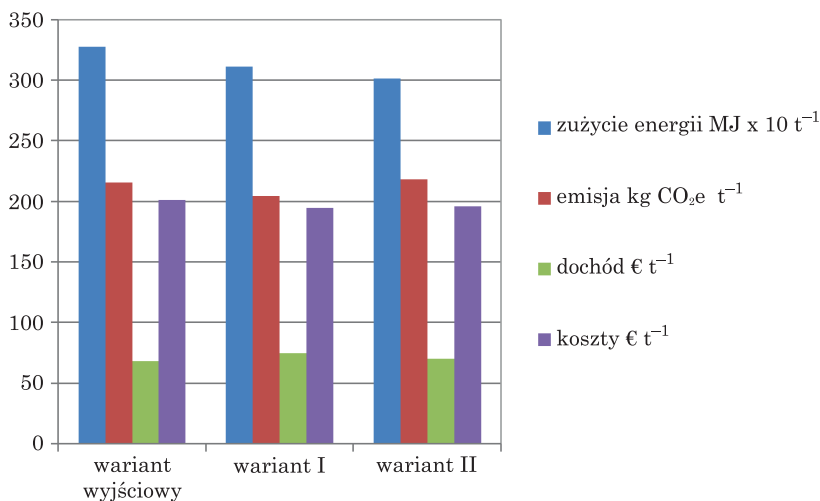
Wyszczególnienie	Wariant wyjściowy		Wariant 1		Wariant 2	
	€ rok <sup>-1</sup>	%	€ rok <sup>-1</sup>	%	€ rok <sup>-1</sup>	%
Koszty zmienne						
Materiał do nasadzeń	3292,81	4	3292,81	4	16571,52	12
Materiały zużyte w produkcji	3127,72	4	3127,72	4	19858,20	14
Nawozy	20572,34	26	18515,11	24	35770,31	26
Pestycydy	16654,18	21	14988,76	20	24093,36	17
Diesel, energia elektryczna	30728,93	38	30059,69	39	36149,00	26
Woda	5806,08	7	5225,50	7	6970,54	5
Inne	1072,50	1				
Razem	80182,06	100	76282,09	100	139412,92	100
Koszty stałe	173268,28		168535,95		168574,92	
Koszty całkowite	253450,34		244818,04		307987,84	
Dochód	339339,00		339339,00		418132,00	
Marża netto	85,888,66		94,520,96		110,144,16	

W tabeli 94 przedstawiono koszty, zużycie energii, emisję gazów cieplarnianych i przychód na 1 ha. W wariantcie podstawowym całkowite koszty na 1 ha wynoszą 1772 €, w wariantcie nr 1 odnotowano niewielki spadek (3,4%) do 1712 €, natomiast w wariantcie 2 koszty wzrosły do 2154 € (21,5%). Odnosnie do zużycia energii i emisji GHG, wyniki są obiecujące, ze spadkiem o ok. 5%. W superintensywnym systemie produkcji, zużycie energii i emisja gazów cieplarnianych w ujęciu kosztowym wzrosły między 15 a 26% z powodu większej ilości nakładów na środki produkcji (rośliny, nawozy, pestycydy, energia bezpośrednia, itp.).

Tabela 94. Roczne koszty produkcji, nakłady energii pierwotnej i emisja gazów cieplarnianych w efekcie implementacji miar efektywności energetycznej

Wyszczególnienie	Roczne koszty produkcji		Nakłady energii pierwotnej		Emisja gazów cieplarnianych	
	€ ha <sup>-1</sup>	%	MJ ha <sup>-1</sup>	%	CO <sub>2</sub> e ha <sup>-1</sup>	%
Wariant wyjściowy	1772,38	100,0	28819,08	100,0	1898,08	100,0
Wariant 1	1712,01	96,6	27383,18	95,0	1800,87	94,9
Wariant 2	2153,76	121,5	33113,84	114,9	2399,90	126,4

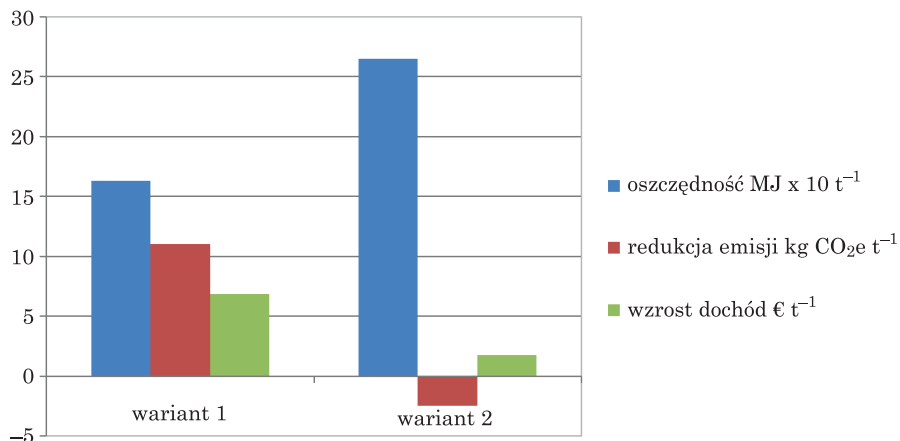
Na rysunku 99 pokazano efekty przedsięwzięć energooszczędnych w kosztach, dochodzie, zużyciu energii oraz emisji gazów cieplarnianych przeliczonych na 1 tonę wyprodukowanych oliwek. W tym przypadku relacje między różnymi nakładami kształtują się odmiennie aniżeli w wariacie przeliczeniowym na jednostkę powierzchni. Rzeczywiście, jeśli rozważymy wartości w przeliczeniu na jednostkę zebranych oliwek, to oba warianty pozwalają zmniejszyć



Rys. 99. Wpływ różnych miar oszczędności energii na koszty produkcji, dochód, zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę oliwek

koszty produkcji i zużycie energii: odpowiednio dla pierwszej i drugiej opcji o 5% i 3% oraz 5% i 8%. W przypadku emisji gazów cieplarnianych, pierwszy wariant umożliwia redukcję o 5%, a drugi powoduje wzrost emisji o 1%. W obu przypadkach dochody są wyższe o 10% w wariacie 1 i o 3% w wariacie 2. Można to wyjaśnić mniejszym zużyciem środków produkcji (nawozów, pestycydów, wody) w pierwszym wariacie oraz wyższą produktywnością roślin w drugim wariacie. Mimo to, należy przyjąć, że potrzebne są dalsze badania w celu lepszego zrozumienia efektów generowanych przez superintensywny system prowadzenia plantacji oliwek, głównie w kontekście wpływu systemu produkcji na żyzność gleby, bioróżnorodność, jakość oliwy, itp. Należy także stwierdzić, że prezentowana analiza dotyczyła tylko jednego roku, kiedy drzewa osiągnęły pełną produktywność, potrzebna zaś jest głębsza analiza obejmująca cały cykl produkcyjny, który jest całkowicie odmienny w intensywnym i superintensywnym systemie produkcji.

Na rysunku 100 pokazano różnice między wariantem wyjściowym a wariantami alternatywnymi w zużyciu energii, emisji gazów cieplarnianych oraz dochodów farmy w przeliczeniu na 1 tonę uzyskanego plonu oliwek.



Rys. 100. Różnice w kosztach produkcji, dochodzie, zużyciu energii i emisji gazów cieplarnianych w przeliczeniu na 1 tonę oliwek między wariantem wyjściowym a wariantami alternatywnymi

Ponownie, można zauważyć, że racjonalne stosowanie środków produkcji może przyczynić się do oszczędności energii, mniejszej emisji gazów cieplarnianych oraz większych dochodów farmy. Wykazano także, iż zwiększenie wydajności produkcji jest kolejną możliwością zwiększenia efektywności energetycznej w przeliczeniu na jednostkę otrzymanego produktu. Jednakże, na system produkcji składa się cały szereg czynników oraz ich wzajemnych interakcji, toteż potrzebne są dalsze badania w celu zebrania danych doświadczalnych, które pozwolą na dogłębną analizę

#### 5.4.5.6. Posumowanie analizy efektów alternatywnych (trade-off) w systemach produkcji roślin wieloletnich

Autor: *Fátima Baptista*

### Winnice

Przeprowadzone studia przypadków wskazują na potencjalne możliwości wprowadzania ekonomicznie opłacalnych rozwiązań energooszczędnych w produkcji winogron. W przypadkach Grecji i Portugalii analizowano możliwość wprowadzenia upraw ekologicznych i rolnictwa precyzyjnego, zaś w badaniach niemieckich analizowano przypadek nakładów energetycznych związanych z formowaniem i cięciem winorośli. W studium przypadku z Grecji dokonano również analizy korzyści wynikających ze stosowania agrowłókniny w celu przykrywania ziemi między rzędami krzewów winorośli i redukcji nakładów na ochronę roślin.

Uprawa ekologiczna, do której zachęca system dopłat rządowych Grecji i Portugalii, daje różne efekty. W Grecji uprawa ekologiczna umożliwiła zmniejszenie zużycia energii o 2,5% a emisji gazów cieplarnianych o 2,2%, ale też powodowała spadek dochodów o 25,5%, w przeliczeniu na 1 tonę winogron. W Portugalii podobny wariant produkcji spowodował wzrost zużycia energii (9%) i emisji gazów cieplarnianych (5%), głównie z powodu mniejszej wydajności produkcji z 1 hektara. Odnotowano za to wzrost dochodów (16%), z powodu wyższych cen winogron z upraw ekologicznych.

W przypadku wykorzystania rolnictwa precyzyjnego, w Portugalii przyniosło ono wzrost dochodów farmy o 11% oraz spadek zużycia energii o 7% i emisji gazów cieplarnianych o 5,2%. Natomiast w Grecji stwierdzono spadek dochodów, wynikający z koniecznych inwestycji w nowe wyposażenie.

Uzyskane wyniki wskazują na celowość prowadzenia dalszych badań i szczegółowych analiz, co wynika ze złożoności problematyki, albowiem na każdy system produkcji składa się pewna gama różnych czynników oraz ich wzajemnych interakcji.

Kolejną miarą oszczędności energii proponowaną w studium przypadku z Grecji, jest zastosowanie biodegradowalnej włókniny ogrodniczej, które nie przyniosło pozytywnych efektów energetycznych – wzrost zużycia energii o 7,6%, ale zmniejszyło emisję gazów cieplarnianych o 4,9% i zwiększyło dochód farmy o 13,9%. W tym studium przypadku zwraca się także uwagę na potrzebę prowadzenia doświadczeń polowych z zastosowaniem biodegradowalnej włókniny pod kątem wykorzystania włókniny w winnicach (technologia jest nadal na wczesnym etapie wdrożeń w praktyce greckich winnic) oraz zmniejszenia nakładów energetycznych na wytworzenie włókniny.

W studium przypadku z Niemiec zaproponowano używanie pozostałości po cięciu winorośli jako biomasy do produkcji energii, co – jak stwierdzono – jest korzystne zarówno dla farmera, jak i dla środowiska naturalnego, nawet gdy uwzględnia się konieczność wykonania dodatkowego zabiegu w celu utrzymania żyzności gleby.

W kontekście przyszłych badań i analiz należy podkreślić, że obecnie jakość w produkcji surowca winiarskiego oznacza wyprodukowanie mniejszej ilości winogron, co powoduje zwiększenie zużycia energii na 1 kg plonów winogron. Tak jest w przypadku winnic w Portugalii, gdyż w tym kraju etap produkcji wina rozpoczyna się już w winnicy. Produkcja winogron jest ograniczana przez cięcie roślin w wczesnym okresie rozwoju, aby zmniejszyć plony lecz uzyskać wyższą jakość winogron potrzebnych do produkcji win jakościowych. W przyszłości wyzwaniem będzie wyprodukowanie większej ilości winogron przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości surowca. Warto zaznaczyć, że w krajach Europy Południowej istotne jest zużycie energii po zbiorach – w przetwórstwie winogron, np. na schładzanie moszczu

podczas fermentacji, lecz ten aspekt nie został uwzględniony w niniejszym opracowaniu, które z założenia dotyczyło produkcji winogron – surowca winiarskiego, a nie uwzględniał nakładów energetycznych na procesy przetwórcze.

## Gaje oliwne

W Portugalii i Grecji gaje oliwne uchodzą za najważniejsze uprawy wieloletnie. W Portugalii do analizy, w kontekście poprawy efektywności energetycznej, wybrano system produkcji z wykorzystaniem technik rolnictwa precyzyjnego. Wykazano, że można w ten sposób zmniejszyć o 9% zużycie energii i emisję gazów cieplarnianych, zwiększając jednocześnie dochody gospodarstwa o 11%. W Grecji, na tle typowej farmy, analizowano wpływ systemu produkcji oliwek według zasad rolnictwa organicznego realizowanych w wariacie z nawadnianiem i bez nawadniania. Stwierdzono, że uprawa ekologiczna ma pozytywny wpływ na oszczędność energii (spadek zużycia energii odpowiednio w wariantach alternatywnych o 13,2% i 11%) oraz emisję gazów cieplarnianych (spadek emisji odpowiednio w wariantach alternatywnych o 37,8% i 56,8%) wraz ze znaczącym wzrostem dochodów farmy (odpowiednio w alternatywnych wariantach produkcji oliwek o 46,2% i 39,3%). Pozytywny wpływ uprawy ekologicznej na redukcję zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych wynikał ze znacznego ograniczenia nakładów na środki produkcji (szczególnie na nawozy syntetyczne zastąpione obornikiem) przy czym zmniejszenie plonów oliwek w mniejszym stopniu wpływało na zmniejszenie zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych aniżeli zmniejszenie nakładów. Dochód z produkcji wzrósł znacząco, głównie z powodu wyższych cen uzyskiwanych za oliwę z oliwek pochodzących z upraw ekologicznych.

## 5.5. Podsumowanie i wnioski

W powyższym opracowaniu przedstawiono analizę wyników badań prowadzonych metodą studium przypadku wraz z pogłębioną analizą interakcji między wybranymi miarami efektywności energetycznej, a efektami ekonomicznymi i środowiskowymi (emisja gazów cieplarnianych), w przekroju europejskim. We wszystkich analizach wykorzystano takie samo podejście metodyczne ograniczające analizę systemu do bramy gospodarstwa. To oznacza, że nakłady energetyczne związane z dalszym przetwórstwem surowców rolniczych uwzględniano tylko w tych przypadkach, gdy mogło mieć miejsce w gospodarstwie. Badania nad zużyciem energii oraz efektami ekonomicznymi i środowisko-



wymi były przeprowadzone zgodnie z podejściem metodycznym wykorzystywanym w Analizie Cyklu Życia (LCA), co oznacza, że brano pod uwagę wszystkie koszty produkcji, łącznie z kosztami użytkowego okresu życia maszyn lub urządzeń wykorzystywanych w produkcji. Efekty środowiskowe wynikające z oszczędności energii ilustrowano zmianami w poziomie emisji gazów cieplarnianych wyrażonych jako ekwiwalenty emisji ditlenku węgla. Przedstawione studia przypadków stanowiły jedynie próbkę potencjalnych miar oszczędności energii w Europie, i dlatego nie mogą być uznane za reprezentatywne dla całego kontynentu europejskiego. Pomagają jednak zrozumieć ograniczenia i wskazują na możliwości poprawy efektywności energetycznej w rolnictwie oraz mogą być wykorzystane w budowaniu agendy przedsięwzięć praktycznych lub badań stosowanych. Część z analizowanych przypadków jest specyficzna dla uwarunkowań lokalnych, a część z nich ma wymiar uniwersalny.

Analizowane przypadki pogrupowano według systemów produkcji roślinnej polowej (uprawy jednoroczne i wieloletnie) i szklarniowej oraz zwierzęcej (bydło mleczne, trzoda chlewna i brojlery). Każdy z tych systemów produkcji wykorzystuje różne źródła energii, co sprawia, że każdy z nich ma inny potencjał oszczędności energii lub efektywności energetycznej. W systemach uprawy roli skoncentrowano się na rozwiązaniach oszczędzających zużycie oleju napędowego lub nawozów azotowych. Rolnictwo precyzyjne jest jedną z tych technologii produkcji rolniczej, które może przyczynić się do poprawy efektywności energetycznej. Przeprowadzone analizy wykazały też, że jak dotychczas główną barierą w szerszym zastosowaniu technologii rolnictwa precyzyjnego jest ograniczona efektywność ekonomiczna. Z tego wynika potrzeba prowadzenia dalszych badań nad opracowaniem opłacalnych ekonomicznie technik rolnictwa precyzyjnego, które będą efektywne energetycznie i pozytywnie oddziaływały na środowisko. Względnie proste miary, ukierunkowane na precyzyjne dawkowanie nawozów w systemach produkcji rolniczej miały istotny, pozytywny wpływ na oszczędność energii oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych, jednakże przeszkodę w ich wdrożeniu w praktyce stanowią często odnotowane ujemne efekty ekonomiczne na poziomie farmy. W systemach produkcji bydła mlecznego i mięsnego, miary efektywności energetycznej ukierunkowano na efektywne energetycznie strategie żywienia zwierząt, które przekładają się na pozytywne efekty ekonomiczne, oszczędność energii oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych. Należy jednakże poddać badaniom ograniczenia związane z efektywnym energetycznie żywieniem przeżuwaczy. Pojawiają się doniesienia naukowe pokazujące, iż strategia żywienia efektywna ekonomicznie może nie być skuteczna w poprawie efektywności energetycznej lub ograniczaniu ilości emisji gazów cieplarnianych. Dlatego też należy szczegółowo przeanalizować tego typu korzyści i straty, prowadząc analizę efektów alter-

natywnych (trade-off) w kontekście uwarunkowań regionalnych po to, aby opracować strategie efektywnych energetycznie systemów produkcji mleka i mięsa w Europie. W analizie systemów produkcji trzody chlewnej i brojlerów położono nacisk na gospodarowanie energią cieplną. Podczas gdy w Europie Północnej najważniejsze są kwestie izolacji termicznej i odzysku ciepła, to na południu kontynentu ważniejsza staje się wentylacja oraz systemy schładzania powietrza. Ponieważ chów trzody chlewnej i drobiu są najbardziej uprzemysłowionymi systemami produkcji rolniczej, to wszystkie działania mające na celu poprawę efektywności energetycznej powinny być sprawdzone pod kątem ich wpływu na dobrostan zwierząt. Produkcja szklarniowa zużywa ogromne ilości energii, zwłaszcza w Europie Północnej. Większość działań energooszczędnych w tym sektorze dotyczy dodatkowej izolacji i systemów odzysku ciepła, bo są to obszary, gdzie można spodziewać się największych korzyści ekonomicznych i środowiskowych. Przypadek z Holandii wskazuje na rozwiązanie, w którym produkcja szklarniowa łączy się z produkcją energii elektrycznej (w kogeneracji z energią cieplną), co tworzy relację „win-win” (wygrany-wygrany), w której uzyskuje się pozytywne efekty zarówno w wymiarze ekonomicznym, jak i środowiskowym. Tego typu działania wymagają jednak umocowania legislacyjnego. Analiza rozwiązań energooszczędnych możliwych do zastosowania w systemach upraw wieloletnich wskazuje na istniejący potencjał oszczędności energii, w tym rozwiązania związane z wykorzystaniem technik rolnictwa precyzyjnego, zastosowaniem sprawniejszego systemu nawadniania, lub też z produkcją energii z biomasy uzyskanej z cięcia winorośli.

Ogólnie można stwierdzić, iż w wielu przypadkach głównym komponentem całkowitych nakładów energetycznych gospodarstwa rolniczego były pośrednie nakłady energetyczne. Szczególnie nawozy azotowe okazały się kluczowym nakładem produkcyjnym wpływającym na efektywność energetyczną produkcji w różnych systemach produkcji i w różnych krajach. Azot jest istotnym elementem analizy energetycznej nie tylko w odniesieniu do systemów produkcji roślinnej, ale również w systemach produkcji zwierzęcej, gdyż pośrednie nakłady energetyczne w produkcji zwierzęcej wiążą się z energią wydatkowaną na wytworzenie pasz. Poza efektami energetycznymi w produkcji rolniczej, gospodarka azotem jest ważna także w kontekście emisji gazów cieplarnianych. Zatem, mimo, że od dawna kwestia obiegu azotu była przedmiotem badań, to w kontekście systemów produkcji rolniczej zagadnienie to nadal wymaga badań, co jest szczególnie istotne wówczas, gdy dotyczy efektywnego energetycznie rolnictwa.

Chociaż wydaje się oczywiste, że miary efektywności energetycznej związane z redukcją pośrednich nakładów energetycznych powinny być implementowane przez sektor przemysłowy, który jest odpowiedzialny za zużycie energii pierwotnej, to należy także uwzględnić fakt, że system gospodarowania środ-

kami produkcji wpływa na poziom pośrednich nakładów energetycznych na produkcję rolniczą. Może okazać się, iż efekt poprawy efektywności energetycznej będzie większy dzięki adaptacji sprawniejszego systemu zarządzania produkcją aniżeli ograniczenie bezpośrednich nakładów energetycznych. Potwierdzają to wyniki analizy porównawczej miar oszczędności energii zorientowanych na zmniejszenie zużycia paliwa z miarami zorientowanymi na racjonalną gospodarkę nawozową.

Miary efektywności energetycznej ukierunkowane na redukcję bezpośrednich nakładów energetycznych są najbardziej skuteczne gdy dotyczą prac posprzętnych związanych z suszeniem produktu lub magazynowaniem w krajach północnych o klimacie chłodniejszym i wilgotniejszym, podczas gdy w krajach południowych istotniejsze są zabiegi związane z chłodzeniem i nawadnianiem. Ponieważ w analizach, granicą systemu produkcji była brama gospodarstwa, to wszelkie miary oszczędności energii dotyczące procesów poza przyjętą granicą systemu produkcji powinny stać się przedmiotem odrębnych badań, w celu określenia miar oszczędności energii ujmujących procesy całego łańcucha produkcji.

Niniejsze opracowanie ukazuje, jak istotne jest zidentyfikowanie bilansu korzyści i kosztów poszczególnych miar oszczędności energii, oraz określenie barier w rozwoju efektywnego energetycznie rolnictwa. Przykładowo, studium przypadku w Grecji wskazuje, że koszty nawadniania w wielu przypadkach mogą okazać się nieuzasadnione ekonomicznie z powodu bardzo wysokiego nakładu energetycznego. Dalsze badania w zakresie efektywności energetycznej w rolnictwie powinny zmierzać do opracowania efektywniejszych energetycznie systemów produkcji rolniczej, z uwzględnieniem kwestii kosztów produkcji i efektów środowiskowych.

## 5.6. Bibliografia

- Afonso C. 2012. Tomato. Investment in quality. *Frutas, Legumes e Flores* 131: 78-79.
- Aguiar C. 2012. Personal communication.
- Ahokas, J. and Koivisto, K. 1983. Energiänsäätö viljankuivauksessa. *Vakolan tutkimuslaskutus* 31. Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos. 89 p.
- Ahokas, J. and Mikkola, H. 1986. Traktorin polttoainekulutukseen vaikuttavia seikkoja. *Valtion maatalousteknologian tutkimuslaitos, VAKOLAn tutkimuslaskutus* no 4. 107p.
- Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, A. Shvidenko, 2007: Europe. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.
- Altieri M.A., 1992. Agroecological foundations of alternative agriculture in California, *Agriculture Ecosystems and Environment*, 39, 23-53.

- Amon B., Kryvoruchko V., Fröhlich M., Amon T., Pöllinger A., Mösenbacher I. and Hausleitner A. 2007. Ammonia and greenhouse gas emissions from a straw flow system for fattening pigs: Housing and manure storage. *Livestock Science* 112:199-207.
- Antón A., Torrellas M., Montero J.I., Ruijs M., Vermeulen P. and Stanghellini C. 2012. Environmental impact assessment of dutch tomato crop production in a Venlo glasshouse. *Acta Horticulturae* 927:781-791.
- Artyszuk H. 2012. Exemplary calculation of agricultural profit from production of 1 liter of milk at various levels of production intensity. In Polish: Przykładowa kalkulacja dochodu rolniczego z produkcji 1 litra mleka przy różnych poziomach intensywności produkcji. PODR Gdańsk.
- Auernhammer, H. 2001. Precision farming – the environmental challenge. *Computers and Electronics in Agriculture* 30, 31-43.
- Baptista FJ, Bailey BJ and Meneses JF. 2011. Development of a warning system for controlling *Botrytis cinerea* in unheated tomato greenhouses. *Acta Horticulturae* 893: 1263-1269.
- Baptista F.J., Bailey B.J. and Meneses J.F. 2012. Effect of nocturnal ventilation on the occurrence of *Botrytis cinerea* in Mediterranean unheated tomato greenhouses. *Crop Protection* 32: 144-149.
- Bos, J.F.F.P., Haan, J.J. de, Sukker, W., Energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag: de biologische en gangbare landbouw vergeleken, Plant Research International (Wageningen UR), rapport 140, maart 2007.
- Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) 2009. Modelvorhaben „Betriebsleiterqualifikation und Generationswechsel in der Landwirtschaft“.
- Cascone, G., D'Emilio, A. and Mazzarella, R. 2012. Polyamide-based film as greenhouse covering in soil solarization. *Acta Hort.* (ISHS) 927:659-666; [http://www.actahort.org/books/927/927\\_81.htm](http://www.actahort.org/books/927/927_81.htm)
- Cavalaris C., Karamoutis C., Papatthanasiou I. and Gemtos T., (2003). Prospects for energy savings in applying reduced soil treatment in wheat, *Proceedings of the 3rd Hellenic Conference on Agricultural Engineering*, Thessaloniki, pp 473-80.
- Concise Statistical Yearbook of Poland 2011. Ed. Central Statistical Office, Warsaw, 2011.
- Dalgaard T., Durand P., Dragosits U., Hutchings N.J., Kedziora A., Bienkowski J., Frumau A., Bleeker A., Magliulo E., Olesen J.E., Theobald M.R., Drouet J.L., Cellier P. 2012. Farm nitrogen balances in European landscapes. *Biogeosciences* 9, 5303-5321.
- Dalgaard T., Halberg N. and Fenger J. 2002. Can organic farming help to reduce national energy consumption and emissions of greenhouse gasses in Denmark. In: EC van Lerland and AO Lansink (eds.) *Economics of sustainable energy in agriculture. Economy and Environment* vol. 24. p. 191-204. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. ISBN 1-4020-0785-X.
- Dalgaard T., Halberg N., Porter J.R., 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 87, 51-65.
- Dalgaard T., Olesen J.E., Petersen S.O., Petersen B.M., Jørgensen U., Kristensen T., Hutchings N.J., Gyldenkrone S. and Hermansen J.E. 2011. Developments in greenhouse gas emissions and net energy use in Danish agriculture – How to achieve substantial CO<sub>2</sub> reductions? *Environmental Pollution* 159 (2011) 3193-3203.
- Danfors, B. 1988. Bränsleförbrukning och avverkning vid olika system för jordbearbetning och sådd. Jordbrukstekniska Institutet, meddelande 420. 84 p.
- DBFZ (Deutsches Biomasse Forschungszentrum) 2011. Nachhaltige Biogaserzeugung in Deutschland-Bewertung der Wirkung des EEG. URL: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22003410.pdf>
- De Gennaro B., Notarnicola B., Roselli L. and Tassielli G. 2012. Innovative olive-growing models: an environmental and economic assessment. *Journal of Cleaner Production* 28:70-80.
- Dekker, Ir. P.H.M., Stilma, Dr. Ir. E.S.C., Geel, W.C.A. van, Ir. A. Kool, Levenscyclusanalyse van vaste rundermest, runderdrijfmest, digestaat, GFT-compost en kunstmest bij gebruik in biologische en gangbare landbouw, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Wageningen UR), rapport 3250109708, mei 2009.
- ELSTAT. Hellenic Statistical Authority, Statistical Database, Agriculture 2006; <http://www.statistics.gr/portal/page/portal/ESYE>
- EMY, 2012 [http://www.emy.gr/hnms/greek/index\\_html](http://www.emy.gr/hnms/greek/index_html), accessed 5 Nov 2012

- Esala M., Larpes G. 1986. Effect of the placement technique and amount of fertilizer on spring wheat and barley grown on clay soils. I. Effect on grain yield. *Annales agriculturae Fenniae* 25: 159-167.
- Esala M., Larpes G. 1986. Effect of the placement technique and amount of fertilizer on spring wheat and barley grown on clay soils. II. Effect on the quality and mineral contents of grain yield. *Annales agriculturae Fenniae* 25: 169-175.
- European Commission 2007. Evaluation on the impact of Nordic aid schemes in northern Finland and Sweden. Final report. December 2007. 266 s. Available in the Internet: [http://ec.europa.eu/agriculture/eval/reports/nordic/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/agriculture/eval/reports/nordic/index_en.htm)
- Eurostat 2010. Agricultural Statistics. Main results-2008-2009. Available in Internet: <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY-OFFPUB/KS-ED-10-001/EN/KS-ED-10-001-EN.PDF> Read: 2012-09-23
- EUROSTAT 2012. Data and Tables. URL: [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search\\_database/](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/statistics/search_database/)
- FAOSTAT, FAO Statistics Division, Production data, Greece 2010, <http://faostat.fao.org>
- Federal Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection 2011. 2011 Agricultural Policy Report. URL: [http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/German-Gov-Agriculture-Report-2010.pdf?\\_blob=publicationFile](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/EN/Publications/German-Gov-Agriculture-Report-2010.pdf?_blob=publicationFile)
- Federal State Office 2009. Germany's population by 2060-Results of the 12th coordinated population projection. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2009.
- Frielinghaus M., Müller L., Willms M. and Ulrich A. 2007. Conservation agriculture, organic farming and GM crops in Germany Main focus: Eastern Germany. Research Report of project „Knowledge Assessment and Sharing on Sustainable Agriculture” (KASSA). 10 August 2012. <http://z2.zalf.de/oa/D1.1%20A6%20Germany%202.pdf>
- García-Victoria N., Kempkes, F.L.K., López-Hernaández, J.C., Baeza-Romero, E.J., Incrocci, L., Pardossi, A. 2012. Evaluation trials of potential input reducing developments in 3 test locations. EUPHOROS, deliverable 19: 56-65. [www.euphoros.wur.nl](http://www.euphoros.wur.nl) or (complete link) [http://www.wageningenur.nl/upload\\_mm/5/6/5/da3a7397-2a6c-4290-8d8c-96f1ff1dd6eb\\_Evaluation%20trials%20of%20potential%20input%20reducing%20developments%20in%203%20test%20locations.pdf](http://www.wageningenur.nl/upload_mm/5/6/5/da3a7397-2a6c-4290-8d8c-96f1ff1dd6eb_Evaluation%20trials%20of%20potential%20input%20reducing%20developments%20in%203%20test%20locations.pdf)
- Gemtos T., Fountas S., Blakmore B. and Greipentrong H. (2002). Precision farming experience in Europe and the Greek potential. Paper presented at the Conference of the Greek Applied Informatics in Agriculture, Athens.
- Gemtos T.A., Galanopoulou St., Kavalari C. 1998. Wheat establish after cotton with minimal tillage. *Europ. Journ. of Agronomy*. 8, pp 137-47.
- Genitsariotis M., Chlioumis G., Tsarouhas B, Tsatsarelis K., Sfakiotakis E. 2000. Energy and nutrient input and output of a typical olive orchard in northern Greece, *Acta Horticulture*, 525, 455-458.
- Gertsis A., Vellidis G., Rains G. 2003. Applications of precision agriculture in Ellas (Greece): wheat yield mapping.
- Gólaszewski J., de Visser C., Brodziński Z., Myhan R., Olba-Zięty E., Stolarski M., de Buissonje F., Ellen H., Stanghellini C., van der Voort M., Baptista F., Silva L., Murcho D., Meyer-Aurich A., Ziegler T., Ahokas J., Jokiniemi T., Mikkola H., Rajaniemi H., Balafoutis A., Briassoulis D., Mistriotis A., Panagakis P., Papadakis G. 2012. State of the Art on Energy Efficiency in Agriculture. Report WP2 AGREE. Available in the internet: [http://www.AgrEE.aua.gr/Files/AgrEE\\_State.pdf](http://www.AgrEE.aua.gr/Files/AgrEE_State.pdf).
- Gólaszewski J., de Visser C., Brodziński Z., Myhan R., Olba-Zięty E., Stolarski M., de Buissonje F., Ellen H., Stanghellini C., van der Voort M., Baptista F., Silva L., Murcho D., Meyer-Aurich A., Ziegler T., Ahokas J., Jokiniemi T., Mikkola H., Rajaniemi H., Balafoutis A., Briassoulis D., Mistriotis A., Panagakis P., Papadakis G. 2012a. Energy Saving Measures in Agriculture-Overview on the Basis of National Reports. Report WP2 AGREE. Available in the internet: <http://www.AgrEE.aua.gr/Files/Publications/D2.3%20Energy%20Efficiency%20Measures%20in%20Agr.pdf>.
- Golka W. 2011. Soil tillage techniques reducing the emission of greenhouse gases (In Polish: Techniki uprawy gleby ograniczające emisję gazów cieplarnianych). *Problems of Agricultural Engineering-Problemy Inżynierii Rolniczej*, nr 4/2011.

- Guzman G.I., Alonso A.M. (2008). A comparison of energy use in conventional and organic olive oil production in Spain. *Agricultural Systems*, 98, 167-176.
- Handler, F. and Nadlinger, M. 2009. Strategies for saving fuel with tractors. *Trainer Handbook. Intelligent energy. Efficient 20*. IEE/09/764/SI2.558250. Available on the internet: <http://efficient20.eu/files/2011/02/D3-8-Training-Handbook-Fuel-saving-measures.pdf>
- Häussermann U., Döhler H. 2010. Modellierung von Kohlenstoffdioxid-, Lachgas-, und Methanemissionen, Energieaufwand und Kosten verschiedener Düngestrategien. In: KTBL (ed.): *Emissionen landwirtschaftlich genutzter Böden*. KTBL-Schrift 483, Darmstadt, S. 221-228
- Higa T. 1998. Effective Microorganisms, concept and recent advances in technology. *Proceedings of the Conference on Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment*. 4th International Conference on Kyusei Nature Farming, Bellingham-Washington USA, s. 247-248  
116
- Higa T., Parr J.F. 1994. Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and Environment. *Publ. International Nature Farming Research Center Atami, Japan*.
- INE, I.P. 2011. *Recenseamento Agrícola 2009. Análise dos principais resultados*. Lisboa, Portugal. 185 pp.
- INE I.P. 2012. *Estatísticas Agrícolas 2011*. Lisboa, Portugal. 171 pp.
- Information Centre of the Ministry of Agriculture and Forestry 2011. *Yearbook of farm statistics 2011*. Available on the internet: [http://www.maataloustilastot.fi/maatilatilastollinen-vuosikirja-2011\\_fi](http://www.maataloustilastot.fi/maatilatilastollinen-vuosikirja-2011_fi), 269 p.
- Jürgens, C. 2006. Langsames, aber stetiges Wachstum. Beobachtungen zur Akzeptanz von Precision Farming in Deutschland. *Neue Landwirtschaft* 1/2006,45-47.
- Kaczmarek Z., Jakubas M., Grzelak M., Mrugalska L. 2008. Impact of the addition of various doses of Effective Microorganisms to arable-humus horizons of mineral soils on their physical and water properties. *J. Res. and Appl. in Agric. Eng.*, Nr 53(3), s.118-121
- Kaczmarek Z., Owczarzak W., Mrugalska L., Grzelak M. 2007. The influence of effective microorganisms for some of physical and water properties on arable-humus horizons of mineral soils. *J. of Res. and Appl. in Agric. Eng.*, Nr 52(3), s. 73-77
- Kaltsas A.M., Mamolos A.P., Tsatsarelis C.A., Nanos G.D., Kalburtji K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 122, 243-251.
- Kamp, J., Reeuwijk, P. van, Schoorl, F., Montsma, M., *Energiebesparing op het agrarisch bedrijf, Kansen voor verhoging van de energie-efficiency in de akkerbouw, vollegrondsgroenten en fruitteelt, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Wageningen UR), Lelystad, Nederland, March 26, 2010.*
- Kara, O. and Räisänen. L. 1976. On the development and field experiments of fertilizer placement in Finland. *The Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 46: 175-184.
- Karhunen, J., Mykkänen, U., Nieminen, L., Wikstén, R. and Saloniemi, H. 1983. Lämmönvaihtimet eläinsuojien ilmastoinnissa. *Valtion maatalouskoneiden tutkimuslaitos, Vakolan tutkimusselostus nro 36*. 79 p.
- Katsoulas N., Kittas C., Bartzanas Th. 2011. Energy needs and energy savings in greenhouses, *Agriculture-Animal Husbandry* 10, p. 54-57, (in Greek).
- Kavargiris S.E., Mamolos A.P., Tsatsarelis C.A., Nikolaidou A.E., Kalburtji K.I., (2009). Energy resources utilization of organic and conventional vineyards: Energy flow, greenhouse gas emissions and biofuel production.
- Khanna M., Epouhe O., F. Hornbaker R. 1999. Site-specific crop management: adoption patterns and incentives. *Review of Agricultural Economics* 21, 455-472.
- Kivinen T., Mattila K. M., Teye F., Heikkinen J., Heimonen I. 2007. Air quality in cow houses with curtain wall ventilation in Finnish climate. In: *Proceedings volume 2: Animal health, animal welfare and biosecurity / Aland A.(ed.)*. Tartu: p. 947-951.
- Korbas M., Mrówczyński M. (Ed.) 2011. *Metodyka of integrated production of winter and spring wheat*. (In Polish: *Metodyka integrowanej produkcji pszenicy ozimej i jarej*.)
- Kowalczyk-Juško A., 2010. Degestate – źródło dochód or trouble? (In Polish *Pozostałość po fermentacji beztlenowej – źródło przychodu czy kłopot*). *Aeroenergetyka*, 3.
- Kowalczyk-Juško A., 2010. Waste bring up profit. (In Polish: *Odchody przynoszą dochody*). *Agroenergetyka*, 2.

- Kraatz S. 2012. Energy intensity in livestock operations-modeling of dairy farming systems in Germany. *Agricultural Systems* 110, 90-106.
- Krawczyk W., Walczak J., 2010. Potential of manure as a source of ammonia emission and threat for environment. (In Polish: Potencjał biogeny obornika jako źródło emisji amoniaku i zagrożenia środowiska). *Rocz. Nauk. Zoot.*, T. 37, z. 2, 187-193.
- KWIN-AGV 2009, Schreuder R., Leeuwen M. van, Spruijt J., Voort M. van der, Asperen P. van, Hendriks-Goossens V. *Kwantitatieve Informatie, Akkerbouw en Vollegrondgroenteteelt* 2009, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, PPO 383, Lelystad, juli 2009
- Lesschen J.P., van den Berg M., Westhoek H.J., Witzke H.P. and Oenema O. 2011. Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology*, 166:16-28.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. MMM-RMO C2.2. 9 p. Available on the internet: <http://www.mmm.fi/attachments/maaseutujarakentaminen/5iiBVU-yGW/L10-rmoC22-01.pdf>
- Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus-TIKE 2011. Yearbook of farm statistics 2011. 269 s. Available on the internet: <http://www.maataloustilastot.fi/node/1131>
- Maa- ja metsätalousministeriö 2012. Maa- ja metsätalousministeriön rakentamismääräykset ja -ohjeet. Maatalouden tuotantorakennusten lämpöhuolto ja huoneilmasto. MMM-RMO C2.2. 9 p. Available on the internet: <http://www.mmm.fi/attachments/maaseutujarakentaminen/5iiBVU-yGW/L10-rmoC22-01.pdf>
- Maaseutuvirasto 2012. Maatalouden ympäristötuen sitoumusehdot 2012. Available on the internet: [http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/66eIWeNri/Ymparistotuen\\_sitoumusehdot\\_2012.pdf](http://www.mavi.fi/attachments/mavi/ymparistotuki/66eIWeNri/Ymparistotuen_sitoumusehdot_2012.pdf)
- MADRP, 2009. Plano Estrategico Nacional. Desenvolvimento Rural 2007-2013. Portugal. Revisao Novembro 2009. 115 pp.
- Mannfors, B. and Hautala, M. 2011. Eläinten hyvinvointiin perustuva tuotantoeläinrakennusten mikroilmasto. Ilmanvaihtoon ja lämpötilaan liittyvät suositukset. Helsingin yliopisto. Maataloustieteiden laitos, Julkaisuja 6. 106 p.
- Manninen, E. 2009. Automaattilypsy yleistyy Pohjoismaissa. Maito ja me. Available on the internet: <http://ammattilaiset.valio.fi/maitojame/laatu09/teema13.htm>
- Markinos H., Gemtos T., Toullos., Pateras D., and Zerva G. (2002). Yield mapping of cotton crop in Greece, Proceedings of the 1st HAICTA Conference, Athens, 6-7 June 2002, pp. 56-62.
- Marques da Silva, J.R. 2012. Personal communication.
- Marques da Silva, J.R., P. Mesquita, A. Sousa, L.L. Silva, J.M.R. Serrano and F. Baptista. 2010. Influência da temperatura do ar na variabilidade espacial e temporal da maturação da uva para vinho-Varietades: Aragonês e Trincadeira, in Resumos do 8v Simpósio de Vitivinicultura do Alentejo. Évora.
- Marques da Silva, J.R., Sousa, A., Mesquita, P., Silva, L.L., Serrano, J., Roma, J., Baptista, P., Torres, J., Torres, M., Simões, A., Terrón López, J.M., Becerra Traver, D., Moral Garcia, F.J., Alves, C., Condeças, J. 2009. Viticultura de precisao: um caso de estudo na Fundação Eugénio de Almeida, Évora, (Precision viticulture: a case study in the Eugénio de Almeida Foundatio, Évora) in Braga, R. (Ed). *Viticultura de Precisão. Inovação e Tecnologia na Formação Agrícola*, Associação dos Jovens Agricultores de Portugal (AJAP). Cap. 4, p. 49-64. ISBN: 978-989-8319-05-0. (in portuguese).
- Marques C.A.F. 1988. Portuguese Entrance into the European Community: Implications for Dryland Agriculture in the Alentejo Region, Ph.D. thesis, University of Purdue, USA.
- Meneses J.F., Castilla N. 2009. Protected cultivation in the Iberian horticulture. *Cronica Horticulturae*. 49 (4), 37-39.
- Meyer-Aurich A; Ziegler Th; Jubaer H; Scholz L; Dalgaard T (2012): Implications of energy efficiency measures in wheat production. International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng 2012, Valencia, Spain, 8-12 July 2012.
- Meyer-Aurich A., Gandorfer M., Heissenhuber A. 2008. Economic analysis of precision farming technologies at the farm level: Two German case studies. In Castalonge, O.W. (Eds.): *Agricultural Systems: Economics, Technology, and Diversity*. Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA. S. 67-76.

- Mikkola H., Pahkala K., Ahokas J. 2010. Energy consumption in barley and turnip rape cultivation for bioethanol and biodiesel (RME) production, *Biomass and Bioenergy*, Vol. 35, (2011): 505-515.
- Mills A.F. 1992. „Heat Transfer”, publisher Irwin Inc., chapter 4, pages 289-290.
- Ministry of Rural Development and Food, Statistical data, Plant Production, year 2006; <http://www.minagric.gr/en/index.html>
- Mistriotis A., Giannoulis A., Briassoulis D. 2011. Numerical estimation of wind loads on a greenhouse protected by a net-covered windbreak analysed as an integrated system, *Acta Horticulture* 952, 169-176.
- Montero J.I., Antón A., Torrellas M., Ruijs M. 2012. Report on economic & environmental Profile of new technology greenhouses at the three scenarios. Project EUPHOROS (Efficient Use of Inputs in Protected Horticulture), KBBE-2007-1-2-04 European Commission, 63 pp.
- Mourão I., Silva J.A., Brito L.M., Moura M.L. 2010. A qualidade e a produtividade de tomate produzido em cultura hidropónica e em solo. *Vida Rural* 1761: 30-33.
- Mygdakovs E., Gemtos T., Markinos A. 2005. Application of precision agriculture in cotton cultivation in Greece: Implementation costs and financial results, Internal report of University of Thessaly
- Nasalski Z. 2011. Methods for cost reduction in milk and beef production. In Polish: Metody obniżania kosztów produkcji mleka i mięsa wołowego. <http://www.portalhodowcy.pl/hodowca-bydla/198-numer-122010/1848-metody-obnizania-kosztow-produkcji-mleka-i-miesa-wolowego>.
- Nguyen T.L.T., Hermansen J., Mogensen L., 2010. Fossil energy and GHG saving potentials of pig farming in the EU, *Energy Policy* 38: 2561-2871.
- Niemi J., Ahlstedt J. 2009. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2009. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus-MTT, Taloustutkimus. Julkaisuja 109: 97 s. Available on the internet: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/julkaisut/suomenmaatalousjamaaseutuelinkeinot/7909C091BA206C99E040A8C0023C59B6>.
- Niemi J., Ahlstedt J. 2012. Suomen maatalous ja maaseutuelinkeinot 2012. Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus-MTT, Taloustutkimus. Julkaisuja 112: 97 s. Available on the internet: <https://portal.mtt.fi/portal/page/portal/mtt/mtt/julkaisut/suomenmaatalousjamaaseutuelinkeinot/jul112.pdf>
- Organic cultivation of olive groves, Ministry of agriculture of Cyprus, [http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/40822EABC4963BBBC2256F58003EE7CF/\\$file/VIOLOGIKHKALLIERGIAELIAS.pdf?OpenElement](http://www.moa.gov.cy/moa/da/da.nsf/All/40822EABC4963BBBC2256F58003EE7CF/$file/VIOLOGIKHKALLIERGIAELIAS.pdf?OpenElement), accessed on 25/12/2012.
- Paço T.A., Nogueira A.M., Silvestre J.C., Gonzalez L.F., Santos F.L., Pereira L.S. 2012. Woda Requirements and Footprint of a Super-intensive Olive Grove under Mediterranean Climate. Submitted to *Acta Horticulturae* (In Press).
- Panagakos P., Papadakis G., Natsis T., Kyritsis S. 1996. Strategic R&D for better energy efficiency in the agricultural sector, EU Project Contract No. JOU2-CT-94-0461-GR (DG 12 CSMC)
- Papadakis G., Briassoulis D., Scarascia-Mugnozza G., Vox G., Feuilloley P., Stoffers J.A. 2000. Radiometric and thermal properties and testing methods for greenhouse covering materials, *J. agric. Engng Res.*, 77(1): 7-38.
- Papageorgiou C., Spathis P. 2000. *Agricultural Policy*. Stohastis Publishing-Agricultural University of Athens
- Peça J., Almeida A., Pinheiro A., Dias A., Santos L., Lopes J., Gomes J. and Reynolds D. 2004. Mechanical harvesting of 400 trees per hectare olive orchards based on a rolling canvas prototype. *Acta Horticulturae* 791: 363-367.
- Portaria n° 229-B/2008, 6 de Março. Valorização de modos de produção. Do programa de desenvolvimento rural do continente, designado por PRODER. Portaria n° 427-A/2009, 23 de abril. Alteração á portaria n° 229-B/2008.
- Proias G., Stathakis D., Paliatsos A. 2010. Spatial distribution of rainfall in Thessaly. 6th Panhellenic Conference of the Greek Geographical Geographical Society (HellasGIs), Athens, 2-3 December.
- Pyykkönen P., Lehtonen H., Koivisto A. 2010. Structural change and investments in Finnish agriculture 2010-2020. Available on the internet: [http://www.ptt.fi/site/?lan=1&mode=tiedotteet&tiedote\\_id=1291](http://www.ptt.fi/site/?lan=1&mode=tiedotteet&tiedote_id=1291)
- Pyykkönen P., Lehtonen H., Koivisto A. 2010. Maatalouden rakennekehitys ja investointitarve vuoteen 2020. Pellervon taloustutkimus PTT. PTT Työpapereita 125. 24 p. Available on the internet: [http://www.ptt.fi/dokumentit/tp125\\_1111100930](http://www.ptt.fi/dokumentit/tp125_1111100930)



- Rasmussen K., Rasmussen J., Petersen J. 1996. Effects of fertilizer placement on weeds in weed harrowed spring barley. *Annales Agriculturae Scandinavica* 46: 192-196.
- Rees R. M., Roelcke M., Li S. X., Wang S. Q., Li S. Q., Stockdale E. A., McTaggart I. P., Smith K. A., Richter J. 1997. The effect of fertilizer placement on nitrogen uptake and yield of wheat and maize in Chinese loess soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 47: 81-91.
- Reis M. 2012. A drenagem nas culturas sem solo: um resíduo ou um recurso? (Drainage from soilless culture: residue or re?). Presented in Simpósio Culturas sem solo e as novas tecnologias. 21 Novembro 2012, Torres Vedras.
- Renius K. 1999. Performance map of a diesel engine. In: Stout, B & Cheze, B. (eds.). *Plant Production Engineering. CIGR Handbook of Agricultural Engineering. Volume III. American Society of Agricultural Engineers, ASAE 1999.* p. 51.
- Rodrigues A. M., Guimarães J. e Oliveira C. 2012. Rentabilidade das explorações leiteiras em Portugal-dados técnicos e económicos. Livro de Resumos, V Jornadas de Bovinicultura, IAAS-UTAD, Vila Real, 30-31 Março. pp. 109-129.
- Rosa A., Oliveira P., Sousa B., Rodrigues A., Caco J., Mogo P., Reis M. 2006. Experimentação em cultura sem solo. Tomate. Universidade do Algarve, Faculdade de Engenharia de Recursos Naturais, Faro. 40 pp.
- Rosado M.M. C. 2000. „Contributo para a integração da componente ambiental na avaliação económica de sistemas de produção agro-pecuários”. Ph.D. thesis, University of Évora, Portugal.
- Schils R.L.M., Oudendag D.A., Van der Hoek K.W., de Boer J.A., Evers A.G., de Haan M.H. 2006. Broeikasgasmodule BBPRPraktijkrapport Rundvee 90. Animal Sciences Group, Alterra, RIVM, Wageningen, pp. 1-50.
- Schunk D. 2001. Farm size economics and farm number development in Illinois. Lessons from a dynamic simulation Analysis. Available in the Internet: <http://www.centrec.com/reZród-los/Articles/FSDFarming21.pdf> Read 2012-09-18
- SenterNovem 2005. Ecodriving-the smart driving style. Available on the internet: <http://www.thepep.org/ClearingHouse/docfiles/ecodriving.pdf> Read 2012-09-07.
- Sethi V.P., Sharma S.K. 2008. Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications, *Solar Energy* Volume 82, Issue 9, September 2008, Pages 832-859
- Sieviläinen, E. 2008. Viljan laatuseuranta. Available at The Finnish Food Safety Authority-EVIRA.
- Siipikarjaliitto 2012. Näin kasvatetaan broileri. Available on the Internet: <http://www.siipi.net/index.php?option=com-content&view=article&id=403&Itemid=19>
- Siljander-Rasi, H., Valaja, J., Jaakkola, S. and Perttilä, S. 2000. Tuoresäilötty ohra sikojen ja siipikarjan rehuna. *Työtehoseuran maataloustiedote* 2: 1-6.
- Silva L.L. 2012. Personal communication.
- Stielow G. 2003. Rich soil do not need of the fertilization. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 48(1): 20-22
- Suomi P., Lötjönen T., Mikkola H. J., Kirkkari A.-M., Palva R. 2003. Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla. *Maa- ja elintarviketalous* 31: 100 s. + 1 liite.
- The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) 2012. Environmental performance review of Germany. Revised assessment and recommendations. URL:<http://www.oecd.org/environment/environmentalcountrreviews/oecdenvironmentalperformancereviewsgermany2012assessmentandrecommendations.htm>
- TINKER D.B. 1992. Review paper. Integration of tractor engine, transmission and implement depth controls: I. Transmissions. *Journal of Agricultural Engineering Research* 54, 1-27.
- Tinker D.B., Chamen W.C.T., Pedersen H.H. 2010. Controlled traffic farming (CTF) -why and how. Conference paper at AgEng2010, Clermont-Ferrand, France, September 2010. Available from CAB Direct
- Tokeshi H., Aloes M.C., Sanches A.B., Harada D.Y. 1998. Effective Microorganisms for controlling the phytopathogenic fungus *Sclerotinia sclerotiorum* in lettuce. Proceedings of the Conference on Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment. 4th International Conference on Kyusei Nature Farming, Bellingham-Washington USA, p. 131-139

- Torrellas M., Antón A., Ruijs M.N.A., Garcia Victoria N., Stanghellini C., Montero J.I. 2012. Environmental and economic assessment of protected crops in four European scenarios. *Journal of Cleaner Production* 28, p. 45-55. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611004471>
- Tullberg J.N., Yule D.F., McGarry D. 2007. Controlled traffic farming – from research to adoption in Australia. *Soil and Tillage Research* 97, 272-281
- Tüzel I.H., Tüzel Y., Öztekin G.B., Meric M.K., Whalley R., Lock G. 2009. Response of cucumber to deficit irrigation. *Acta Horticulturae* 807:259-264.
- Tüzel I.H., Tüzel Y., Öztekin G.B., Tunali U., Meric M.K., Serbes Z.A. 2012. Utilization of deficit irrigation programs to improve water management with leaching limitations. *Acta Horticulturae* 952:947-952 [http://www.actahort.org/books/952/952\\_120.htm](http://www.actahort.org/books/952/952_120.htm)
- Valarini P.J., Alvarez M.C.D., Gasco J.M., Guerrero F., Tokeshi H. 2003. Assessment of soil properties by organic matter and EM-microorganisms incorporation. *R. Bras. Ci. Solo.*, 27: 519-525.
- Valtionneuvosto 2011. Valtionneuvoston asetus broilereiden suojelusta 28.4.2011. Available on internet: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110375>.
- Van der Hoek K.W., Van Schijndel M.W. 2006. Methane and nitrous oxide emissions from animal manure management 1990-2003. Background document on the calculation method for the Dutch National Inventory Report. RIVM and MNP (Netherlands Environmental Assessment Agency), Bilthoven, The Netherlands, pp. 1-50.
- Van der Schans D., Jukema J.N., Klooster A., van der, Molenaar K., Krebbers H., Korver R., Roessel G.J. van, Meertens L., Truiman J. Toepassing van GIS en GPS in de akkerbouw, Nut en rendement van toepassingen op het gebied van geolandbouw, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Wageningen UR), Lelystad, Nederland, Februari 2008.
- Van der Sluis, W. 2007. Intensive poultry production. *World poultry* Vol. 23, n° 12: 28-30.
- Weimann G. 1985. Energy Saving in Film Greenhouses, *Acta Horticulture* 170, 147-152.
- Wężyk S., 2004. Poultry waste-threat or opportunity. (In Polish: Odchody drobiowe-zagrozenie czy szansa). *Polskie Drobiarstwo*, 1, 40-43.
- Yamada K., Xu H. 2000. Properties and applications of an organic fertilizer inoculated with Effective Microorganisms. The Haworth Press, Inc. p. 255-268.
- Ziegler Th., Mellmann J., Jubaer H., Weigler F. 2012. Developments towards energy efficiency in agricultural drying. International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng 2012, Valencia, Spain, 8-12 July 2012.
- Ziętara W. 2009. Tendencies in Changes of Milk Production in Poland. (In Polish: Tendencje zmian w produkcji mleka w Polsce). *Annuals of Agricultural Sciences-Roczniki Nauk Rolniczych, Seria G*, 96(1): 27-35.
- Zehetmeier M., Baudracco J., Hoffmann H., Heißenhuber A. 2011. Does increasing milk yield per cow reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* 6: 154-166.