



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Authors' contribution/
Wkład autorów:
A. Study design/
Zaplanowanie badań
B. Data collection/
Zebranie danych
C. Statistical analysis/
Analiza statystyczna
D. Data interpretation/
Interpretacja danych
E. Manuscript preparation/
Przygotowanie tekstu
F. Literature search/
Opracowanie
piśmiennictwa
G. Funds collection/
Pozyskanie funduszy

ORIGINAL ARTICLE

JEL code: Q14, Q16

Submitted:
July 2022

Accepted:
July 2022

Tables: 2
Figures: 2
References: 14

ORYGINALNY ARTYKUŁ
NAUKOWY

Klasyfikacja JEL: Q14, Q16

Zgłoszony:
lipiec 2022

Zaakceptowany:
lipiec 2022

Tabele: 2
Rysunki: 2
Literatura: 14

COMPARISON OF THE RETURN ON INVESTMENT OF TWO ENERGY PRODUCTION COMPANIES IN HUNGARY USING DIFFERENT BIOMASS-BASED TECHNOLOGIES

PORÓWNANIE ZWROTU Z INWESTYCJI W DWÓCH PODMIOTACH PRODUKUJĄCYCH ENERGIĘ NA WĘGRZECH, KTÓRE KORZYSTAJĄ Z ODMIENNYCH TECHNOLOGII OPARTYCH NA BIOMASIE

Zsuzsanna Deak^{(A,B,D,E,F)1}

¹ Faculty of Business and Management, Institute of Enterprise Development and Info-communications, Óbuda University, Budapest, Hungary

¹ Wydział Biznesu i Zarządzania, Instytut Rozwoju Przedsiębiorczości i Informacji, Uniwersytet Óbuda, Budapeszt, Węgry

Citation:

Deak, Z., (2022). Comparison of the return on investment of two energy production companies in Hungary using different biomass-based technologies / Porównanie zwrotu z inwestycji w dwóch podmiotach produkujących energię na Węgrzech, które korzystają z odmiennych technologii opartych na biomacie. *Economic and Regional Studies*, 15(3), 398-408. <https://doi.org/10.2478/ers-2022-0027>

Guest Editor dr. hab. Joanna Rakowska, Institute of Economics and Finance, Warsaw University of Life Sciences (SGGW), Poland

Abstract

Subject and purpose of work: Using renewable organic material for energy generation exhibits an increasing trend globally, also in Hungary. The aim of the Renewable Energy Action Plan of the European Union is to increase the share of energy production from renewable resources to 32% by 2030. At present, renewable energy sources represent 10.2% of Hungary's primary energy consumption.

Materials and methods: This study has examined the financial feasibility of two companies in Kunság region in Hungary that participate in the renewable energy production market with different types of technologies, that of a biogas facility and a short rotation energy forest plantation. As financial incentives for the establishment and propagation of bioenergy producing enterprises are offered both in the EU and Hungary, calculations are presented both with and without subsidies.

Results: The results show that regardless of the production method, without subsidies, none of the businesses could make a profit in the period under review.

Conclusions: The main reasons behind unprofitable operations are the initial high capital outlay, high logistics costs, immature technological solutions and suppressed purchasing prices.

Key words: energy, biomass, financial feasibility, Hungary

Streszczenie

Przedmiot i cel opracowania: W produkcji energii na całym świecie, również na Węgrzech, coraz częściej wykorzystuje się odnawialne surowce organiczne. Celem planu działania Unii Europejskiej w zakresie energii ze źródeł odnawialnych jest zwiększenie udziału surowców odnawialnych w produkcji energii do poziomu 32% do roku 2030. Udział energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii pierwotnej na Węgrzech wynosi obecnie 10,2%.

Address for correspondence/ Adres korespondencyjny: Zsuzsanna Deak, PhD (ORCID 0000-0001-5074-6765) Institute of Enterprise Development and Infocommunications, Óbuda University, Budapest, Bécsi út 96/B, 1034 Hungary; phone: +36 1 666 5603; e-mail: deak.zsuzsanna@uni-obuda.hu

Journal included in: ERIH PLUS; AgEcon Search; AGRO; Arianta; Baidu Scholar; BazEkon; Cabell's Whitelist; CNKI Scholar; CNPIEC - cnpLINKer; EBSCO Discovery Service; EBSCO-CEEAS; EuroPub; Google Scholar; Index Copernicus ICV 2017-2020: 100,00; J-Gate; KESLI-NDSL; MyScienceWork; Naver Academic; Naviga (Softweco); Polish Ministry of Science and Higher Education 2021: 20 points; Primo Central; QOAM; ReadCube; Semantic Scholar; Summon (ProQuest); TDNet; WanFang Data; WorldCat.

Copyright: © The Authors, 2022. **Publisher:** John Paul II University of Applied Sciences in Biala Podlaska, Poland.

Materiały i metody: W tym opracowaniu przedstawiono analizę rentowności dwóch przedsiębiorstw z sektora produkcji energii ze źródeł odnawialnych, zlokalizowanych w regionie Kunság na Węgrzech, które korzystają z odmiennych typów technologii: biogazowni i uprawy plantacyjnej drzew szybkorosnących (uprawy o krótkiej rotacji). Zarówno Unia Europejska, jak i Węgry oferują zachęty finansowe, które mają zachęcać inwestorów do zakładania przedsiębiorstw energetycznych wytwarzających bioenergię i wspomagać ich działalność, w związku z tym przygotowano wyliczenia z uwzględnieniem i z pominięciem tego typu dotacji.

Wyniki: Wyniki wskazują, że w analizowanym okresie żadne z analizowanych przedsiębiorstw nie było w stanie osiągnąć zysków bez dopłat, bez względu na stosowaną metodę produkcji.

Wnioski: Głównymi przyczynami nierentowności tego typu przedsiębiorstw są wysokie początkowe nakłady kapitałowe, wysokie koszty logistyczne, niedojrzałe rozwiązania technologiczne oraz zaniżone ceny zakupu energii.

Słowa kluczowe: energia, biomasa, rentowność, Węgry

Introduction

Renewable energy sources (RES) represented 10.2% of Hungary's primary energy consumption in 2021. RES usage has actually been decreasing in the last decade, the peak being in 2013 with 16.2% (Figure 1). The goal of the Renewable Energy Action Plan is to increase the share of energy production from renewables to 32% by 2030 (European Commission, 2022).

Wstęp

W 2021 r. udział energii ze źródeł odnawialnych (OZE) w zużyciu energii pierwotnej na Węgrzech wyniósł 10,2%. W ostatniej dekadzie odnotowano spadek udziału OZE w końcowym zużyciu energii, a szczytowy udział OZE w całkowitym zużyciu energii (16,2%) odnotowano w 2013 r. (Ryc. 1). Celem planu działania Unii Europejskiej w zakresie energii ze źródeł odnawialnych jest zwiększenie udziału surowców odnawialnych w produkcji energii do poziomu 32% do roku 2030 (Komisja Europejska, 2022).

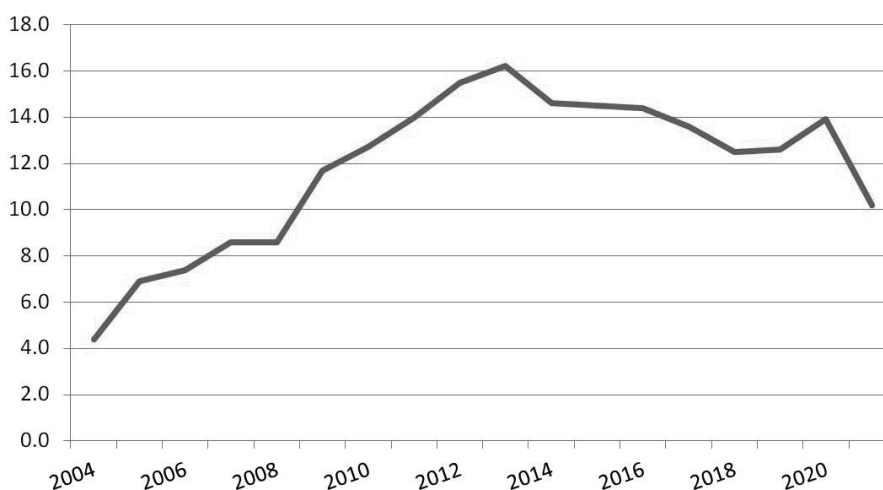


Figure 1. Share of renewable energy sources in gross final energy consumption in Hungary [%]

Rysunek 1. Udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto na Węgrzech [%]

Source: Own figure based on KSH data.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych KSH.

The country's primary renewable energy source is biomass, providing nearly 70% of all renewable energies (Hungarian Statistical Office, KSH, 2020). The total biomass resource available in Hungary is estimated to be about 350 - 360 million tons, of which 105-110 million tons is primary biomass obtained from annually regenerating vegetation (Szabó, 2016). An estimated 70% of the renewable energy sources is utilized for heat and only 17% for electric power production while the rest is used in transportation (Eurostat, 2020). In comparison, in Poland, the analysis of energy from renewable sources reveals

Podstawowym źródłem energii ze źródeł odnawialnych na Węgrzech jest biomasa, która stanowi blisko 70% wszystkich odnawialnych źródeł energii (Węgierski Urząd Statystyczny, KSH, 2020). Całkowity zasób biomasy dostępny na Węgrzech szacuje się na około 350-360 milionów ton, z czego 105-110 milionów ton to biomasa pierwotna pozyskiwana z corocznie odnawiającej się roślinności (Szabó, 2016). Według szacunkowych danych 70% źródeł energii ze źródeł odnawialnych wykorzystuje się do ogrzewania, a zaledwie 17% do produkcji energii elektrycznej; resztę wykorzystuje się w transporcie (Eurostat,

that solid biomass, used primarily for the generation of heating and electrical energy, has been the most important resource only up to the early 2010s, its share has, however, been decreasing and the highest growth rate has happened in solar energy (583.3%) (Gradziuk and Gradziuk, 2020). Hungary is following this trend with a five year lag, solar slowly outpacing biomass in electricity production as a result in changes of the government subsidy system.

Bioenergy is defined as any energy gained from the conversion of biomass. It can be used directly as fuel, or converted into liquids and gases. In the first instance, biomass, primarily dendromass, is incinerated in dedicated power plants whilst in the second case biogas is manufactured from agricultural by-products, municipal organic waste or sewage sludge which is then applied in generating electricity or in-house heating. Liquid biogas can also be used after further cleaning in CNG powered vehicles or in gas grids.

Energy plantations are one of the most prominent bioenergy resource. Short rotation energy plantations' area (a.k.a. short rotation coppice, SRC) has been growing steadily in Hungary for several years, however due to changes in regulations this increase has stalled since 2018. The National Food Chain Safety Office (NÉBIH) in 2012 estimated their area to be 2080 hectares and in 2015 it has increased to 3268 hectares. By 2018 it has reached 4380 ha which has decreased to 4351 hectares in 2019 (NÉBIH, 2019). According to the study of Marosvölgyi (2004) the main features of energy plantations are high plant density (8-15 thsd units/ha), a lifespan comparable to a biopower station (approx. 20 years), usually it is harvested in every 3-4 years, even for locations with special conditions there are suitable species, due to the number of different species habitat-specific technology is required, harvesting is feasible up to 5-6 times during their lifecycle and about 150-250 GJ/ha/year energy output can be realized. As stated by Vágvölgyi and Czupy (2015), in Hungary the biggest areas are taken up by poplar (*Populus sp.*) (76%), willow (*Salix sp.*) (5%) and black locust (*Robinia pseudoacacia L.*) (9%). Experiments carried out with several tree species prove that yields of 11-20 tons/ha could be achieved annually, with which 185-330 GJ / ha energy could be generated. The cost of producing and propagating these crops depends highly on the local agro-ecological situation, the circumstances of their cultivation and also the closeness of producers to the markets.

Biogas is a broadly used energy source that can replace natural gas or can be used for producing electricity and heat or even as motor fuel. One m³ biogas redeems approx. 1.1-1.3 kg of greenhouse gas (GHG) (Hajdu, 2012). At the moment biogas utilization in Hungary is lagging behind the EU average as

2020). Dla porównania, w analizie wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych w Polsce wykazano, że biopaliwo stałe, wykorzystywane głównie do produkcji energii cieplnej i elektrycznej, zyskało status najważniejszego surowca dopiero do początku 2010 r., jednak jego udział zasadniczo maleje, a największy wzrost udziału dotyczy energii słonecznej (583,3%) (Gradziuk i Gradziuk, 2020). Węgry podążają za tym trendem, ale z pięcioletnim opóźnieniem; pod wpływem zmian w systemie dotacji rządowych energia słoneczna powoli wyprzedza biomasę w produkcji energii elektrycznej.

Bioenergię definiuje się jako każdą energię uzyskaną z przekształcenia biomasy. Bioenergię można wykorzystać bezpośrednio jako paliwo lub przekształcić ją w ciecz i gazy. W pierwszym przypadku w dedykowanych elektrowniach spala się biomasę, przede wszystkim dendromasę, natomiast w drugim przypadku biogaz wytwarza się z rolniczych produktów pochodnych, komunalnych odpadów organicznych lub osadów ściekowych, a następnie wykorzystuje do wytwarzania energii elektrycznej lub ogrzewania budynków. Biogaz płynny, po dalszym oczyszczeniu, można też stosować w pojazdach zasilanych CNG lub w sieciach gazowych.

Jednym z najważniejszych surowców bioenergetycznych są uprawy roślin do celów energetycznych. Od kilku lat na Węgrzech stale rośnie powierzchnia plantacji roślin o krótkiej rotacji wykorzystywanych do celów energetycznych (tzw. zagajników o krótkiej rotacji, SRC), jednak wzrost ten został zahamowany ze względu na zmiany w przepisach wprowadzone w 2018 r. Według szacunków Krajowego Biura Bezpieczeństwa Łańcucha Żywnościowego (NÉBIH) uprawy do celów energetycznych zajmowały 2080 hektarów w 2012 r., a w 2015 r. ich obszar zwiększył się do 3268 hektarów. Do 2018 r. osiągnął 4380 ha, a w 2019 r. zmniejszył się do 4351 ha (NÉBIH, 2019). Według badań Marosvölgyi (2004) uprawy roślin do celów energetycznych charakteryzują się wysokim zagęszczeniem roślin (8-15 tys. jednostek/ha) i żywotnością porównywalną z bioelektrownią (ok. 20 lat); zbiory odbywają się zwykle co 3-4 lata; dostępne są gatunki, które można uprawiać nawet w lokalizacjach, w których panują szczególnie wymagające warunki; ponadto ze względu na różnorodność gatunkową wymagana jest technologia swoista dla siedliska, a w ciągu cyklu życia rośliny można uzyskać 5-6 zbiorów, by pozyskać rocznie około 150-250 GJ energii/ha. Jak podają Vágvölgyi i Czupy (2015), na Węgrzech największe powierzchnie upraw do celów energetycznych zajmują topola (*Populus sp.*) (76%), wierzba (*Salix sp.*) (5%) oraz robinia akacja (*Robinia pseudoacacia L.*) (9%). Eksperymenty przeprowadzone z kilkoma gatunkami drzew dowodzą, że plony rzędu 11-20 ton/ha rocznie umożliwią pozyskanie 185-330 GJ energii/ha. Koszty produkcji i kultury

primary biogas energy consumption in Hungary is 3.1 toe/1000 inhabitants whereas the EU level is 16.7 toe (Euroobserver, 2020). Combined heat and power (CHP), also known as co-generation system, generates thermal energy and electricity in a single, integrated system. In Hungary, currently there are 76 biogas production plants using agricultural byproducts for cogeneration. Looking at the number of plants, in terms of how many is also capable of biogas purification (so called upgrade facilities that can prepare gas – biomethane - that is also suitable for gas supply mains or vehicle fuel) currently, there are only two such sites in Hungary but only one of them is feeding into the gas grid, even though 74.9% of Hungarian houses is connected to the gas distribution network (Scarlat et al., 2018). Utilization degree of modern cogeneration generator is up to 90 percent, where electric energy production has a share of 35%, and thermal energy has a share of 65% (Cvetković et al., 2012). In digesters operating only on slurry, out of 1 ton of substrate 50-70 m³ of biogas is produced. If silo is also mixed into the substrate, yields can reach 150 to 160 m³/t, if in addition high fat and protein enriched food waste is added to the substrate the yield may exceed 200 m³/t (Hajdu, 2012).

Materials and methods

The study examines two SMEs within the Kunság region in Hungary participating in the renewable energy production market with different types of technologies: a biogas facility and a short rotation energy forest plantation (Figure 2).

tych upraw zależą w dużej mierze od lokalnej sytuacji agrokologicznej, warunków uprawy, a także bliskości rynków zbytu.

Biogaz jest szeroko rozpowszechnionym źródłem energii, które może zastąpić gaz ziemny lub może być wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepła, a nawet jako paliwo silnikowe. Jeden metr sześcienny biogazu generuje około 1,1-1,3 kg gazów cieplarnianych (GHG) (Hajdu, 2012). Obecny poziom wykorzystania biogazu na Węgrzech pozostaje daleko w tyle za średnią unijną: zużycie energii pierwotnej z biogazu na Węgrzech wynosi 3,1 toe/1000 mieszkańców, podczas gdy średnia unijna wynosi 16,7 toe (Euroobserver, 2020). Kogeneracja (CHP), inaczej system kogeneracyjny, wytwarza energię cieplną i elektryczną w jednym, zintegrowanym systemie. Na Węgrzech działa obecnie 76 biogazowni wykorzystujących do kogeneracji rolnicze produkty pochodne. Obecnie na Węgrzech działają jedynie dwie instalacje zdolne do oczyszczania biogazu (tzw. instalacje uszlachetniające, które mogą przygotowywać gaz – biometan – do wykorzystywania w sieciach gazowych lub jako paliwo do pojazdów), ale tylko jedna z nich zasila sieć gazową, mimo że aż 74,9% domów na Węgrzech jest podłączonych do sieci dystrybucji gazu (Scarlat et al., 2018). Stopień wykorzystania nowoczesnego generatora kogeneracyjnego wynosi do 90%, przy czym udział produkcji energii elektrycznej wynosi 35%, a energii cieplej – 65% (Cvetković et al., 2012). W komorach fermentacyjnych pracujących wyłącznie na gnojowicy z 1 tony podłoża można pozyskać 50-70 m³ biogazu. Jeśli surowiec ten miesza się z podłożem, uzysk może sięgnąć 150-160 m³/t, a jeśli dodatkowo do podłoża dodawane są odpady żywnościowe o wysokiej zawartości tłuszczu i białka, uzysk energetyczny może przekroczyć 200 m³/t (Hajdu, 2012).

Materiały i metody

W tym opracowaniu analizowano działalność dwóch MŚP z sektora produkcji energii ze źródeł odnawialnych zlokalizowanych w regionie Kunság na Węgrzech, które korzystają z odmiennych typów technologii: biogazowni i uprawy plantacyjnej drzew szybkorosnących (uprawy o krótkiej rotacji) (Ryc. 2).

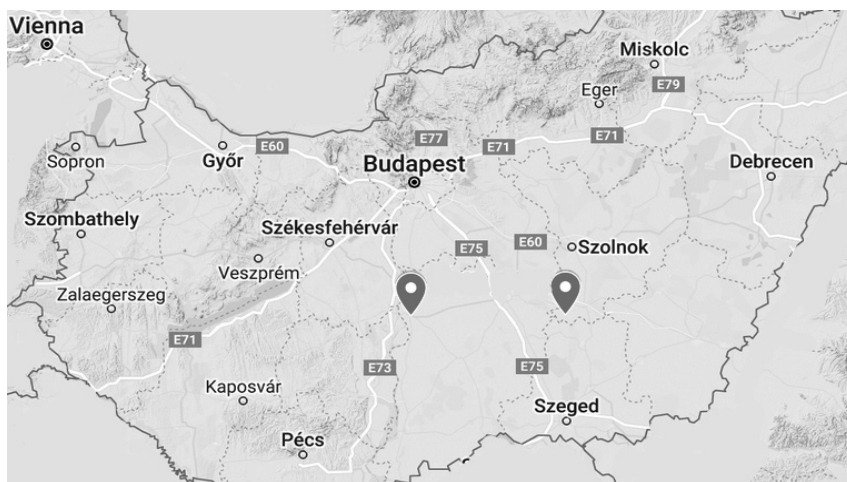


Figure 2. Location of companies within Hungary
Rysunek 2. Lokalizacje przedsiębiorstw na Węgrzech

Source: Google maps.
 Źródło: Mapy Google.

Both facilities were built on already working agricultural farms with the clear purpose of providing supplementary income flows to the entrepreneurs and building on synergies with the existing processes. Annual profit margins and repayment periods for both facilities were calculated. In order to calculate the profitability of the biogas plant, the costs of plant construction, annual operating costs and the revenues from selling electric, heat energy and liquid manure were taken into account. In the case of the energy plantation, initial capital layout of setting up the plantation and buying specialized equipment, yearly maintenance and harvesting expenditures and income from the sale of energy woods are included. Since renewable energy production is highly subsidized, calculations are shown both with and without subsidies.

Results and discussion

Biogas company

The company submitted an application in 2011 within the framework of the Environmental and Energy Operational Program (KEOP) to build a biogas power plant using mesophilic fermentation technology with 637 kW electric capacity. The non-repayable grant received by the company for the investment was 2.5 million Euros. In addition to the non-repayable grant, a preferential bank loan – a loan construction tied to a 0% central bank rate, not exceeding 10 years – was also necessary to realize the investment. Although, the project is being run as a separate company it is based on an existing agricultural farm which provides the biomass for the substrate and purchases heat and bio-manure from the facility.

Oba zakłady powstały przy działających gospodarstwach rolnych, z wyraźnym zamiarem uzyskania przepływów dodatkowych dochodów i budowania synergii z istniejącymi procesami. W obu zakładach obliczono roczne marże zysku i okresy spłaty. W obliczeniach rentowności biogazowni uwzględniono koszty budowy instalacji, roczne koszty eksploatacji oraz przychody ze sprzedaży energii elektrycznej, ciepłej i płynnej gnojowicy. W przypadku upraw drzew do celów energetycznych uwzględniono początkowy rozkład kapitału podczas zakładania uprawy i zakupu specjalistycznego sprzętu, roczne wydatki na utrzymanie uprawy i zbiory oraz dochody ze sprzedaży drewna do celów energetycznych. Ze względu to, że produkcja energii ze źródeł odnawialnych jest w wysokim stopniu subsydiowana, obliczenia przedstawiono zarówno z uwzględnieniem i z pominięciem dotacji.

Wyniki i omówienie

Przedsiębiorstwo specjalizujące się w produkcji biogazu

W 2011 r. firma złożyła w ramach programu operacyjnego na rzecz efektywności energetycznej i środowiska (KEOP) wniosek dotyczący budowy elektrowni biogazowej w technologii fermentacji mezofilnej o mocy energii elektrycznej 637 kW. Przyznano 2,5 mln euro bezzwrotnej dotacji na realizację tej inwestycji. W uzupełnieniu bezzwrotnej dotacji przedsiębiorstwo pozyskało również preferencyjny kredyt bankowy powiązany z 0% stopą referencyjną banku centralnego, z okresem spłaty nieprzekraczającym 10 lat. Choć inwestycja jest realizowana w ramach odrębnej spółki, zakład de facto działa przy istniejącym gospodarstwie rolnym, które dostarcza biomasę do podłoża oraz nabywa wytwarzaną energię cieplną i bioobornik.

During normal operations approximately 7100 hours of production can be ensured (excluding deep valley periods and maintenance) during which 4493 MWh of electricity can be generated annually which, apart from the plants own consumption, is fed into the local power grid and MAVIR (Hungarian Electricity Transmission System Operator) takes it through the compulsory feed-in system. In addition, approximately 4800 MWh of thermal energy is also generated annually, a quarter of which is used for heating the technology itself (digester and secondary-digester) and supporting infrastructure. The remaining heat is purchased by the partner farm, where it is used for heating the livestock facilities and offices. Utilizing the resulting "green heat" the project redeems 137 000 m³ natural gas used for heating annually, thus contributing to the achievement of environmental and energy efficiency goals. The biogas plant additionally produces 22 430 tons of nutrient-rich slurry annually. This bio-manure is replaces over 146 tons of fertilizer used in the surrounding farm areas for the purpose of soil nutrient replenishment, significantly reducing the burden on the environment.

On the cost side no substantial price increase was observable in the agricultural by-products purchased from the partner farm for the period observed. Average substrate cost moved around 0.05-0.06 €/kWh and the average sales price around 0.11-0.12 €/kWh. Purchase prices were influenced by plant performance efficiency. Additional revenues were realized through selling heat energy of 1.3 million GJ, and bio-manure of 19744 m³ to the agricultural farm. Sales prices here have shown no significant changes over the years, either. The proportion of extraordinary income, that is the amount of subsidies, represented 19% of the total revenues. Calculations can be seen in Table 1.

W ramach standardowej eksploatacji zakład może zapewnić około 7100 godzin produkcji (z wyłączeniem okresów przestoju i konserwacji), podczas których rocznie można wytworzyć 4493 MWh energii elektrycznej, która – z wyłączeniem zużycia na potrzeby własne – jest dostarczana do lokalnej sieci energetycznej, a MAVIR (Węgierski Operator Systemu Przesyłowego Energii Elektrycznej) włącza tę energię do systemu taryf gwarantowanych. Rocznie zakład wytwarza również około 4800 MWh energii cieplnej, z czego jedną czwartą wykorzystuje się do ogrzewania samej technologii (komory fermentacyjnej i wtórnej komory fermentacyjnej) oraz infrastruktury pomocniczej. Pozostałą energią ciepłą nabywa partnerskie gospodarstwo rolne i wykorzystuje je do ogrzewania pomieszczeń inwentarskich i biur. Wykorzystując powstałe w ten sposób „zielone ciepło”, w ramach projektu oszczędza się rocznie 137 000 m³ gazu ziemnego wykorzystywanego do ogrzewania, co przyczynia się do osiągnięcia celów w zakresie ochrony środowiska i efektywności energetycznej. Biogazownia dodatkowo produkuje rocznie 22 430 ton bogatej w składniki odżywcze gnojowicy. Bioobornik zastępuje ponad 146 ton nawozu wykorzystywanego na okolicznych terenach rolniczych w celu uzupełnienia składników odżywczych w glebie, co znacznie zmniejsza obciążenie środowiska.

Po stronie kosztów w badanym okresie nie obserwowano znaczącego wzrostu cen rolniczych produktów pochodnych zakupionych z gospodarstwa partnerskiego. Średni koszt podłoża wyniósł około 0,05-0,06 €/kWh, a średnia cena sprzedaży około 0,11-0,12 €/kWh. Na ceny zakupu miała wpływ wydajność zakładu. Dodatkowe przychody zrealizowano poprzez sprzedaż 1,3 mln GJ energii cieplnej oraz 19744 m³ bionawozu do gospodarstwa rolnego. Ceny sprzedaży również nie wykazały znaczących zmian na przestrzeni lat. Udział dochodów nadzwyczajnych, czyli kwota dopłat, stanowił ogółem 19% przychodów. Obliczenia przedstawiono w tabeli 1.

Table 1. Costs and revenues of biogas plant with and without subsidies (in Euros)

Tabela 1. Koszty i przychody biogazowni z uwzględnieniem i z pominięciem dotacji (w euro)

Year / Rok	Costs / Koszty	with Subsidies / z dotacjami			w/o Subsidies / bez dotacji		
		Revenues / Przychody	Profits / Zyski	Cumulated / Łącznie	Revenues / Przychody	Profits / Zyski	Cumulated / Łącznie
investment / inwestycje	2 657 461			-2 657 461			-2 657 461
2012	9 533	8 916	-618	-2 658 078	6 877	-2 656	-2 660 117
2013	304 288	345 818	41 530	-2 616 548	251 218	-53 070	-2 713 187
2014	604 137	722 860	118 723	-2 497 825	585 400	-18 737	-2 731 924
2015	588 284	688 342	100 058	-2 174 320	563 179	-25 105	-2 512 640
2016	593 977	728 655	134 677	-2 060 685	602 281	8 303	-2 528 652
2017-25	593 977	728 655	134 677	-848 588	602 281	8 303	-2 453 923
2026-	593 994	603 361	9 368	3 877	603 361	9 368	-1 386 001

Source: Own calculation.

Źródło: Wyliczenia własne

As can be seen from the above, without the initial government subsidy the project would never break even. Once the government grant runs out (in year 2025), profits basically equal with the no-subsidy scenario. Previous calculations in the literature presented more favourable results. According to the research of Hajdu, biogas investments in Hungary are expected to be paid-off in 10-12-years (2012). Cvetković et al calculated even better figures with a repayment period of 3-4 yrs for biogas plants in Serbia (2012). For this project, however, to cover its annual operating cost of roughly 600 thousand Euros, a sales price of 0.15 €/kWh would be necessary, a 25% increase. To survive without subsidies, the price would have to be at least 0.18 €/kWh.

Energy Plantation

The proprietor has selected 105 hectares for the plantation at a location where economical agricultural production cannot be realized even with EU subsidies. The two available tree options were: energy willow or energy black locust (a.k.a. acacia). Cost-effective growing of the water-intensive willow was not feasible, due to the fact that the company is located in a region where the annual average rainfall is very low and the number of dry atmospheric days is very high. The black locust (*Robinia pseudoacacia*), on the other hand, is ideal due to its high drought tolerance and it grows even in bad quality sandy soils. Because of its high juvenile growth rate it provides for a quick return on investment. As it regenerates quickly, it can be reharvested in every 2-3 years. After the harvest, they leave the roots in the soil and next spring new sprigs can grow from it (this is called coppicing). Freshly harvested acacia has relatively low moisture content, of only 40-45%, thus it can be promptly utilized. Because of its excellent flammable properties it is highly demanded both by factories and larger power plants.

The main aim of the company was to generate continuous and calculable income throughout the year, even in winter, at the same time to retain and better utilize their existing human capital. Additionally, the cost of energy could be lowered, as heating the buildings with in-house produced woodchips is significantly more economical than with natural gas. Starting an energy forest plantation is tied to a license where strict criteria have to be met. The business applied for EU funding in order to reclaim 40% (57 500 Euros) of the installation expenses. Due to the fact that the focal point of the grant was to assist local businesses, the company could not use its own labor force for installation, cultivation and harvesting, in the first five years of the operation. Since planting was to be financed in advance from their own financial

Jak wynika z powyższych danych, projekt nigdy nie osiągnąłby rentowności bez początkowej dotacji rządowej. Po wyczerpaniu się dotacji rządowej (w 2025 r.) zyski zasadniczo odzwierciedlają dane ze scenariusza bez dotacji. Wcześniejsze wyliczenia przedstawione w literaturze przedmiotu były korzystniejsze. Według badań Hajdu okres zwrotu w inwestycjach biogazowych na Węgrzech wynosi 10-12 lat (2012). W badaniu Cvetković et al. wyliczono jeszcze korzystniejsze dane, z okresem zwrotu 3-4 lat dla biogazowni w Serbii (2012). Jednak w przypadku tego projektu, aby pokryć roczne koszty operacyjne w wysokości około 600 tysięcy euro, cena sprzedaży musiałaby wzrosnąć do 0,15 €/kWh, czyli o 25%. Aby zakład miał szansę funkcjonować bez dopłat, cena musiałaby wynosić co najmniej 0,18 €/kWh.

Uprawy do celów energetycznych

Wytypowano 105 hektarów z przeznaczeniem na uprawy do celów energetycznych na terenach, które nie kwalifikują się do opłacalnej produkcji rolnej nawet przy uwzględnieniu dopłat unijnych. Rozważano dwa gatunki drzew: wierzbę energetyczną lub robinie akacjową (aka akacja). Racjonalna pod względem kosztów uprawa wierzby wodochłonnej nie była możliwa ze względu na lokalizację uprawy w regionie, w którym odnotowywano bardzo niskie średnie roczne opady i bardzo wysoką liczbę dni suchych. Robinia akacjowa (*Robinia pseudoacacia*) uznano za idealny gatunek ze względu na wysoką tolerancję na suszę i wzrost nawet na glebach piaszczystych niskiej klasy. Zapewnia też szybki zwrot z inwestycji ze względu na wysokie tempo wzrostu młodych osobników. Szybko się regeneruje, więc zbiory mogą odbywać się co 2-3 lata. Po zbiorach w glebie pozostawiają korzenie i następnej wiosny mogą z nich wyrosnąć nowe gałązki (tzw. zagajnik). Świeżo zebrana akacja charakteryzuje się stosunkowo niską zawartością wilgoci na poziomie zaledwie 40-45%, dzięki czemu można ją szybko utylizować. Ze względu na doskonałe właściwości palne jest materiałem wysoce pożądanym zarówno przez zakłady produkcyjne, jak i większe elektrownie.

Głównym celem przedsiębiorstwa było generowanie stałych i przewidywalnych przychodów przez cały rok, nawet zimą, przy jednoczesnym zachowaniu i lepszym wykorzystaniu istniejącego kapitału ludzkiego. Dodatkowo można było obniżyć koszty energii, ponieważ ogrzewanie budynków wiórami drzewnymi z własnej produkcji jest znacznie bardziej opłacalne niż gazem ziemnym. Założenie uprawy leśnej do celów energetycznych wymaga uzyskania koncesji, którą nadaje się po spełnieniu ściśle określonych kryteriów. Przedsiębiorstwo złożyło wniosek o dofinansowanie z UE pokrywające 40% (57 500 euro) kosztów instalacji. Dotacje przyznawano jako

resources, it was executed in three rounds. In the first year, they planted 20.5 hectares, in the second year 62 hectares, followed by 22.5 hectares in the last year.

Due to its hardness and high density, harvesting of black locust trees presently does not have a workable technology. Willow trees are easily harvested utilizing a special adapter, however, for acacia the harvester can only work with sufficient functionality if the number of blades is reduced, which increases the size of the chips causing problems during sale. Contractors prefer not to harvest mature acacia trees as their pay-out is based on per hectares harvested and their machinery could be drastically depreciated due to extreme usage. As for junior plantations, the per-hectare harvest cost of €400-450 is not financially feasible for the entrepreneur, as yields are only approximately 13-16 t/ha which do not cover combined costs. The company produces type G30-G50 chips that can be marketed both to factories or power plants and to individual buyers. This is only practical, however, if the buyer is within 50 kilometres, or if terms of payment are ex works.

The largest source of revenue is from area-based aid which represents 59% of all revenues. This is followed by revenues from sales (21%) and planting support (20%). In 2013, as a result of a successful application, the company won 50% support for a new, specialized harvester machine with which production became cheaper. As subsidies are calculated in Euros, an important factor is the HUF / EUR exchange rate. In the 2020 financial year, for example, total aid per hectare increased by close to 8% because of favourable exchange rates. Calculations can be seen in Table 2.

wsparcie lokalnych firm, więc przedsiębiorstwo nie mogło korzystać z własnej siły roboczej podczas instalacji, uprawy i zbioru w ciągu pierwszych pięciu lat działalności. Sadzenie miało być sfinansowane z góry z własnych środków finansowych, przeprowadzono je więc w trzech turach. W pierwszym roku obsadzono 20,5 ha, w drugim 62 ha, a w ostatnim roku 22,5 ha.

Jak dotąd nie opracowano żadnej technologii zbiorów robinii akacjowej ze względu na twardość drewna i dużą gęstość nasadzeń. Wierzby można w prosty sposób ścinać za pomocą specjalnego adaptera, jednak w przypadku akacji harvester może pracować efektywnie jedynie z wykorzystaniem mniejszej liczby ostrzy, co wiąże się ze zwiększeniem rozmiarów wiórów drzewnych, a to utrudnia ich późniejszą sprzedaż. Wykonawcy niechętnie realizują zbiory dojrzałych drzew akacji, ponieważ ich wynagrodzenie wylicza się z hektara, a ekstremalnie trudne warunki eksploatacji mogą wpłynąć na szybką amortyzację maszyn. W przypadku upraw młodych drzew koszt zbiorów na hektar wynoszący 400-450 euro nie jest opłacalny dla przedsiębiorcy, ponieważ plony wynoszą tylko około 13-16 t/ha i nie pokrywają całkowitych kosztów. Firma wytwarza wióry drzewne typu G30-G50, które można sprzedawać zarówno fabrykom czy elektrowniom, jak i nabywcom indywidualnym. Jest to de facto możliwe wyłącznie w przypadku nabywców w promieniu 50 kilometrów lub jeśli sprzedaż odbywa się według warunków loco fabryka (ex works).

Największym źródłem przychodów jest wsparcie przewidziane w zależności od uprawianej powierzchni (dopłaty obszarowe), które stanowi 59% łącznych przychodów. Na kolejnych miejscach plasują się przychody ze sprzedaży (21%) oraz dopłaty do nasadzeń (20%). W 2013 r. przedsiębiorstwu przyznano wsparcie na pokrycie 50% inwestycji w nową, specjalistyczną maszynę do zbiorów, dzięki której obniżono koszty produkcji. Dotacje nalicza się w euro, więc ważnym czynnikiem jest też kurs wymiany HUF/EUR. W roku rozliczeniowym 2020 całkowita wartość dopłat na hektar wzrosła o blisko 8% z powodu korzystnych kursów walut. Wyliczenia przedstawiono w tabeli 2.

Table 2. Costs and revenues of energy plantation with and without subsidies (in Euros)

Tabela 2. Koszty i przychody z upraw do celów energetycznych z uwzględnieniem i z pominięciem dotacji (w euro)

Year / Rok	Costs / Koszty	with Subsidies / z dotacjami			w/o Subsidies / bez dotacji		
		Revenues / Przychody	Profits / Zyski	Cumulated / Łącznie	Revenues / Przychody	Profits / Zyski	Cumulated / Łącznie
2009	30 278	15 186	-15 092	-15 092	0	-30 278	-30 278
2010	91 587	47 576	-44 011	-58 044	0	-91 587	-119 740
2011	56 184	39 243	-16 942	-73 401	6 655	-49 529	-166 000
2012	15 174	21 593	6 419	-69 042	0	-15 174	-185 833
2013	10 316	25 421	15 105	-53 937	0	-10 316	-196 149
2014	20 674	45 977	25 304	-28 633	20 794	120	-196 029

2015	16 442	38 655	22 213	-3 859	13 419	-3 024	-181 516
2016	16 601	38 731	22 130	18 234	13 548	-3 053	-186 326

Source: Own calculation.

Źródło: Wyliczenia własne.

In the period analysed, at the given level of subsidy, the investment has paid off in the 8th year. Yearly break-even point could only be achieved if the product was sold for at a 22.5% higher price of €40 / ton.

Conclusions

In conclusion, using black locust as SRC energy wood could be an uncertain endeavour as maintenance and harvesting expenditures are high, sales prices are depressed, and the return on investment is uncertain. As of yet, short rotation energy forest plantation technologies are not completely matured. There are a number of shortcomings and limitations that need to be resolved before they can be economically operated. Since the number of power plants that produce energy from biomass in Hungary is still inadequate, domestic market purchasing capacity for dendromass is not dependable enough. As we could see, in the period between 2009-2016 the biggest source of income in the energy forest sector originated from area-based support. Producing energy acacia under current technology and sales conditions cannot be financially viable without subsidies and could generate sizeable deficit each year.

As for biogas, licensing of biogas plants is complicated and the initial capital investment may or may not be returned within the life of the plant (depending on calculation method), even with subsidies. In Hungary, investments are encouraged by non-repayable grants while the feed-in price of green electricity is set at a low level. The grant however does not cover the whole investment, thus additional loans are also necessary, putting additional financial burdens on the entrepreneurs. In other EU countries investment is supported through the purchase price of green electricity resulting in prices that can be double of the Hungarian rate. In neighbouring Austria 0.212 €/kWh, in

Serbia it is between 0.15-0.18 €/kWh and in Italy 0.28 €/kWh (ResLegal, 2022). In Hungary the produced electricity was taken in the grid at a fixed, regulated price within the frame of the Mandatory Take-off Scheme (KÁT) which was replaced by METÁR in January of 2017. METÁR ties rates to the actual market price on top of which it offers a "green" premium. One of the most important features of the new system is the so called "brown" premium which is available specifically for small biomass-based power plants after the expiry of the KÁT scheme so that these smaller plants will not have to discontinue

W analizowanym okresie inwestycja zwróciła się w 8. roku działania, z uwzględnieniem wskazanego poziomu dotacji. Roczny próg rentowności można byłoby osiągnąć, gdyby cena sprzedaży produktu byłyby wyższa o 22,5%, czyli 40 euro/tonę.

Wnioski

Podsumowując, wykorzystanie robinii akacjowej jako drewna do celów energetycznych w SRC może być przedsięwzięciem ryzykownym ze względu na wysokie koszty utrzymania i zbioru, obniżone ceny sprzedaży i niepewny zwrot z inwestycji. Technologie upraw leśnych o krótkiej rotacji do celów energetycznych nie są jeszcze w pełni dojrzałe. Istnieje wiele niedociągnięć i ograniczeń, które należy usunąć, zanim technologie te będzie można eksploatować w sposób rentowny. Zdolności nabywcze dendromasy na rynku krajowym nie są wystarczająco stabilne ze względu na zbyt niską liczbę elektrowni produkujących energię z biomasy na Węgrzech. W latach 2009-2016 największym źródłem dochodów w energetyce opartej na uprawach leśnych były dotacje obszarowe. Uprawa akacji do celów energetycznych w obecnych warunkach technologicznych i sprzedażowych nie może być opłacalna finansowo bez dotacji i co roku może generować znaczny deficyt.

Uzyskanie licencji na prowadzenie wytwórni wytwarzającej biogaz wymaga wielu starań, a początkowa inwestycja kapitałowa może, ale nie musi zwrócić się w okresie eksploatacji biogazowni (w zależności od metody wyliczeń), nawet przy uwzględnieniu dotacji. Na Węgrzech dostępne są bezzwrotne dotacje, które zachęcają do tego typu inwestycji, ale ustala się też niskie ceny gwarantowane zielonej energii elektrycznej. Dotacja nie pokrywa kosztów całej inwestycji, dlatego potrzebne są również dodatkowe pożyczki, które dodatkowo obciążają przedsiębiorców. W innych państwach UE cena zakupu zielonej energii elektrycznej jest czynnikiem wspierającym inwestycje, zatem ceny mogą być dwukrotnie wyższe niż stawki na Węgrzech. W sąsiedniej Austrii cena zakupu (zielonej energii elektrycznej) wynosi 0,212 €/kWh, w Serbii od 0,15 do 0,18 €/kWh, we Włoszech 0,28 €/kWh (ResLegal, 2022).

Na Węgrzech wyprodukowana energia elektryczna trafia do sieci po stałej, regulowanej cenie w ramach programu obowiązkowego odbioru (KÁT), który w styczniu 2017 r. zastąpiono programem METÁR. METÁR wiąże stawki za energię z rzeczywistą ceną rynkową, do której dolicza się „zieloną” premię.

operations. Unfortunately, the brown premium amount is significantly smaller than the KÁT system was.

For both technologies just to cover yearly operating expenses, a sales price hike of about 20-25% would be needed, or they would need to achieve comparable cost reductions in production. As it has also been stated by Žmija and Czekaj (2014), although biomass has a great energy potential, the use of this type of material is restricted by its local nature, its dispersion, high level of transport costs or lack of appropriate technology. At present, bioenergy can only compete with traditional energy when considered together with all its benefits and advantages to our society. These advantages are: increasing multifunctionality of agriculture, affording improved financial stability for producers, or increasing economic proceeds and job availability for rural communities. The technology is far from mature. In addition, both the EU and Hungarian legislative background is in a constant flux. Technological progress, such as the advancement of bio-methane or bio-hydrogen, or substituting primary biomass, like forests or energy crops, with agricultural by-products and sludge or domestic waste, or connecting not only electricity but also generated heat or gas straight into the national energy grid would substantially improve the efficiency of energy consumption, decrease production expenses and furthermore would make the entire system more sustainable.

Jednym z najważniejszych elementów nowego systemu jest tak zwana „brązowa” premia, przyznawana małym elektrowniom na biomase, by umożliwić im kontynuowanie działalności po wygaśnięciu programu KÁT. Niestety stawka premii „brązowej” jest znacznie niższa niż w systemie KÁT.

Aby pokryć roczne koszty operacyjne w obu technologiach, cena sprzedaży musiałaby wzrosnąć o około 20-25%, bądź koszty produkcji musiałby spaść o porównywalną wartość. W publikacji Žmija i Czekaj (2014) stwierdza się również, że chociaż biomasa ma duży potencjał energetyczny, to wykorzystanie tego rodzaju surowca jest ograniczone między innymi ze względu na jego lokalny charakter, rozproszenie, wysokie koszty transportu i brak odpowiedniej technologii. Obecnie bioenergia może konkurować z tradycyjną energią tylko wtedy, gdy uwzględnia się wszystkie jej zalety i korzyści dla społeczeństwa, takie jak zwiększenie wielofunkcyjności rolnictwa, poprawa stabilności finansowej producentów, zwiększenie dochodów gospodarczych i dostępności miejsc pracy w społecznościach wiejskich. Nie jest to też technologia dojrzała. Ponadto stale zmieniają się przepisy, zarówno UE, jak i Węgier. Postęp technologiczny, taki jak upowszechnianie biometanu lub biowodoru, lub zastępowanie biomasy pierwotnej, takiej jak lasy lub rośliny energetyczne, rolniczymi produktami pochodnymi i osadami lub odpadami domowymi, lub włączanie nie tylko energii elektrycznej, ale także wytwarzanego ciepła lub gazu do krajowej sieci energetycznej, wpłynęłoby na znaczną poprawę wydajności zużycia energii, obniżenie kosztów produkcji, a ponadto uczyniłby cały system bardziej zrównoważonym.

References

1. Cvetković, D., Despotović M., Bojić, M. (2012). The Possibility Application of Biogas Plant. *Journal on Processing and Energy in Agriculture*, 16(3) 123-127.
2. European Commission (2022). *Renewable Energy Directive Targets and Rules*. Downloaded from: https://energy.ec.europa.eu/topics/renewable-energy/renewable-energy-directive-targets-and-rules/renewable-energy-targets_en
3. Euroobserver (2020). *Biogas Barometer*. Downloaded from: <https://www.euroobserver.org/pdf/biogas-barometer-2020/>
4. Eurostat (2020). *Short Assessment of Renewable Energy Sources*. Downloaded from: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>
5. Gradziuk, P., Gradziuk, B. (2020). Renewable Energy Sources as a Development Opportunity for Peripheral Areas. *Economic and Regional Studies*, 13(2), 184-198. <https://doi.org/10.2478/ers-2020-0013>
6. Hajdú, J. (2012). Biogázüzemek Magyarországon. *Agrárágazat*, 12(8) 118-122.
7. Hungarian Statistical Office (KSH) (2022). Share of electricity produced from renewable energy sources, Downloaded from: https://www.ksh.hu/stadat_files/ene/en/ene0012.html
8. Marosvölgyi, B. (2004). Magyarország biomassza-energetikai potenciálja. *Energiagazdálkodás*, 4(6) 16-19.
9. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉBIH) (2019). *Energetikai fásszárú faültetvények Magyarországon*. Downloaded from: http://portal.nebih.gov.hu/documents/10182/206281/Energia_erdok_201305.pdf/

10. ResLegal (2022). *Renewable energy policy database and support*. Downloaded from: <http://www.res-legal.eu/search-by-country/>
11. Scarlet N., Dallemand J-F., Fahl F. (2018). Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy*, 129(Part A) 457-472. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006> <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
12. Szabó Orsolya (2016). Természetes anyagokkal történő tápanyagutánpótlás fás szárú energetikai ültetvényekbe. Doctoral Thesis, Nyugat-Magyarországi Egyetem
13. Vágvölgyi, A., Czupy, I. (2015). *Energetikai faültetvények gépesítési gyakorlata*. In: I. Czupy (ed.), Erdészeti gépesítés-fejlesztés, p. 11-15. Sopron: Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó <https://doi.org/10.17676/HAE.2014.26.11>
14. Żmija, J., Czekaj, M. (2014). The Diversity of Farm Production as the Basis for the Development of Bio-Economy in the Malopolskie Province. *Economic and Regional Studies*, 7(4), 32-42.



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.pl>) allowing third parties to copy and redistribute the material in any medium or format and remix, transform, and build upon the material for any purpose, even commercially.