

ACTA INNOVATIONS



CENTRUM
BADAŃ I INNOWACJI
PRO - AKADEMIA
RESEARCH AND INNOVATION CENTRE

nr 12

lipiec 2014

Acta Innovations

kwartalnik

nr 12

Łódź, lipiec 2014

ISSN 2300-5599

Wersja pierwotna: czasopismo internetowe

Dostęp online: www.proakademia.eu/pl/acta-innovations

Artykuły publikowane w niniejszym czasopiśmie są recenzowane

Wydawca:

Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia

ul. Piotrkowska 238

90-360 Łódź

Redaktor Naczelny:

dr Ewa Kocharńska

Redaktor Tematyczny:

dr inż. Ryszard Gałczyński

Sekretarz Naukowy:

dr Marlena Mirosława Kowalczyk

© Copyright by Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, Łódź 2014

ACTA INNOVATIONS

nr 12

lipiec 2014

Spis treści

1. Marek Michalski, STRATEGIC MANAGEMENT OF THE POLISH ENERGY INDUSTRY AS IT IS BEING SHAPED BY GLOBAL FACTORS.....	5
2. Monika Staniszevska, SYNDROM NIMBY JAKO PRZYKŁAD KONFLIKTU SPOŁECZNEGO O CHARAKTERZE LOKALNYM	17
3. Andrzej Żarczyński, Karolina Rosiak, Piotr Anielak, Wojciech Wolf, PRAKTYCZNE METODY OCZYSZCZANIA BIOGAZU Z SIARKOWODORU. CZ. 1. ZASTOSOWANIE SORBENTÓW STAŁYCH	24
4. Magdalena Urbaniak, Anna Wyrwicka, Edyta Kiedrzyńska, Sylwia Staniak, Anna Gałązka, Wojciech Tołoczko, Grzegorz Siebielec, PROBLEMATYKA PRZYRODNICZEGO WYKORZYSTANIA KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH	36
5. Mateusz Popielas, SŁUŻEBNOŚĆ PRZESYŁU	49
6. Katarzyna Caban-Piaskowska, Magdalena Zalewska-Turzyńska, OD STRUKTURY LINIOWEJ DO MACIERZOWEJ – ANALIZA PRZYPADKU.....	55
7. Jacek Karczewski, TRANSFER WYNIKÓW BADAŃ NAUKOWYCH DO ZASTOSOWAŃ PRAKTYCZNYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH, INNOWACYJNYCH ROZWIĄZAŃ WDROŻONYCH W ENERGETYCE	62

Marek Ł. Michalski

Department of Energy Management, Faculty of Management, AGH University of Science and Technology
ul. Gramatyka 10, 30-067 Krakow, Poland, Marek.Michalski@zarz.agh.edu.pl

STRATEGIC MANAGEMENT OF THE POLISH ENERGY INDUSTRY AS IT IS BEING SHAPED BY GLOBAL FACTORS

Abstract

The Polish energy sector is shaped by a combination of regulations, especially those pertaining to environmental protection, domestic and international energy resource availability and pricing of both renewable and non-renewable resources, as well as the economics of energy exploration, transport, refining, production, distribution and final energy use. The article outlines the main global factors shaping the use of energy sources in Poland and in the world and proposes that strategic management of the Polish energy industry be based on minimizing the discounted unit social cost of final energy use as the criterion for optimizing decisions on choosing energy sources and conversion technologies.

Key words

Energy, strategic management, energy resources, renewable energy, hydrocarbons, nuclear power

Introduction

Poland's energy policy is shaped mostly by forces of supply and demand, the availability of non-renewable and renewable domestic and foreign energy resources, existing and prospective technologies related to energy production and use, as well as European Union directives and local regulations on the functioning of energy markets and environmental protection. These directives stipulate a reduction in primary energy use and greenhouse gas emissions, a lowering of the energy intensity of the economy and increasingly stringent regulations on the emissions of pollutants and a requirement to increase the use of renewable energy sources.

Figure 1 shows data compiled by the Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) on global primary energy consumption sorted by fuel and an International Energy Agency (IEA) forecast until 2035.

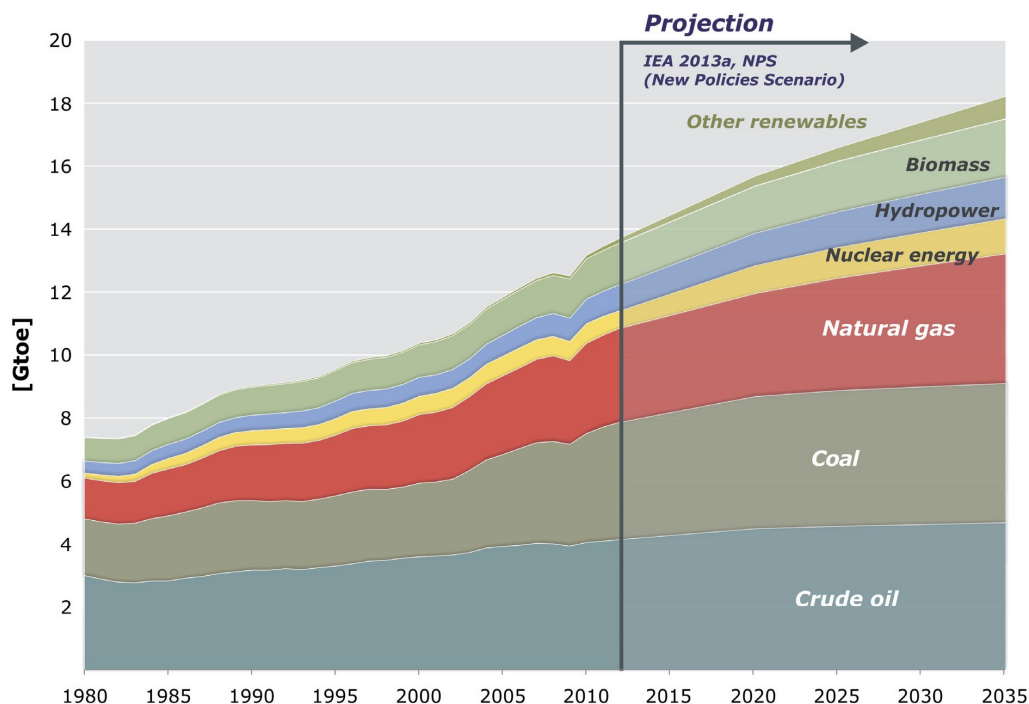


Fig. 1. Global primary energy consumption sorted by fuel and IEA forecast until 2035

Source: [1]

The data shows that global consumption of all primary energy sources is rising and is expected to continue rising. By far the largest year to year growth is expected for renewable energy sources other than hydropower, i.e. mostly solar and wind power. Nevertheless, it is noteworthy that despite the rapid growth, even in 2035, renewables will still have the smallest share of all primary energy sources, whereas fossil fuels currently account for the vast majority of global primary energy supply and it is expected that this will remain largely unchanged in 2035, mainly due to a rapid growth in fossil fuel use by developing countries.

Both historical information starting from 1965 and a BP forecast till 2035 on the shares of primary fuels in the global energy consumption developed by BP are shown in Figure 2. The most important trends are a falling share of oil, a forecast for a falling share of coal, a rise in the share of natural gas and renewables and nuclear energy maintaining its share in the energy mix. Nevertheless, it is noteworthy that looking only at the shares may be misleading. For example despite a falling share in global primary energy consumption, coal use is not expected to decrease due to an overall rise in global energy production. A comparison of the data in Figures 1 and 2 reveals that BP expects a strong rise in renewables production than BGR with the share of renewables in total primary fuel supply surpassing nuclear energy sometime in the 2020s.

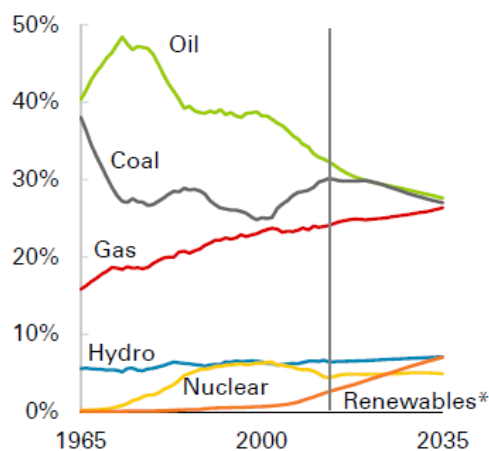


Fig. 2. Shares of primary fuel in global energy consumption
Source: [2]

Figure 3 shows that Polish energy production differs significantly from global averages. It is dominated by hard coal and lignite. Production of hard coal has fallen significantly with Poland recently turning from a major coal exporter into a net coal importer. Lignite production and natural gas production is relatively stable. The share of renewables keeps rising, whereas domestic crude oil production is relatively small.

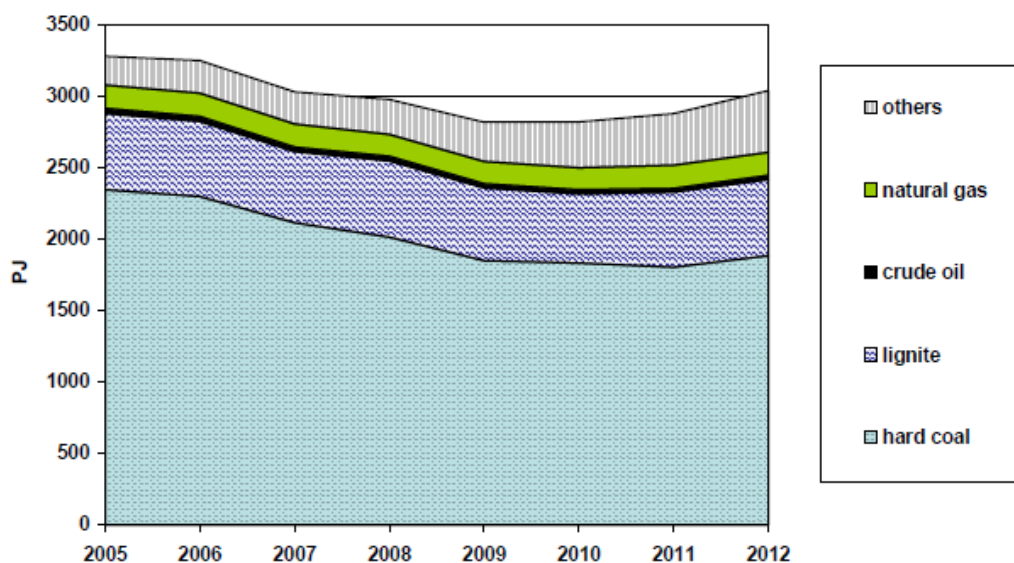


Fig. 3. Primary energy production in Poland
Source: [3]

Polish primary energy consumption shown in Figure 4 differs from production, reflecting mostly a much larger share of oil and natural gas. Poland is highly dependent on imports from one source: Russia accounts for about 80% of natural gas imports and over 90% of oil imports.

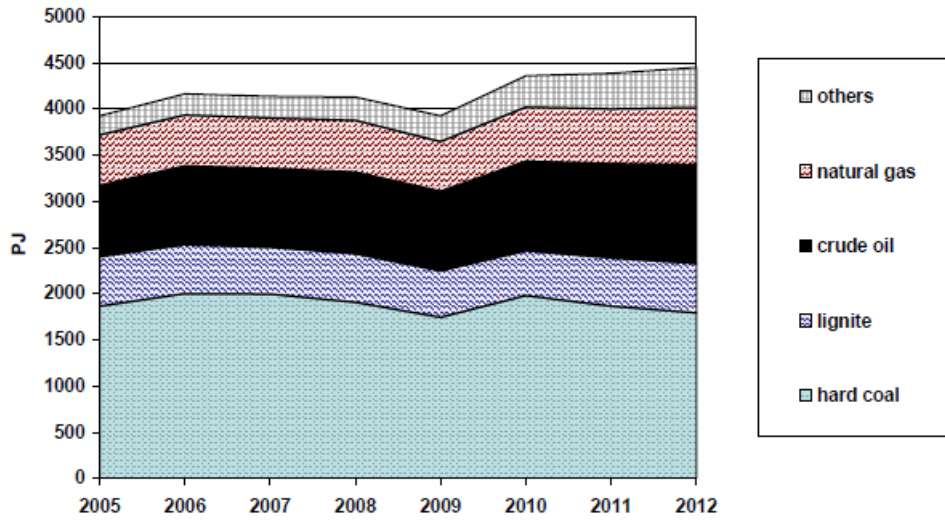


Fig. 4. Primary energy consumption in Poland

Source: [3]

The rest of the paper provides a brief overview of the ownership structure and government regulation of the energy industry with a focus on EU regulations as the most relevant to the development of the Polish energy industry. This is followed by a discussion of investment requirements for the 2014 to 2035 time period and a discussion of the hydrocarbon, nuclear and renewable resources and prospects. Finally, a criterion is proposed for the strategic management of the Polish energy industry.

Ownership structure and government regulation of the energy industry

Despite a significant pressure to establish private ownership and market mechanisms in the energy industry, most of the energy industry is owned by various levels of government. Figure 5 shows the ownership structure of global oil and gas reserves as well as existing power plants. According to the International Energy Agency (IEA), 71% of oil and gas reserves are owned by national oil companies (NOCs). World Bank estimates show an even higher share: NOCs control approximately 90 percent of world's oil reserves and 75% of production and similar numbers apply to gas, as well as many of the major oil and gas infrastructure systems. Furthermore, according to the World Bank, NOCs function as "gatekeepers" for exploitation by private oil companies (POCs) [4].

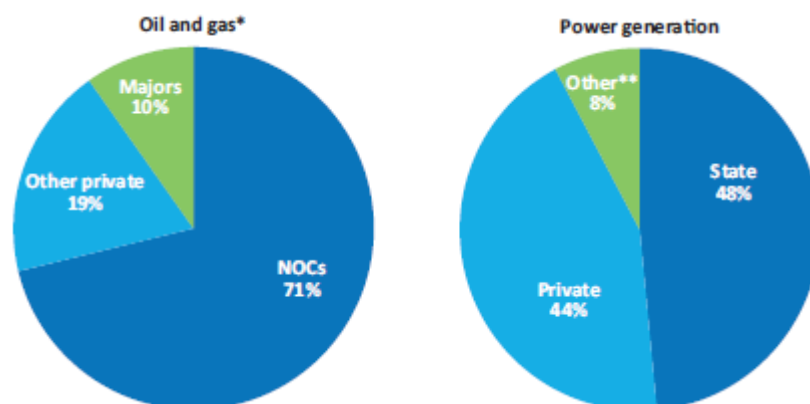


Fig. 5. Ownership structure of global oil and gas reserves and existing power plants

Note: *Oil and gas reserves include proven and probable reserves; the 7 major corporations are: BP, Chevron, ConocoPhillips, Eni, ExxonMobil, Shell and Total; ** Others include auto-producers, such as industrial plants generating their own electricity, and generation plants owned by communities and households.

Source: [5]

Seven so-called “major” energy industry corporations (namely: BP, Chevron, ConocoPhillips, Eni, ExxonMobil, Shell and Total) account for 10% of oil and gas proven and probable reserves and other private entities own the remaining 19%. Thus, the vast majority of oil and gas reserves remain under government ownership and to a large extent also direct government control, although leases to private companies on energy resource exploration are also common. The case of power generation is somewhat different with 44 percent private and 8 percent other ownership, the latter including mostly industrial auto-producers and generation owned by communities. Nevertheless, 48% of power generation remains state-owned. High state-ownership is not limited to developing countries. Highly-developed, market-based economies, such as Canada, France, Germany and Sweden, also have high levels of state and local government ownership.

There are significant pressures to introduce market-based mechanisms despite the aforementioned high levels of state and local-government ownership. The main regulations shaping Poland’s energy industry are European Union Directives. The most significant are the ones concerning common rules for the internal market in natural gas (Directive 2009/73/EC) and electricity (Directive 2009/72/EC), as well as the on the promotion of the use of energy from renewable energy sources (Directive 2009/28/EC). All of these are updates to previous directives and shape the energy market together with more detailed directives on various aspects of safety, conditions for access to transmission networks, including for imports and exports, and energy efficiency (Directive 2012/27/EU). All of these are being implemented as part of national regulations under the Polish Energy Law [6].

Directive 2009/73/EC defines rules for the functioning of the internal market in natural gas that have been progressively implemented throughout the EU since 1999 [7]. However, obstacles to a common market in natural gas remain since non-discriminatory network access does not yet exist in all member states. Furthermore, the directive notes that separation of networks from production and supply activities is not yet fully implemented and much work remains to establish effective market mechanisms. At the same time as the aforementioned directive on natural gas, the EU also introduced Directive 2009/72/EC concerning common rules for the internal market in electricity, which has likewise been progressively implemented throughout the EU since 1999. It aims to deliver a choice of supplier to all citizens and businesses. The regulation also aims to achieve efficiency gains and competitive prices, contribute to security of supply and sustainability [8]. In theory, a well-functioning electricity market should provide producers with appropriate incentives for investing in highly-efficient and low-emission production technologies. In practice, uncertainty caused by changing regulations and market conditions, especially those relating to carbon dioxide emission pricing, has created significant investment risk. Furthermore, in many cases generation capacity is outdated. The need for investment will be analyzed in more detail in a latter part of this paper.

The regulation with the largest impact on the Polish energy industry is Directive 2009/28/EC on the promotion of energy from renewable sources. This directive is the main part of the so-called “20-20-20” climate and energy package that sets the following targets for year 2020:

- A 20% reduction in EU greenhouse gas emission from 1990 levels;
- A 20% reduction in primary energy (compared to forecasts for 2020);
- A 20% share of renewable energy sources [9].

Directive 2009/28/EC makes reference to meeting the obligations agreed upon in the Kyoto Protocol. Targets are set for individual countries depending on their share of renewables in 2005, local renewable resources and level of economic development. For example the target for Poland is a 15% share of energy from renewable sources in gross final consumption of energy by 2020 – up from 7.2% in 2005 [10].

Capital investment requirements for the global energy industry

Significant investments are needed in the energy industry. Rising GDP in many parts of the world is increasing demand for various forms of energy, especially electricity. In highly developed countries nuclear reactors are nearing their design lifecycle of 40 years and will require significant investments to keep on working or will incur significant decommissioning costs. The investment costs are mostly associated with the need to meet strict safety regulations, whereas high decommissioning cost are a result of problems with long-term storage of radioactive waste.

Figure 6 shows investments in global energy supply in years 2000-2014. Electricity and oil have the largest share followed by gas. The rising investments in electricity generation are mainly caused by investments in new, relatively expensive renewable energy sources. Increasing investments in the oil sector are a result of a strong increase in the number of cars, whereas the effect of better fuel efficiency is insufficient to offset the rise in oil consumption. Overall, as easily accessible hydrocarbon resources are being depleted, the cost of exploiting deeper and technologically more challenging deposits, such as shale gas deposits, result in significantly higher investment requirements.

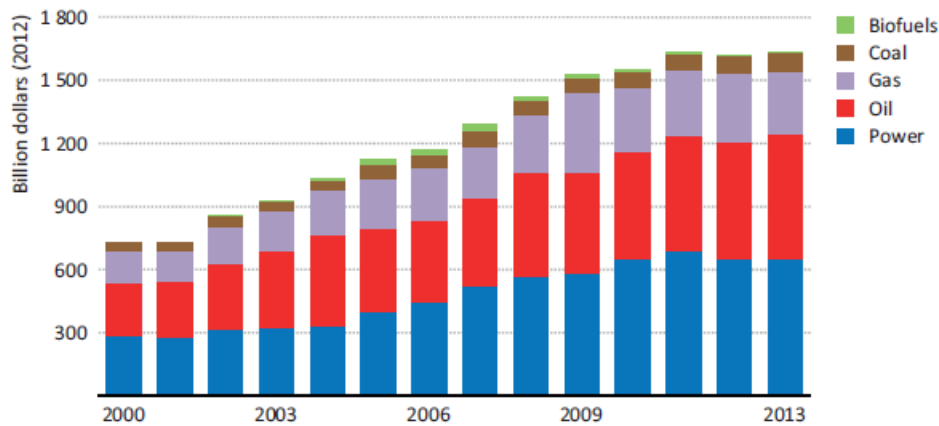


Fig. 6. Investment in global energy supply in 2000-2013

Source: [5]

Despite a rising share of renewable energy sources, especially in OECD countries, as shown in Figure 7, by far the largest share of investments in global energy supply is in conventional fossil fuels – accounting to over a trillion dollars in 2013. The investment in non-fossil fuels is only about a fifth of that, which includes both renewables and nuclear energy. A rising electricity demand in many parts of the world also necessitates steady investments in transmission and distribution (T&D) infrastructure, which was slightly smaller than for the supply of non-fossil fuels in 2013.

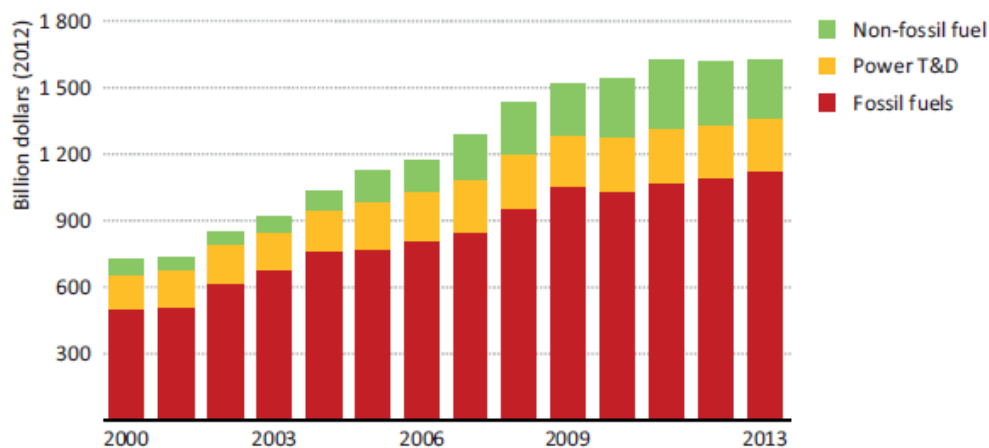


Fig. 7. Investment in global energy supply by fossil fuel, non-fossil fuel and power T&D in 2000-2013

Source: [5]

According to IEA forecasts, global cumulative investments in energy supply required in years 2014-2035 totals over 40 trillion USD. As shown in Figure 8, the largest share of these – over 16 trillion, will be in electricity generation with the biggest part of this, about 1/3 – i.e. almost 6 trillion USD, going to investments in renewable energy sources. It is noteworthy that nuclear power investment equals only about 1/5 of the investment in renewables and that the second largest part of the investment in power generation, about 5 trillion USD, will go towards building and upgrading distribution networks. Oil accounts for about 13.7 trillion USD in investments, with over 11 trillion USD going to upstream activities – mainly drilling ever deeper wells in more challenging conditions, such as on the ocean floor in rough waters steadily increasing investment costs as inexpensive resources, such as the conventional ones in the Middle East, become increasingly depleted. Gas accounts for almost 9 trillion USD in planned investments, with the majority again going to upstream activities:

searching for resources, drilling exploratory wells and finally drilling and operating wells to recover the gas. Transmission and distribution needs total almost 2 trillion USD for natural gas, excluding LNG, which, as an increasingly important way of trading gas, adds another 736 billion USD. Coal has a relatively minor cost of 1 trillion USD with most of this going to mining and biofuels account for 320 billion USD in investments.

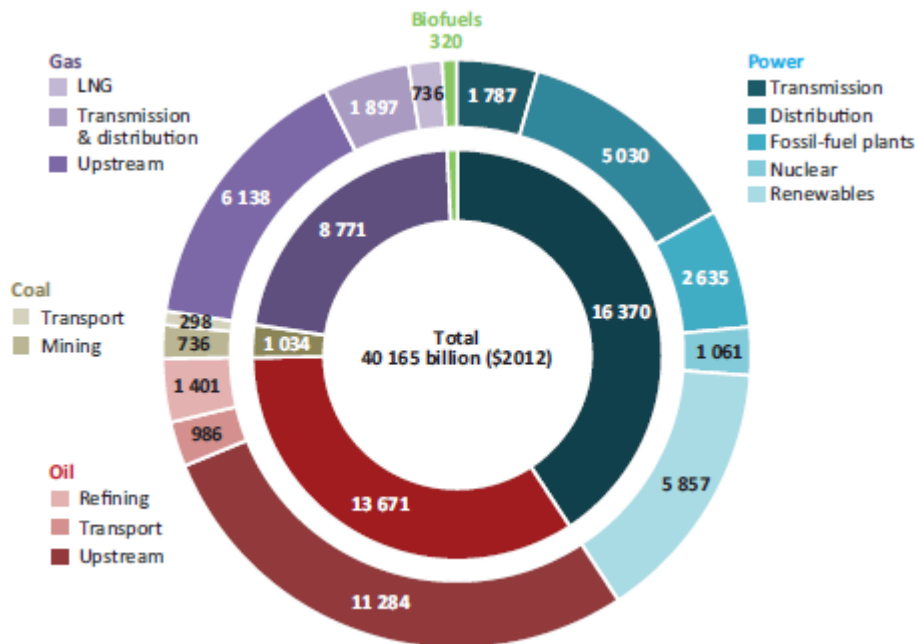


Fig. 8. IEA cumulative global energy supply investment forecast for 2014-2035
Source: [5]

Investments in energy efficiency are becoming both a supplement and a substitute for investments in energy supply. Figure 9 shows a forecast of cumulative global efficiency investments by the end-use sector for years 2014-2035. The grand total is 8 trillion USD – about 1/5 of the investment forecast for the global energy supply. Investments in transport totaling almost 5 trillion USD account for over 60 percent of cumulative investments in energy efficiency. The remaining 3 billion USD are split into about 2,3 trillion USD for improving the energy efficiency of buildings, which account for the largest share of global energy use, and over 700 billion USD for efficiency gains in both non-energy intensive (455 billion USD) and energy intensive (284 billion USD) industries.

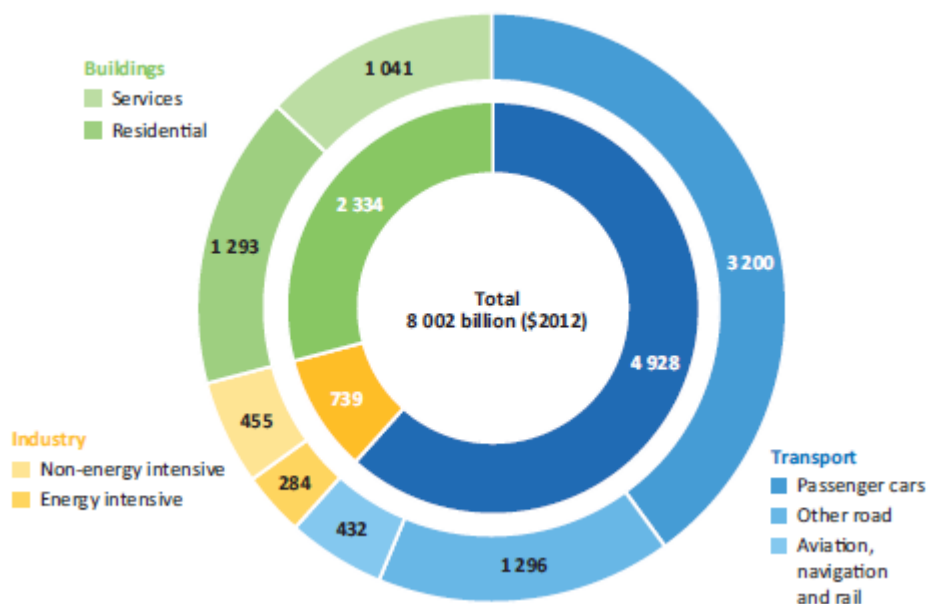


Fig. 9. IEA cumulative global energy efficiency investment by end-use sector forecast 2014-2035
Source: [5]

In Poland, investment needs are also very high. For example, over 40 percent of generating capacity is more than 30 years old and over 70 percent is more than 20 years old [11]. Domestic energy companies cite regulatory uncertainty as the main source of risk that results in insufficient investment.

Regional distribution and structure of global energy resources

As shown in Figure 10, energy resources are plentiful in the world, but they are distributed unevenly among the contingents. Upstream and transportation costs define whether it is economically feasible to recover a given resource type at a specific location.

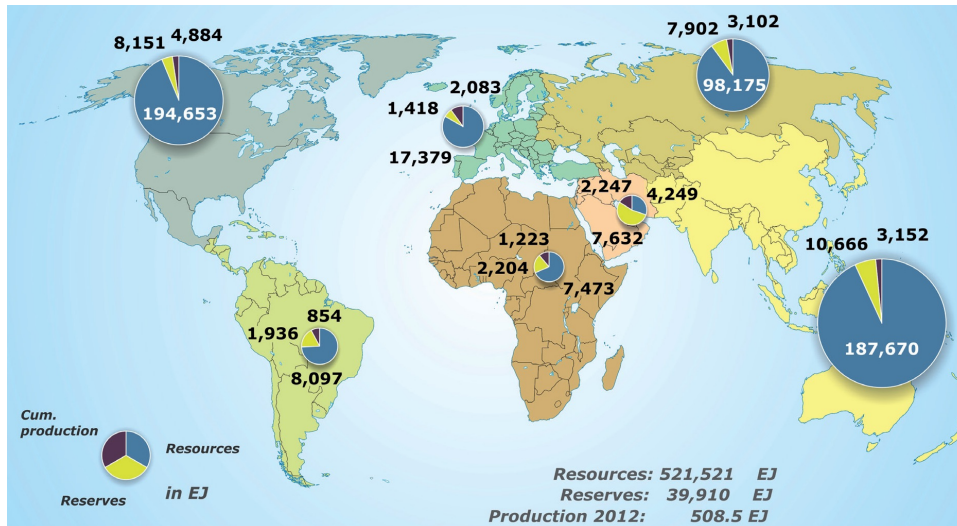


Fig. 10. Distribution of total global potential energy resources
Source: [1]

Figure 11 provides a summary of global energy consumption, production, reserves and resources by type. Fossil fuels dominate both energy consumption and production – they account for approximately 87% of energy consumption and 94% of production. At current production rates, reserves¹ would last for 78 years, whereas total resources would last over 1000 years.

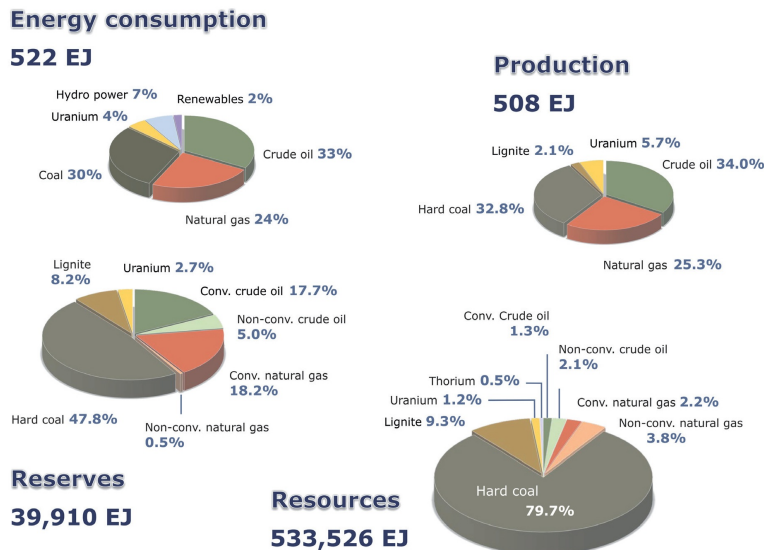


Fig. 11. Shares of global energy consumption, production, reserves and resources by energy source
Source: [1]

¹ Reserves are proven volumes of energy commodities that are economically exploitable at today's prices.

Hard coal accounts for the largest share of both reserves (48%) and resources (80%) making it an inexhaustible source of energy for the foreseeable future. Nevertheless, coal use is being limited in some advanced economies, including those of EU member states, since it is characterised by the highest level of greenhouse gas emissions – about double the amount for natural gas.

Despite continuous exploitation and thus depletion of world energy resources, the amount of documented resources is growing, not diminishing with time as a result of advances in exploration and mining technologies. Figure 12 shows that between 2000 and 2012 estimates of global resources have increased by over 20% for oil and lignite, by over 35% for natural gas, by 97% for hard coal and by 66% for lignite.

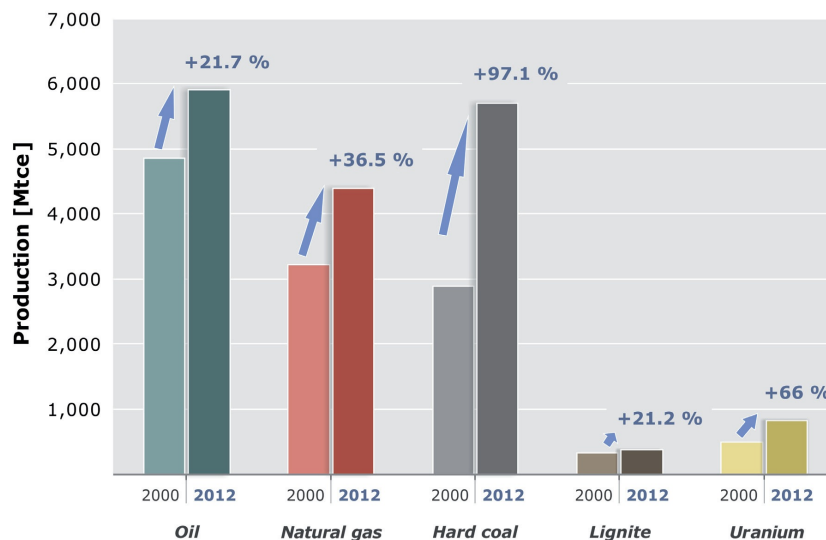


Fig. 12. Comparison of global hydrocarbon and uranium resources estimates in 2000 and in 2012

Source: [1]

Therefore, it is reasonable to assume that energy resources are not at risk of running out in the foreseeable future. However, their relative prices and thus consumption structure is likely to change as a result of technological advances in upstream and downstream processes as well as final consumption and changes to regulations with respect to environmental protection. This is especially true for the most abundant fossil fuel – coal, whose world consumption continues to rise, but its share in world primary energy supply is falling and expected to keep falling as shown in figure 13.

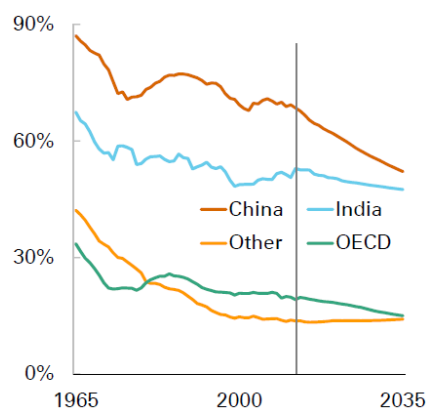


Fig. 13. Coal share in world primary energy

Source: [2]

According to forecasts, fossil fuels will remain the dominant sources of energy in the foreseeable future. Nevertheless, the share of renewables is increasing and there is also a focus on energy use efficiency and reducing the energy intensity of the economy.

Focus on increasing energy use efficiency and reducing the energy intensity of the economy

Gross domestic product (GDP) growth is dependent on sufficient energy supply, yet as shown in figure 14 on a global scale the relationship is not linear. GDP grows much faster than energy use and according to forecasts this is expected to continue well into the foreseeable future.

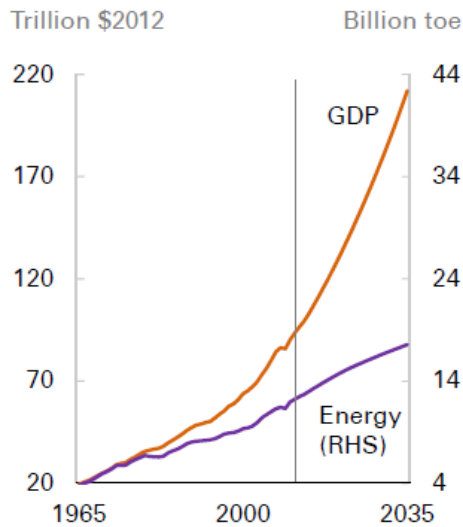


Fig. 14. Global GDP and energy use in 1965-2035

Source: [2]

The reason for the discrepancy is the falling energy intensity, expressed as energy use per unit of global GDP. A larger role of the service sector and a move towards a more information-based economy in highly-developed countries result in lower energy consumption and also lower carbon intensity, i.e. CO₂ emissions as a result of better energy conversion efficiency of new technologies. This is usually accompanied by lower harmful emissions of pollutants.

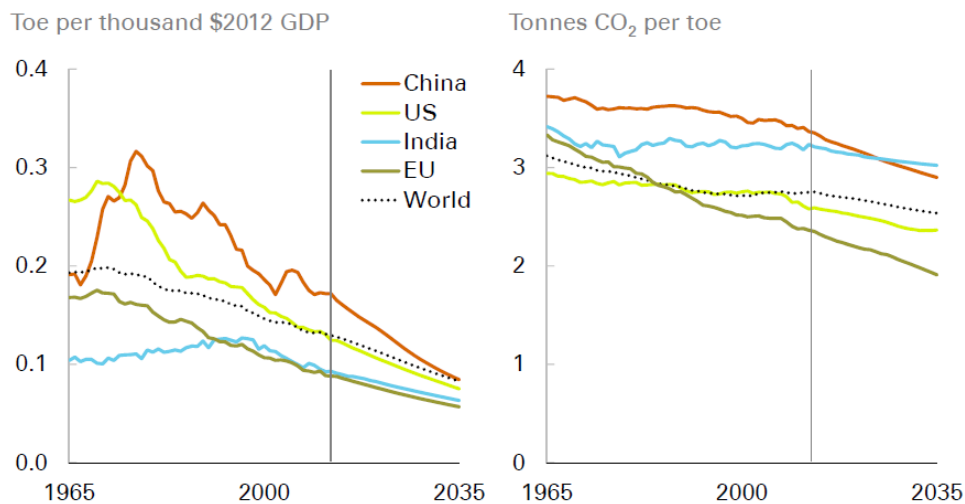


Fig. 15. Global energy and carbon intensity in 1965-2035

Source: [2]

As shown in Figure 16, there is a correlation between rising world GDP and total primary energy demand (TPED). The correlation is stronger in non-OECD countries, since in OECD countries it is partially offset by decreasing energy intensity of advanced economies.

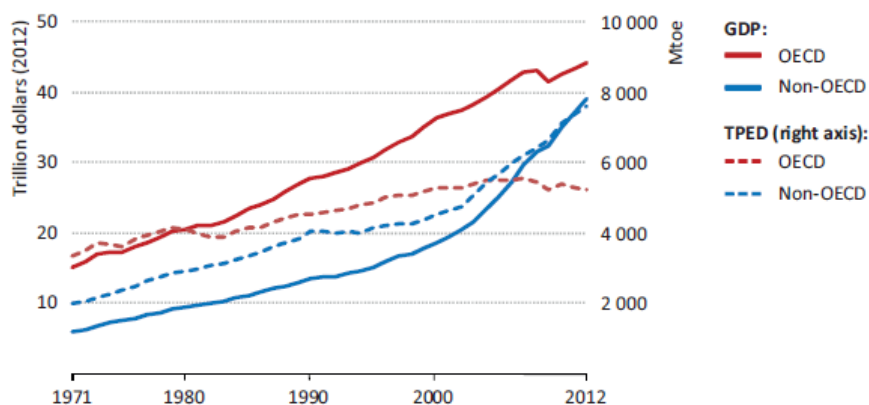


Fig. 16. World primary energy demand and GDP in 1971-2012

Source: [12]

Proposed criterion for strategic management of the Polish energy industry

Investments in the energy industry may be analyzed using various approaches, although simple methods such as payback period, rate of return or net present value often fail to capture the complexities of the energy industry, especially those related to externalities [13, 14]. Table 1 proposes criteria for assessing and strategic management of the Polish energy industry.

Table 1. Criteria and data requirements for assessing the Polish energy industry

Criteria	Description	Data requirements	Data availability
1. Total financial expenditure per unit of energy	Value of financial capital involved in exploration processes	<ol style="list-style-type: none"> Value of <i>factors of production</i> involved in the exploitation of resources expressed in terms of: <ul style="list-style-type: none"> Initial value of capital assets Value of resources, materials, fuels and energy, Employment costs. Value of factors of production inventory to assure continuous operations. Value of natural resources involved in the process. Value of current assets involved in the process. Relevant transportation costs. 	Incomplete
2. Private cost per unit of energy	Value of unavoidable expenditure on factors of production	The same as above, in unavoidable quantities.	Incomplete
3. External cost per unit of energy	Value of unavoidable expenditure on processes to eliminate negative effects associated with exploration	<ol style="list-style-type: none"> Value of factors of production used, in unavoidable quantities, on processes to restore and liquidate damages to natural resources taking into account: <ul style="list-style-type: none"> Amortization of capital assets, Value of used resources, materials, fuels, energy, Employment costs, Insurance costs. Cost of financing inventories of production factors required to sustain the elimination of negative effects. 	Incomplete
4. Wasted expenditures per unit of energy	Value of wasted expenditure on factors of production, unnecessary resources and unrestored parts of the natural environment	<ol style="list-style-type: none"> Value of unnecessary usage of factors of production, Value of unnecessary resources that were used, Value of unrestored parts of the natural environment (i.e. full expenditures required to eliminate the damage to the natural environment) used during the process. 	Incomplete

Criteria	Description	Data requirements	Data availability
5. Social cost per unit of energy	Value of unavoidable expenditures on factors of production and external costs of exploration	<ol style="list-style-type: none"> 1. Value of factors of production used, in unavoidable quantities, in exploration processes taking into account: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Amortization of capital assets, ▪ Value of used resources, materials, fuels, energy, ▪ Employment costs, including training, ▪ Insurance costs. 2. Cost of financing inventories of production factors required to sustain production. 3. External costs. 	Incomplete

As shown in Table 1, the criteria for assessing and strategic management of the Polish energy industry may be divided into five groups. The author proposes that social costs be defined in this context as the sum of private and external costs per unit of energy, excluding wasted expenditures. These social costs should then be used to rank and choose the best investment. The data on total and wasted financial expenditures may be used to improve the economic efficiency of exploration processes. It should be noted that data on this is largely unavailable, since expenditures on unnecessary or unrelated items are often grouped together as expenditures, which makes it difficult to assess and rank competing energy sources and energy conversion technologies.

Conclusion

Fossil fuels currently have the largest share in both Polish and global primary energy supply. Yet the share of renewables is rising, in part due to EU regulatory requirements. Technological progress is leading to discoveries and exploration of hitherto undiscovered or uneconomical, especially unconventional energy sources. As exploration costs keep rising and there is potential for greater environmental damage, social costs, as defined in this paper, should be used by corporations to assess and rank alternative energy sources. As national and international laws, such as EU regulations of the energy sector, push for internalization of external costs, minimizing social costs per unit of energy will also lead to long-term profit maximization.

References

- [1] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) [German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources], Energy Study 2013, BGR, Hannover 2013.
- [2] BP, Energy Outlook 2035, BP, London 2014.
- [3] GUS, Gospodarka paliwowa-energetyczna w latach 2011, 2012 (Energy statistics 2011, 2012), GUS, Warszawa 2013.
- [4] S. Tordo, B. S. Tracy and N. Arfaa, National Oil Companies and Value Creation, World Bank Working Paper No. 218, The World Bank, Washington 2011.
- [5] International Energy Agency (IEA), World Energy Investment Outlook, IEA, Paris 2014.
- [6] Prawo energetyczne (Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r., tekst ujednolicony, stan prawny na dzień 9 maja 2014 r.) [Polish Energy Law as of May 9, 2014], Departament Prawny i Rozstrzygania Sporów URE, Warszawa 2014.
- [7] European Parliament, Council of the European Union, Directive 2009/73/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in natural gas and repealing Directive 2003/55/EC, Official Journal of the European Union, Luxembourg 2009.
- [8] European Parliament, Council of the European Union, Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009 concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC, Official Journal of the European Union, Luxembourg 2009.
- [9] European Commission, The 2020 climate and energy package, http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm (accessed on: 2014.06.10).
- [10] European Parliament, Council of the European Union, Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, Official Journal of the European Union, Luxembourg 2009.

- [11] Ministerstwo Gospodarki (MG), Ministerstwo Skarbu Państwa (MSP), Informacja Rządu o aktualnej sytuacji i perspektywach polskiej energetyki (Polish government report on the current situation and perspectives for the Polish energy industry), Warszawa 2010.
- [12] International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook, IEA, Paris 2013.
- [13] M. Michalski, Optymalizacja decyzji inwestycyjnych w elektroenergetyce (Optimization of investment decisions in the power industry), AGH, Krakow 2012.
- [14] C. Chien-Ming, A critique of non-parametric efficiency analysis in energy economics studies, Energy Economics, Vol. 38, July 2013, pp. 146-152.

ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE W POLSKIEJ ENERGETYCE WOBEC CZYNNIKÓW GLOBALNYCH

Streszczenie

Artykuł przedstawia główne czynniki globalne kształtujące wykorzystanie źródeł energii w Polsce i na świecie. Opracowanie postuluje, aby zarządzanie strategiczne w polskiej energetyce opierało się na minimalizacji zdyskontowanego jednostkowego kosztu społecznego wykorzystania energii końcowej jako kryterium optymalizacji decyzji w procesach wyboru źródeł energii i technologii jej konwersji.

Słowa kluczowe

zarządzanie strategiczne, energetyka, zasoby energii, energia odnawialna, węglowodory, energia jądrowa

Monika Staniszevska
Centrum Badań i Innowacji Pro-Akademia, ul. Piotrkowska 238, 90-360 Łódź
Studium Doktoranckie Socjologii, Uniwersytet Łódzki, ul. POW 3/5, 90-255 Łódź
Monika.Staniszevska@ProAkademia.eu

SYNDROM NIMBY JAKO PRZYKŁAD KONFLIKTU SPOŁECZNEGO O CHARAKTERZE LOKALNYM

Streszczenie

Artykuł prezentuje syndrom NIMBY jako typ konfliktu o charakterze lokalnym, uwzględniając fazy rozwoju zjawiska, jego poziomy oraz sposoby łagodzenia. Syndrom NIMBY został przedstawiony jako konflikt mający wpływ na życie społeczności lokalnych, odwołując się do klasycznych koncepcji konfliktu. Artykuł przedstawia także analizę inwestycji w odnawialne źródła energii jako potencjalnie zagrożonych syndromem NIMBY.

Słowa kluczowe

syndrom NIMBY, konflikt lokalny, odnawialne źródła energii.

Wstęp

Syndrom NIMBY (*Not In My Back Yard – nie na moim podwórku*) jest terminem określającym postawę osób, które wyrażają sprzeciw wobec lokalizacji inwestycji w ich najbliższym otoczeniu, nie kwestionując konieczności realizacji przedsięwzięcia. Inwestycje, które mogą generować tego typu konflikty, są postrzegane jako uciążliwe, zagrażające życiu lub zdrowiu, mające negatywny wpływ na środowisko. Przykładami takich obiektów mogą być zarówno zakłady karne, szpitale psychiatryczne, wysypiska śmieci, spalarnie odpadów, czy krematoria – lista ta jest długa i uzależniona od uwarunkowań społeczno-kulturowych, a także poziomu świadomości społecznej. Warto jednak podkreślić, że wszystkie wymienione inwestycje są akceptowane społecznie, ale problematyczna pozostaje ich lokalizacja.

W literaturze pojawiają się także inne akronimy określające naturę problemów lokalizacyjnych, np.:

- braku akceptacji dla realizacji danego typu inwestycji w ogóle: NOPE (Not On Planet Earth) oraz BANANA (Build Absolutely Nothing And Near Anywhere),
- braku akceptacji władzy dla inwestycji: NIMEY (Not In My Election Year) oraz NIMTOO (Not In My Term Of Office),

Warto także zwrócić uwagę na akronim PIMBY (*Please on My Back Yard*), który podkreśla fakt, iż nawet najbardziej niechciane i oprotestowane inwestycje mogą wiązać się z korzyściami dla społeczności lokalnych, wynikającymi z tworzenia nowych miejsc pracy czy zwiększenia wpływów z podatków. Nierzadko jednak zarówno zyski, jak i straty są trudne do oszacowania, a emocjonalne podłoże syndromu NIMBY utrudnia racjonalną ocenę potencjalnego zagrożenia.

NIMBY jako typ konfliktu społecznego

Teoria konfliktu jest jedną z wiodących orientacji w naukach społecznych, a samo pojęcie konfliktu cieszy się nadal dużą popularnością wśród socjologów. Prekursorem teorii konfliktu był Karol Marks, natomiast do jej rozwoju w połowie XX w. przyczynili się m.in. Max Weber oraz Georg Simmel. Marks uważał, iż konflikt jest immmanentną częścią życia społecznego, jest podstawą zmiany społecznej, a jego przyczyny wiążą się z nierównym podziałem dóbr pomiędzy zbiorowościami dominującymi i podporządkowanymi [1]. Weber w swej teorii przedstawił krytykę założeń Marksa dotyczących głównie rewolucyjnego i nieuchronnego charakteru konfliktów [1]. Natomiast Simmel, podobnie jak Marks, twierdził, iż konflikt jest wszechobecny, krytykował zaś marksistowską ideę konfliktu jako rewolucji, uwypuklając pozytywne jego skutki [1].

Konflikt społeczny jest zjawiskiem interdyscyplinarnym, dlatego też przy jego analizie ważne jest uwzględnianie zarówno przesłanek społecznych, jak i psychicznych. Ze względu na zróżnicowanie formy, zasięgu czy czasu trwania trudno jest przedstawić wyczerpującą definicję konfliktu społecznego. Janusz Sztumski uważa, że termin konflikt społeczny służy do określenia różnych zjawisk, „(...) w których przejawiają się elementy zmagania, lub nawet ostrej walki, jakie mają miejsce zarówno między poszczególnymi ludźmi, jak i pomiędzy dowolnie wiel-

kimi ich zbiorowościami”, podkreślając, iż występuje on nie tylko w mikro czy makro skali, ale także w mega skali [7]. Zwraca on uwagę także na fakt, iż konflikty społeczne są zjawiskami:

- normalnymi – nie muszą i w większości przypadków nie powinny być rozpatrywane w kategoriach patologii,
- wszechobecnymi – nie występują takie struktury społeczne, które byłyby wolne od konfliktów,
- ciągłymi – każdy przezwyciężony konflikt może być załącznikiem kolejnego,
- użytecznymi – są one bodźcem do innowacji i rozwoju.

W literaturze przedmiotu istnieje wiele typologii konfliktów społecznych i trudno którąkolwiek uznać za wyczerpującą w kontekście tak złożonego zjawiska. Janusz Sztumski zaproponował własną typologię i bazując na już istniejących, wyróżnił konflikty społeczne ze względu na [7]:

1. Podmioty

- *jednostkowe (jednostka-jednostka),*
- *zbiorowe (jednostka-zbiorowość, zbiorowość-zbiorowość),*

2. Zasięg

- *mikro skala – konflikty w małych grupach lub zbiorowościach, których członkowie znają się wzajemnie,*
- *makro skala – konflikty między grupami społecznymi istniejącymi w danym społeczeństwie,*
- *mega skala – konflikty te swym zasięgiem obejmują wiele społeczeństw,*

3. Przedmiot

- *ekonomiczne – wiążące się z produkcją dóbr oraz podziałem pracy,*
- *warstwowe – wiążące się z rozwarstwieniem społeczeństwa,*
- *klasowe – wynikające z walki klas, która może przejawiać się na płaszczyźnie ideologicznej, ekonomicznej i politycznej,*
- *polityczne – konflikty o charakterze międzynarodowym lub międzypaństwowym, u podłoża których leżą różne „racje stanu”,*
- *ideologiczne – u ich podstaw leżą różne wartości ideowe będące podstawą ideologiczną danej grupy,*
- *kulturowe – wynikają ze zderzenia się różnych kultur lub podkultur,*
- *wartości i celów – ich podstawą są rozbieżne wartości i cele realizowane przez określone grupy społeczne,*

4. Sposoby przejawiania się

- *jawne,*
- *ukryte,*
- *kierowane,*
- *spontaniczne,*
- *łagodne,*
- *ostre,*

Zaprezentowany podział nie jest podziałem rozłącznym.

5. Czas trwania

- *długotrwałe,*
- *krótkotrwałe,*

6. Charakter społeczności

- *wewnętrzne (egoistyczne interesy ludzi) i zewnętrzne (sprzeczności interesów różnych grup),*
- *antagonistyczne i nieantagonistyczne,*
- *główne i poboczne,*

7. Przyczyny będące podstawą konfliktu

- *obiektywne,*
- *subiektywne,*

8. Skutki

- *bezpośrednie,*
- *pośrednie.*

Z powyższej typologii wynika, iż syndrom NIMBY można rozpatrywać jako typ konfliktu przebiegającego w mikro lub makro skali, u podłoża którego może leżeć działalność ekonomiczna ludzi. Na ogół jest to konflikt jawny, a czas jego trwania może być różny. Jednakże niezmiernie ważny jest także fakt jego przestrzennego charakteru. Elżbieta Michałowska, powołując się na Drzazgę, twierdzi, iż: „Konflikty społeczne o podłożu

przestrzennym tym różnią się od innych, że u ich źródła leży sposób użytkowania przestrzeni przez człowieka i związane z jego działalnością efekty zewnętrzne” [5]. Przedmiotem sporu w konflikcie przestrzennym jest środowisko, natomiast podmiotami toczącymi spór są członkowie danego społeczeństwa.

Konflikty prowadzące do występowania syndromu NIMBY, w niektórych przypadkach (np. inwestycji w biogazownię czy oczyszczalnię ścieków), można także rozpatrywać w kategoriach konfliktów ekologicznych. Budowa danego obiektu, wokół której koncentruje się protest, może mieć negatywny wpływ na środowisko naturalne, może prowadzić do jego skażenia lub obniżenia walorów estetycznych.

Poziomy zjawiska NIMBY

Wyodrębnić można cztery poziomy syndromu NIMBY: ekonomiczny, polityczny, etyczny oraz społeczny [2]:

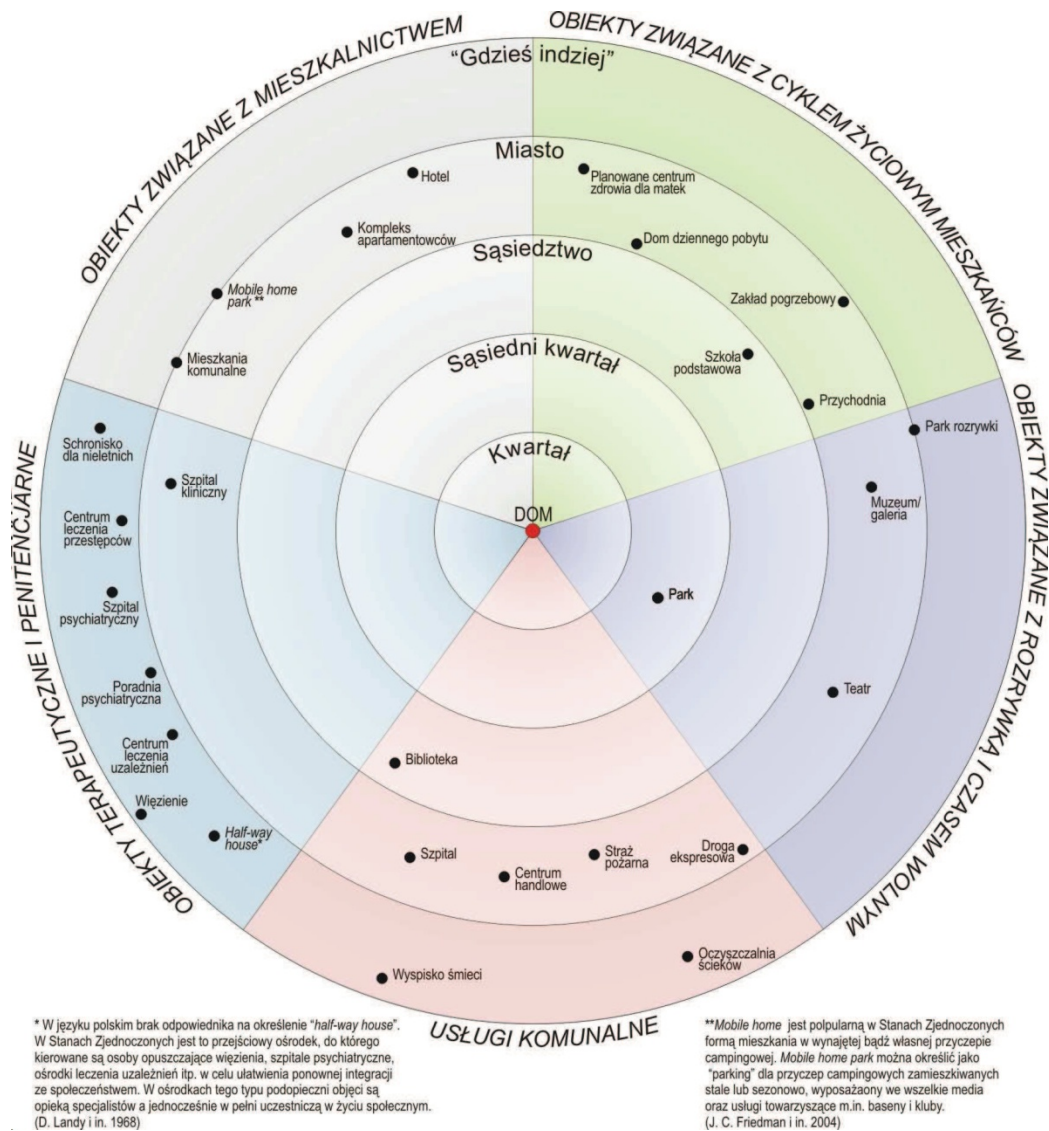
- Poziom ekonomiczny – pojawia się w sytuacji, gdy osią, wokół której powstaje syndrom NIMBY, jest „dobro wspólne”. Jest to sytuacja, w której koszty ponosi stosunkowo niewielka liczba osób, natomiast korzyści czerpane są przez znacznie szerszą grupę. Oczyszczalnia ścieków czy spalarnia odpadów zlokalizowana na danym terenie może stanowić źródło problemów dla najbliższego otoczenia, ale korzystać z niej będzie znacznie większa liczba osób.
- Poziom polityczny – wiąże się z brakiem zaufania do władzy oraz przedstawicieli biznesu. W ten sposób wyrażana jest wątpliwość odnośnie intencji władz (związanych z lokalizacją inwestycji w danej przestrzeni), czy dana lokalizacja jest w interesie społeczności oraz czy decyzja była podjęta w sposób prawidłowy i niekorupcyjny.
- Poziom etyczny – przedkładanie dobra indywidualnego nad dobro wspólne, przejaw postawy egoistycznej.
- Poziom społeczny – podkreślenie roli podmiotów (indywidualnych oraz grup) biorących udział w konflikcie.

Strony zaangażowane w konflikty prowadzące do występowania syndromu NIMBY

W konflikty związane z lokalizacją potencjalnie uciążliwej instalacji mogą być zaangażowani różni aktorzy społeczni: mieszkańcy, władza (zarówno na szczeblu lokalnym, jak i wyższym), media, inwestorzy oraz organizacje formalne (np. proekologiczne) i autorytety naukowe. Podmioty te mogą zajmować odmienne stanowiska: mogą popierać lub sprzeciwiać się inwestycji. Mogą być także zróżnicowane pod względem poziomu zaangażowania w konflikt, czy momentu przystąpienia do niego.

Warta podkreślenia jest tu rola mediów, gdyż poziom rzetelności przekazywanych informacji oraz ich bezstronny charakter mogą mieć wpływ na przebieg protestu. Należy także pamiętać o wpływie Internetu: jest on nie tylko jednym z łatwo dostępnych źródeł informacji, ale także platformą zrzeszającą ludzi o podobnych poglądach czy problemach. Przykładem może być tu strona internetowa www.stopwiatrakom.eu, której działalność koncentruje się na dostarczaniu argumentów przeciwnikom energii wiatrowej.

Najczęściej wśród społeczności lokalnej, w bezpośrednim sąsiedztwie której planowana jest inwestycja, będzie więcej jej przeciwników niż zwolenników. Jednakże wraz ze wzrostem odległości od inwestycji, będzie wzrastało poparcie dla niej. Nawet oddalone geograficznie społeczności mogą wrażliwość swój sprzeciw, gdyż obawiają się strat pośrednich (np. wzmożonego ruchu samochodowego) [3]. Siła sprzeciwu wobec planowanej instalacji zależy także od rodzaju obiektu [4]: czy są to obiekty użyteczności publicznej (np. biblioteki, obiekty rekreacyjne, szpitale, wysypiska śmieci, lotniska), czy też obiekty prywatne. Rys. 1 przedstawia klasyfikację budynków użyteczności publicznej ze względu na ich preferowaną odległość od miejsca zamieszkania.

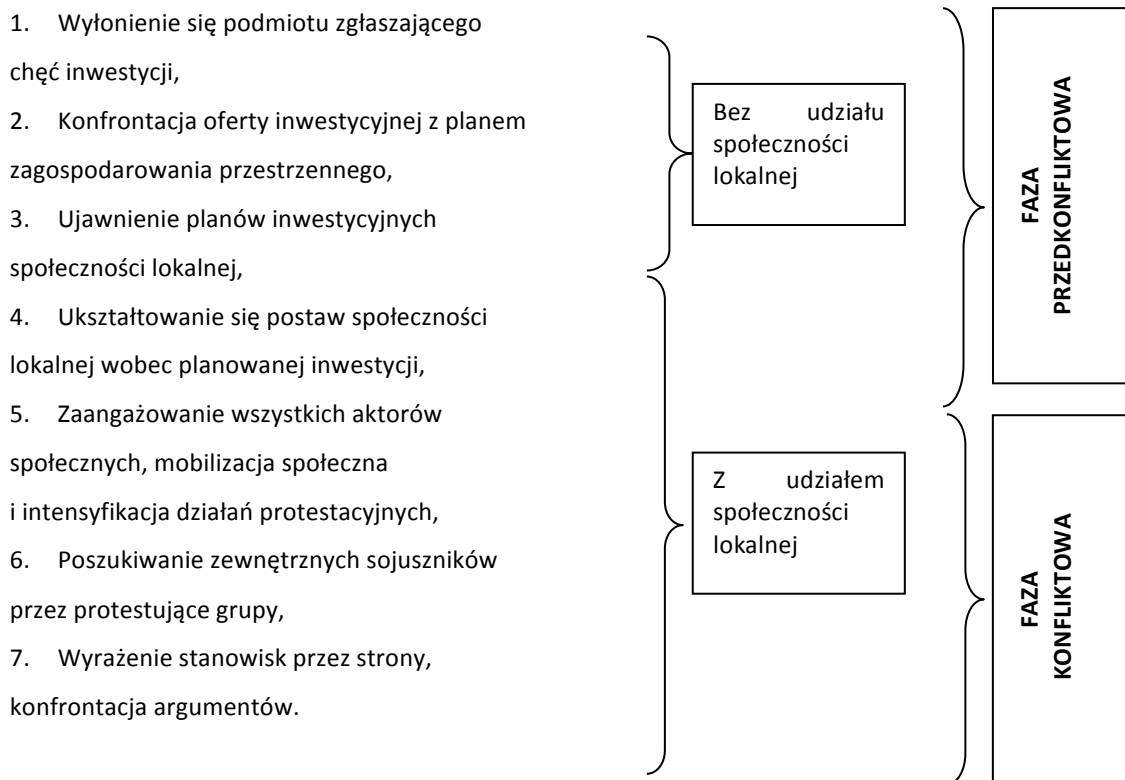


Rys. 1 Preferowana odległość od miejsca zamieszkania do wybranych obiektów użyteczności publicznej
Źródło: [4]

Jak wynika z powyższego rysunku, badani akceptują w swym najbliższym sąsiedztwie parki, teatry oraz szkoły podstawowe. Natomiast takie obiekty jak: wysypiska śmieci, oczyszczalnie ścieków, więzienia czy ośrodki terapeutyczne najchętniej ulokowaliby jak najdalej od swoich domostw, w bliżej nieokreślonym miejscu. Niewątpliwie inwestycje, którym towarzyszy syndrom NIMBY koncentrują wokół siebie różnych aktorów społecznych. Nie wszyscy oni zaangażowani są w konflikt w sposób bezpośredni. Pozostają oni także w różnych relacjach między sobą. Niekiedy też obozy zwolenników lub przeciwników są wewnętrznie niejedolite, a opowiedzenie się po jednej ze stron konfliktów podyktowane jest odmiennymi czynnikami. W zależności od rodzaju inwestycji, różny może być zasięg terytorialny protestów.

Fazy konfliktów typu NIMBY

Tematyką konfliktów typu NIMBY występujących na terenie województwa łódzkiego zajmowała się dr hab. Elżbieta Michałowska, prof. nadzw. UŁ. Opierając się na analizie treści materiałów prasowych dotyczących konfliktów o charakterze NIMBY w województwa łódzkim w latach 2001 – 2005 oraz wywiadach swobodnych z uczestnikami konfliktów wyróżniono następujące etapy konfliktu [5]:



Z przedstawionego scenariusza wynika, iż społeczność lokalna nie jest partnerem w procesie negocjacyjnym, a na etapie decyzyjnym nie są prowadzone konsultacje społeczne ani kampanie informacyjne. Pominięcie społeczności lokalnej w pierwszej fazie procesu inwestycyjnego może przyczynić się do wystąpienia konfliktów w późniejszym okresie realizacji przedsięwzięcia.

Skutki syndromu NIMBY

Konflikty społeczne mogą mieć zarówno pozytywny, jak i negatywny efekt. Mogą one oddziaływać na wszystkie zaangażowane w nie podmioty. Konflikty typu NIMBY mogą integrować społeczność lokalną, zwiększać jej kapitał społeczny oraz być źródłem nowych możliwości. „Analiza konfliktów w regionie łódzkim wykazała, iż dzięki nim społeczności nauczyły się wyrażać swoje poglądy i walczyć wspólnie o jakąś sprawę. I nawet konflikty nierozstrzygnięte na korzyść mieszkańców spowodowały większe zintegrowanie społeczności oraz wzrost jej aktywności. (...) uczestnicy protestów bardziej świadomie postrzegają swoje prawa jako obywateli, podejmują różne formy aktywności w stowarzyszeniach i innych formach samoorganizacji społecznej, uczestnicząc w ten sposób w tak ważnym procesie budowania społeczeństwa obywatelskiego. Tam gdzie władza lokalna – samorząd i mieszkańcy stoją po jednej stronie, współpraca się zacieśnia, rośnie poziom zaufania mieszkańców do władzy” [5]. Jednakże nie można zapomnieć o skutkach negatywnych. Mogą być one odczuwane przez poszczególne jednostki – wzrost poziomu stresu, jak i przez społeczność lokalną, czy inwestora. Najprostszym do przewidzenia, negatywnym dla inwestora skutkiem, może być zablokowanie inwestycji lub wzrost jej kosztu i wydłużenie czasu jej trwania. Dla organów władzy, zwłaszcza w sytuacji, gdy stają one w opozycji do protestujących, konflikt może się wiązać ze spadkiem zaufania i poparcia. Dla społeczności, gdy część mieszkańców popiera inwestycję, a inni stają w opozycji do niej, sytuacja taka może doprowadzić do pojawienia się podziałów wewnętrznych i antagonizmów, a także do ekskluzji społecznej.

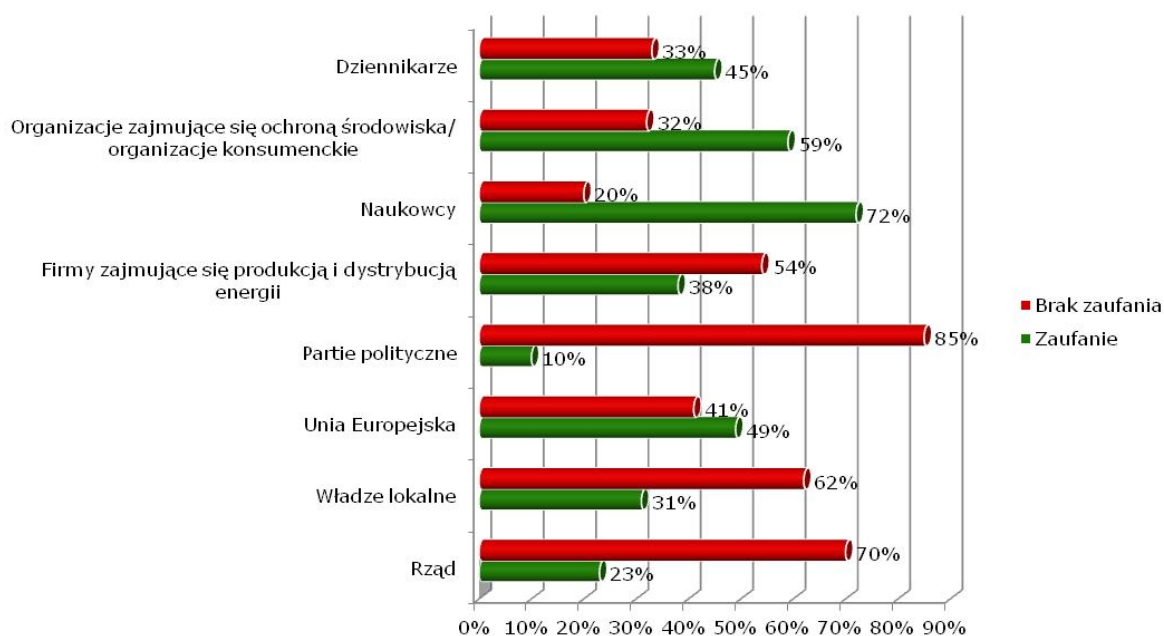
Sposoby łagodzenia konfliktów na tle syndromu NIMBY

Występowanie konfliktów jest obciążone kosztami, jakie ponoszą zaangażowane w nie strony. Aby uniknąć lub łagodzić negatywne skutki wiążące się z występowaniem konfliktów wynikających z syndromu NIMBY, należy podjąć stosowne działania. Wyróżnić można dwie podstawowe grupy takich działań [2]: rozwiązania ekonomiczne oraz rozwiązania partycypacyjne.

Wykorzystywanie rozwiązań ekonomicznych, w najprostszym znaczeniu, wiąże się z oferowaniem rekompensat dla protestujących. Mogą one mieć formę pieniężną lub też wiązać się z inwestycjami służącymi społeczności (np. budowa drogi). W Polsce nie jest to popularna praktyka [5]. Rozwiązania partycypacyjne ustanawiają społeczność lokalną w roli partnera w procesie decyzyjnym. Włączenie (w jak najwcześniejszym etapie) mieszkańców w działania związane z realizacją inwestycji, obniża możliwość pojawienia się gwałtownych przeciwników. Tego typu rozwiązaniem może być także referendum, które jest jednak potencjalnie rozwiązaniem problemowym, gdyż:

- *trudno jest oszacować obszar na jakim referendum powinno być przeprowadzone,*
- *istnieje zagrożenie małej frekwencji, w związku z czym referendum nie będzie wiążące,*
- *referendum może zostać upolitycznione [3].*

Rzetelna i kompleksowa informacja oraz podejście do społeczności lokalnej jako do jednego z partnerów nie jest w Polsce częstą praktyką. Należy podkreślić ważną rolę negocjacji, które powinny być podjęte w jak najwcześniejszej fazie inwestycji i angażować jak największą liczbę mieszkańców, a także liderów lokalnych i podmioty cieszące się największym autorytetem w danej społeczności. Jak pokazuje Rys. 2., największym zaufaniem Polaków wśród podmiotów udzielających informacji na tematy związane z energetyką, cieszą się naukowcy oraz organizacje proekologiczne i konsumenckie; najmniejszym zaś partie polityczne, rząd oraz władza lokalna. Warto podkreślić fakt, iż władza lokalna cieszy się zaufaniem zaledwie na poziomie 31%. Może wynikać to z faktu, iż w większości przypadków samorząd pozostaje stroną konfliktu, bądź podejrzewany jest o działania korupcyjne lub sprzeczne z interesem danej społeczności.



Rys. 2 Zaufanie Polaków do poszczególnych podmiotów, które udzielają informacji na tematy związane z energetyką

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6]

Ważnym elementem procesu inwestycyjnego powinien być dialog społeczny. W Polsce brakuje jednak lokalnych liderów, którzy potrafiliby w kompetentny sposób poszukiwać konstruktywnych rozwiązań i skutecznie zachęcać mieszkańców do racjonalnego podejmowania decyzji [5].

Podsumowanie

W polskiej literaturze stosunkowo niewiele uwagi poświęcono syndromowi NIMBY. Jednakże zjawisko to oddziałuje i będzie oddziaływać na dokonujące się procesy, zwłaszcza w sektorze energetycznym. Pojawiające się protesty społeczne dotyczące budowy biogazowni czy farm wiatrowych mogą skutecznie blokować tego typu inwestycje na długie lata. Przykładem mogą być protesty mieszkańców Jeżowa, Konopnicy, Łaznowa. NIMBY może być postrzegane zarówno jako zjawisko negatywne, jak i pozytywne, które w znacznej mierze wynika z pomijania społeczności lokalnej w procesie decyzyjnym oraz traktowania jej jako zbędnego interesariusza. Konieczna jest zatem zmiana podejścia inwestorów, a także rzetelna i kompleksowa informacja, która byłaby ogólnie dostępna i mogłaby zmniejszyć skalę protestów. Ważnym pozostaje również czynnik świadomości społecznej mieszkańców, zrozumienia i akceptacji danej inwestycji, a także przedłożenie dobra ogółu nad partykularne interesy. Niezbędne jest przeprowadzenie pogłębionych badań syndromu NIMBY w Polsce. Umożliwiłyby one nie tylko rozpoznanie problematycznego zagadnienia, ale także dałyby wytyczne dotyczące przeciwdziałania konfliktom z nim związanym.

Bibliografia

- [1] J. H. Turner, *Struktura teorii socjologicznej*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA, 2005.
- [2] P. Matczak, "Społeczne uwarunkowania eliminacji syndromu NIMBY," w: *Podmiotowość społeczności lokalnych. Praktyczne programy wspomagania rozwoju*, R. Cichocki, Ed. Poznań: Media-G.T., 1996.
- [3] P. Frączak. (2010) Uniwersytet Rzeszowski. [Online]. <http://www.univ.rzeszow.pl/pliki/Zeszyt17/24.pdf>
- [4] K. Dmowchowska-Dudek. (2010) *Obiekty NIMBY jako przykład konfliktowych inwestycji na terenach mieszkaniowych - teoretyczny zarys problemu*. [Online]. <http://www.sse.geo.uni.lodz.pl/uploads/space10/dmochowska.pdf>
- [5] E. Michałowska, "Syndrom NIMBY jako przykład samoorganizacji społecznej na poziomie lokalnym," *Studia Regionalne i Lokalne*, no. 1, 2008.
- [6] Special EUROBAROMETER 262. (2007, January) *Energy Technologies: Knowledge, Perception, Measures*. [Online]. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_262_en.pdf
- [7] J. Sztumski, *Konflikty społeczne i negocjacje jako sposoby ich przewyżczania*. Częstochowa: Wydawnictwo Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, 2000.

NIMBY SYNDROME AS AN EXAMPLE OF SOCIAL CONFLICT ON LOCAL LEVEL

Abstract

The article presents the NIMBY syndrome as a type of a local conflict, taking into account the stage of development of the phenomenon, its levels and methods of mitigation. NIMBY syndrome is described as a conflict affecting the lives of local communities, referring to classical concept of conflict. The article covers also an analysis of investments in renewable energy sources as potentially threatened by NIMBY syndrome.

Key words

NIMBY syndrome, local conflict, renewable energy sources.

Andrzej Żarczyński

Politechnika Łódzka, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116, andrzej.zarczyński@p.lodz.pl

Karolina Rosiak

Politechnika Łódzka, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116, 168011@edu.p.lodz.pl

Piotr Anielak

Politechnika Łódzka, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116, piotr.anielak@p.lodz.pl

Wojciech Wolf

Politechnika Łódzka, Instytut Chemii Ogólnej i Ekologicznej
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116, wojciech.wolf@p.lodz.pl

PRAKTYCZNE METODY OCZYSZCZANIA BIOGAZU Z SIARKOWODORU. CZ. 1. ZASTOSOWANIE SORBENTÓW STAŁYCH

Streszczenie

Siarkowodor jest powszechnie występującym składnikiem biogazu powodującym zanieczyszczenie atmosfery oraz korozję urządzeń stosowanych w biogazowniach. Jego usuwanie przed dalszym przetwarzaniem biogazu jest zatem konieczne ze względów środowiskowych oraz technicznych. W publikacji przedstawiono krytyczny przegląd technologii wykorzystujących sorbenty stałe. W kolejnej pracy zostaną omówione procesy chemiczne i biochemiczne zachodzące w układach ciekłych.

Słowa kluczowe

Biogaz, usuwanie siarkowodoru, sorbenty stałe, fermentacja, bioenergia

Wstęp

Odnawialne źródła energii (OZE) mają coraz większy udział w bilansie energetycznym krajów Unii Europejskiej [1-5]. Mimo, że sektor produkcji biogazu rolniczego ma wsparcie władz i duże znaczenie gospodarcze, to jednak przyjęty przez rząd w lipcu 2010 r. dokument „*Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010-2020*” nie jest wystarczający, a inwestycje w sektorze biogazu rolniczego wymagają jeszcze silniejszego wsparcia finansowego niż to ma miejsce dotychczas [5-8]. Stosownie do planów Unii Europejskiej w 2020 r. udział energii pochodzącej ze źródeł OZE w wykorzystaniu energii ogółem powinien osiągnąć przynajmniej 15%. Wśród nich istotne znaczenie mają technologie bazujące na zagospodarowaniu biomasy na drodze konwersji do biogazu, a następnie wykorzystaniu go głównie do produkcji energii elektrycznej lub ciepłej [6-29].

Biogaz jest mieszaniną gazową składającą się głównie z metanu (CH_4) oraz dwutlenku węgla (CO_2), powstającą w procesie fermentacji metanowej w wyniku kontrolowanego, biologicznego rozkładu w warunkach beztlenowych materii organicznej przy udziale odpowiednich mikroorganizmów. W biogazie oprócz powyżej wymienionych składników znajdują się niewielkie ilości: siarkowodoru (H_2S), azotu (N_2), wodoru (H_2), amoniaku (NH_3), tlenku węgla (CO) i tlenu (O_2). Zawartość poszczególnych składników w biogazie nie jest stała, co przedstawiają dane w tabeli 1 i zależy od stosowanego procesu technologicznego oraz rodzaju materiału wsadowego użytego do produkcji biogazu [9, 7, 16, 20, 21]. Materiałem poddawanym fermentacji metanowej może być zarówno substrat roślinny [6, 8-10, 20-25], zwierzęcy [13, 19], odpady pogorzelniane czy browarnicze [2], osady ściekowe [9, 11, 12, 14, 18, 20, 22], a także ich mieszanki [10, 20-25]. Zawartość metanu w biogazie decyduje o jego wartości opałowej, np. spalanie biogazu zawierającego 65% metanu generuje około 23 MJ/m^3 ciepła [20].

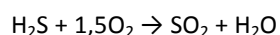
Tabela 1. Zawartość procentowa głównych składników biogazu [20]

Składnik biogazu	Zawartość składnika	
	Zakres (%)	Średnio (%)
Metan	52-85	65
Dwutlenek węgla	14-48	34,8
Siarkowodór	0,08-5,5	0,2
Wodór	0-5	substancja śladowa
Tlenek węgla	0-2,1	substancja śladowa
Azot	0,6-7,5	substancja śladowa
Tlen	0,1	substancja śladowa

Źródło: Głodek E. (red.), *Pozyskiwanie i energetyczne wykorzystanie biogazu rolniczego*. Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o. o., Opole 2007

Zawartość siarkowodoru w biogazie jest zwykle niewielka, jednak należy go usuwać, ponieważ jest on przyczyną zanieczyszczenia środowiska oraz problemów z eksploatacją instalacji. Pozostałe składniki występujące w śladowych ilościach nie stwarzają aż tak dużych problemów jak siarkowodór, który powstaje na etapie acidogenezy procesu fermentacji metanowej. Celem cyklu publikacji jest prezentacja o charakterze poradnika ważniejszych metod usuwania siarkowodoru z biogazu, z zaakcentowaniem zwłaszcza technologii prostych, tanich i stosunkowo skutecznych, a tym samym mających szansę na powszechne zastosowanie.

Siarkowodór jest produktem rozkładu związków zawierających siarkę, do których należą m. in. aminokwasy (cysteina i metionina), sulfotlenki, kwasy sulfonowe, a także powstaje on podczas biologicznej redukcji siarczanów obecnych w fermentowanym surowcu. Siarkowodór stanowi zagrożenie, bo wraz z wodą, która również znajduje się w biogazie, tworzy korozyjny kondensat, niszczący instalacje i urządzenia zasilane biogazem [15, 22]. Oprócz tego należy pamiętać, że podczas procesu spalania biogazu zanieczyszczonego siarkowodorem powstanie dwutlenek siarki według następującej reakcji:



Następnie związek ten ulega stopniowemu utlenieniu w atmosferze do trójtlenku siarki, zanieczyszczenia wysoce niebezpiecznego dla środowiska, ponieważ w wyniku absorpcji w wodzie powstaje kwas siarkowy, który z kolei jest jednym ze składników powodujących powstawanie kwaśnych deszczy [15, 22].

Biogaz najczęściej wykorzystuje się do produkcji energii elektrycznej i ciepłej w jednostkach kogeneracyjnych. W tym celu niezbędne jest przeprowadzenie procesu odsiarczania i osuszania go (usuwanie innych zbędnych składników jest nieopłacalne ekonomicznie). Według zaleceń literaturowych stężenie siarkowodoru w biogazie przeznaczonym do spalania nie powinno być wyższe niż 1000 ppm. Wartość ta zabezpiecza urządzenia do spalania biogazu i odzysku ciepła przed korozją [15, 20, 22], a także ogranicza zanieczyszczenie atmosfery kwaśnymi produktami utleniania siarkowodoru. Według Kujawskiego, zgodnie z zaleceniami producentów aparatury do wytwarzania energii na drodze kogeneracji, w biogazie nie może być więcej siarkowodoru niż 200-300 ppm [23]. Z kolei Cebula i Sołtys wskazują następujące zakresy dopuszczalnej zawartości H_2S : kotły energetyczne do 1000 ppm, silniki spalinowe 50-100 ppm, zatłaczanie do sieci gazowej 4-7 ppm i ogniwa paliwowe poniżej 1 ppm [24]. Przy zatłaczaniu biogazu do sieci gazowej podkreśla się konieczność obniżenia stężenia siarkowodoru do stężeń niższych od 10 ppm [25], a nawet poniżej 1 ppm [22]. W tym przypadku oraz użyciu biogazu jako paliwa do silników pojazdów, niezbędne jest także usunięcie innych niż H_2S zanieczyszczeń towarzyszących metanowi. Biogaz zostaje wtedy poddawany procesom zapewniającym wystarczające osuszenie go, usuwanie dwutlenku węgla, związków azotu i chloru, a także organicznych związków krzemu, stosownie do wymagań w poszczególnych krajach [26].

Biogaz można także katalitycznie konwertować z parą wodną w celu otrzymywania gazu syntezowego, bogatego w wodór i przydatnego np. do produkcji metanolu [20, 22]. Metody odsiarczania biogazu różnią się od metod odsiarczania gazu ziemnego. Usuwanie siarkowodoru z biogazu powinno odbywać się jak najprostszymi metodami, obejmującymi najlepiej tylko jeden etap, przy wysokiej wydajności w warunkach normalnego ci-

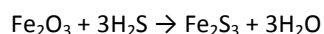
śnienia i temperatury. Oprócz tego reagenty powinny być dobierane tak, by można je było po tym procesie wykorzystać, np. jako nawozy.

Usuwanie siarkowodoru za pomocą uwodnionych tlenków żelaza, rudy darniowej i boksytów

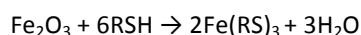
Do przemysłowych metod chemicznego odsiarczania biogazu należy adsorpcja związków siarki (przede wszystkim H_2S) na uwodnionym tlenku żelaza(III) [15, 18, 22].

Proces adsorpcji jest wydajny, jeżeli adsorbent posiada znaczną powierzchnię właściwą oraz jest prowadzony w odpowiednio niskiej temperaturze. Adsorpcja nieodwracalna ma cechy chemisorpcji. Wtedy energia wiązania cząsteczek znajdujących się na powierzchni adsorbentu jest tak duża, że adsorbat może być desorbowany jedynie jako związek chemiczny, nawet w formie ciała stałego [28-30].

Dobrą efektywność odsiarczania biogazu posiadają dwie odmiany tlenku żelaza, tj. krystaliczne hydraty tlenku żelaza: $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ i $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$. Reagują one łatwo z siarkowodorem, a proces ich regeneracji przebiega praktycznie całkowicie [22, 31-34]. Tlenek Fe_3O_4 ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{FeO}$) wykazuje mniejszą zdolność adsorpcji siarkowodoru w porównaniu do dwóch powyższych form tlenku żelaza. W procesie adsorpcji siarkowodoru na powierzchni uwodnionego tlenku żelaza (III) powstaje siarczek żelaza (III), zgodnie z reakcją [31]:

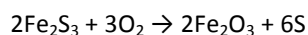


Jeżeli w biogazie poddanym oczyszczeniu znajdują się merkaptany, reagują one w następujący sposób [22]:



Temperatura optymalna dla tego procesu wynosi około 38°C , natomiast odczyn środowiska reakcyjnego powinien być lekko alkaliczny i wynosić 8,0-8,5. Oprócz tego ważna jest zawartość wody krystalicznej w masie adsorbentu. Jeżeli pH masy oczyszczającej jest niższe, a temperatura wyższa (50°C), powstały siarczek żelaza(III) traci związaną wodę oraz tworzy mieszaninę FeS_2 i Fe_8S_9 , następnie powstaje siarczan żelaza(II) i wielosiarczki, które nie adsorbują siarkowodoru, a także nie są zdolne do łatwej regeneracji do tlenku żelaza(III) [22].

Teoretycznie jeden kilogram uwodnionego tlenku żelaza(III) jest w stanie zaadsorbować 0,64 kilograma siarkowodoru. W praktyce jednak wydajność tego procesu wynosi około 90%. Po wyczerpaniu się zdolności adsorpcyjnej złoża, poddaje się je regeneracji [22, 32, 34]. Powstały Fe_2S_3 reaguje z tlenem z powietrza, dając tlenek żelaza(III), a siarka (S^2) utlenia się do siarki elementarnej (S^0), zgodnie z reakcją:



Oba procesy: adsorpcji i regeneracji złoża można realizować wielokrotnie, aż do czasu, gdy powstała siarka elementarna nie pokryje powierzchni aktywnej tlenku żelaza i nie wypełni przestrzeni między jego ziarnami. Aby procesy adsorpcji i regeneracji zachodziły równocześnie można dodawać określoną ilość powietrza, bądź tlenu do biogazu poddawane go oczyszczaniu. Podczas obu procesów wydzielają się spore ilości ciepła, które utrudniają ich realizację, bowiem nadmierny wzrost temperatury adsorbentu spowoduje utratę wody oraz zmniejszenie zdolności wiązania H_2S . Powstałą siarkę elementarną można usunąć za pomocą spalania. Tworzy się wtedy tlenek siarki(IV), który może zostać użyty do produkcji kwasu siarkowego. Oba tlenki stosowane do adsorpcji siarkowodoru są uzyskiwane z rud żelaza, bądź z żelaza metalicznego (zawartość około 75% tlenku żelaza(III), 10% wody oraz inne dodatki, które pochodzą z rud żelaza) [20-22, 32].

Kolejnym popularnym adsorbentem służącym do usuwania siarkowodoru jest ruda darniowa. Głównym składnikiem rudy jest krystaliczny limonit $\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$. Ruda darniowa to porowata skała osadowa o kolorze brązowym, powstająca przy udziale bakterii z rozpuszczalnych związków żelaza znajdujących się w wodzie. Występuje ona najczęściej na obszarach, gdzie wody gruntowe znajdowały się blisko powierzchni gleby, już na głębokości około 30 cm, tj. w dolinach rzek, na terenach bagiennych czy torfowiskach. W Polsce ruda występuje na obszarze Wielkopolski, Mazowsza, Podlasia, Roztocza i Małopolski. Skład rudy darniowej wynika z warunków w jakich ona powstawała. Oprócz tlenku żelaza(III) można w niej wykryć niewielkie ilości następujących tlenków metali: wapnia, magnezu, potasu, sodu, żelaza(II), glinu, tytanu oraz materię organiczną i wodę. Najbardziej efektywne są rudy darniowe, które zawierają od 45 do 55% tlenku żelaza(III) w przeliczeniu na suchą substancję adsorbentu, od 45 do 55% wody w masie czyszczącej oraz wykazują stratę masy w wyniku prażenia około 30% [22, 32]. Na fot. 1 przedstawiono moduł nadziemny instalacji usuwania H_2S z biogazu produkowanego z osadów ściekowych w firmie Rawskie Wodociągi i Kanalizacja Sp. z o.o. w Żydomicach (RAWiK).

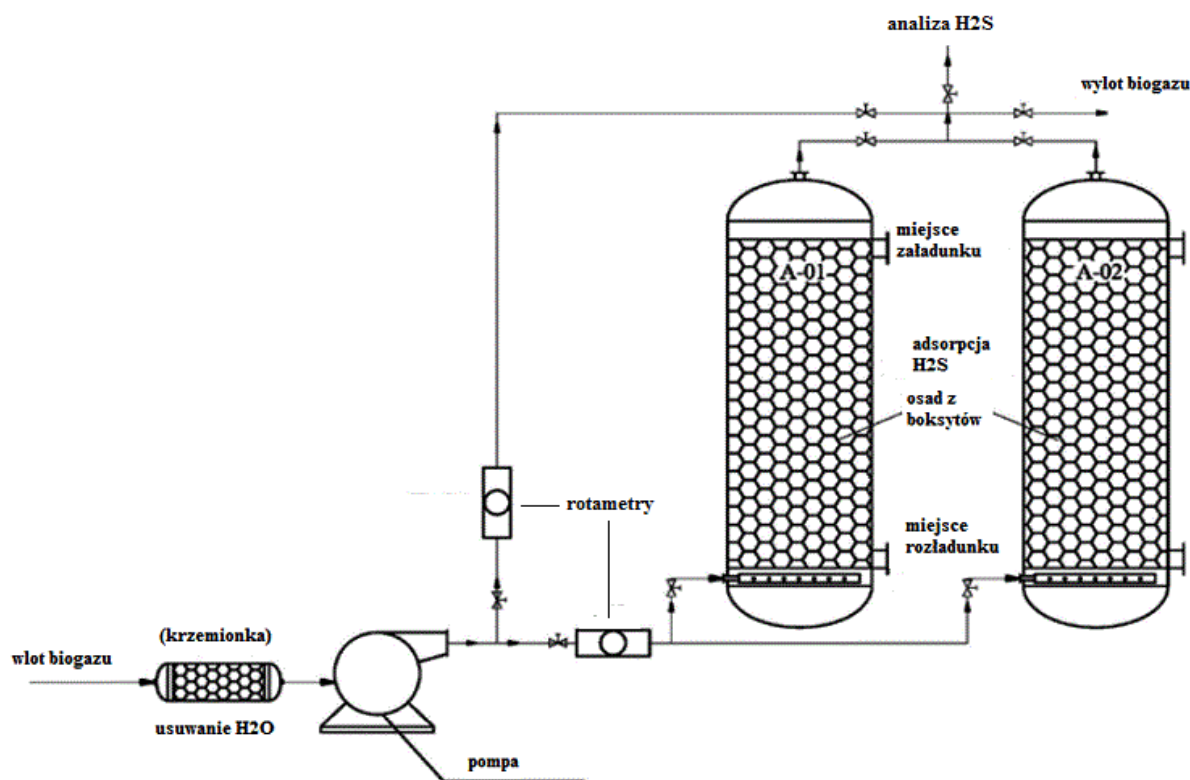


Fot. 1. Widok na nadziemną zabudowę systemu odsiarczania biogazu za pomocą rudy darniowej w firmie Rawskie Wodociągi i Kanalizacja Sp. z o.o. w Żydomicach. Własność autorów.

W okresie blisko sześciu lat badano skład biogazu przed i po jego oczyszczeniu za pomocą rudy darniowej ze złoża w Strzyżowie koło Kalisza [32]. Biogaz generowano w wyniku fermentacji osadów ściekowych wytwarzanych w oczyszczalni ścieków, w dwóch Wydzielonych Komorach Fermentacyjnych (WKF). Proces oczyszczania biogazu następował w odsiarczalniku, w którym znajdowały się cztery warstwy złoża odsiarczającego, bazującego na rudzie darniowej, zmodyfikowanej przez wprowadzenie aktywatorów i dodatków spulchniających. Odsiarczony biogaz magazynowano w zbiorniku, z którego stopniowo przesyłano go za pomocą wężła pomiarowo-rozdzielczego do kotłowni i generatorów. W przypadku, gdy występował nadmiar biogazu, spalano go także w pochodni. Biogaz kierowany do generatorów oczyszczano dodatkowo w adsorberze wypełnionym węglem aktywnym i na filtrze włókninowym. W wymienniku ciepła ochładzano spaliny, a ich niedopalone składniki, np. tlenek węgla, dotleniało za pomocą konwertera katalitycznego [28].

Oprócz rud pozyskiwanych w Polsce można znaleźć na rynku i w literaturze naukowej przykłady adsorbentów handlowych. Należą do nich, m. in.: Sulfatreat 410-HP zawierający w swoim składzie tlenki żelaza, służący do odsiarczania i dezodoryzacji gazów pod ciśnieniem atmosferycznym, a także Sulfa-Bind firmy ADI International oraz Sulfur-Gte firmy GTP-Merichem [22, 35].

Do oczyszczania biogazu z siarkowodoru nadaje się również osad, który powstaje w wyniku przerobu i oczyszczania boksytów w procesie otrzymywania aluminium. Boksyt jest skałą osadową, która się składa głównie z wodorotlenków glinu. Oprócz tego zawiera również minerały ilaste, krzemionkę, tlenki i wodorotlenki żelaza. Osad ten ma dużą pojemność adsorpcyjną, co wykazały badania przeprowadzone przez naukowców z Wietnamu i Japonii [31], bowiem wydajność usuwania siarkowodoru wyniosła aż 94,7%. Osad świeży posiada lepszą wydajność usuwania siarkowodoru z biogazu niż osad po regeneracji, dlatego zaleca się używanie jedynie świeżego materiału, aby proces był optymalny i w pełni wydajny. Zaletą tego materiału jest również jego niska cena.



Rys. 1. Schemat aparatury do usuwania siarkowodoru z użyciem sorbentu boksytowego [31]

Źródło: Q. Huynh, V. Q. Q. Thieu, T. P. Dinh, S. Akiyoshi, *Removal of hydrogen sulfide (H₂S) from biogas by adsorption method, 8th Biomass Asia Workshop, November 29-December 1, 2011, Hanoi, Vietnam.*

Zaproponowano schemat instalacji służącej do usuwania siarkowodoru z biogazu z użyciem osadów boksytowych. Instalacja przedstawiona na rys. 1. charakteryzowała się 95% wydajnością, przy założeniu oczyszczania 20 m³ dziennie biogazu o zawartości do 2500 ppm siarkowodoru [31]. Zasadniczą część aparatury stanowiły dwie kolumny do adsorpcji siarkowodoru.

Utlenianie siarkowodoru w fazie gazowej z udziałem węgla aktywnego, sit molekularnych i krzemionki

Kolejną metodą stosowaną do odsiarczania biogazu jest utlenianie siarkowodoru w fazie gazowej na złożu węgla aktywnego, jednego z najstarszych i najpopularniejszych adsorbentów [20-22, 30, 33-43].

W wyniku reakcji, które zachodzą na powierzchni węgla aktywnego, siarkowodor zostaje katalitycznie utleniony, głównie do siarki elementarnej lub w mniejszym stopniu do dwutlenku siarki, który może z kolei utleniać się do trójtlenku (SO₃). Aby ten proces mógł zachodzić, niezbędna jest obecność wody oraz tlenu w oczyszczanym gazie. Woda w wyniku akumulacji oraz kondensacji tworzy cienki film, który pokrywa hydrofobową powierzchnię mikro- i mezoporów adsorbentu. Tlen dyfunduje przez warstwę wody, następnie ulega dysocjacji i adsorpcji na powierzchni węgla. Siarkowodor tak samo dyfunduje do wody i jeżeli pH środowiska jest większe od 5, to także zaczyna ulegać dysocjacji [22, 34].

Niemodyfikowany węgiel aktywny wykazuje małą pojemność sorpcyjną względem siarkowodoru, zwykle na poziomie 0,02 g H₂S/g węgla aktywnego. Sorbent ten ma jednak zastosowanie do oczyszczania gazów, które zawierają kilka ppm siarkowodoru. W pracach [22, 34] opisano dostępne na rynku węgle aktywne o różnym stopniu obróbki fizyko-chemicznej, m. in.:

- WVA-1100, firmy Westvaco o powierzchni właściwej 1700 m²/g, otrzymywany z drewna i aktywowany kwasem ortofosforowym;
- Maxsorb, firmy Kansai o powierzchni właściwej 2240 m²/g, powstający z pozostałości po destylacji ropy naftowej i aktywacji wodorotlenkiem potasu;
- Xtrusorb, firmy Calgon Carbon o powierzchni właściwej około 1040 m²/g, otrzymywany na bazie kamiennego w wyniku aktywacji parą wodną.

Częściej do oczyszczania biogazu z siarkowodoru stosowane są modyfikowane węgle aktywne – znacznie wydajniejsze w procesie adsorpcji siarkowodoru. Modyfikacja polega na wprowadzeniu do struktury sorbentu zasadowych grup zawierających azot (działanie na węgiel mocznikiem lub amoniakiem), zasadowych tlenków (MgO, CaO), wodorotlenków (NaOH, KOH), bądź węglanów sodu i potasu. Krystaliczne tlenki o charakterze zasadowym, w tym wypadku MgO i CaO, wykazują niewielką reaktywność względem H₂S w temperaturze pokojowej i małą rozpuszczalność w wodzie. Wchodzą one w reakcje z dwutlenkiem węgla, który znajduje się zarówno w powietrzu jak i w biogazie, tworząc wodorowęglany i węglany wapnia czy magnezu, które występują w strukturze węgla aktywnego jako osobne fazy. Związki te podczas kontaktu z wodą ulegają dysocjacji i zwiększają pH środowiska reakcyjnego, nawet powyżej 10. To stwarza korzystne warunki do dysocjacji H₂S, a potem do jego utleniania. Ciąg reakcji następujących w przypadku, gdy zostanie zastosowany tlenek wapnia przedstawiono w pracy [22].

Przykładowe, dostępne na rynku modyfikowane węgle aktywne to: Midas OCM, firmy US Filters, wytwarzany z węgla bitumicznego; Draco H₂S, firmy Norit oraz S-208C, firmy Waterlink/Barnabey Sutcliffe [22, 36]. Do usuwania H₂S z biogazu mogą być także stosowane węgle aktywne firmy Gryfskand pod technicznymi nazwami: AKPA-22, AKP-5, NG I, NG II, AG i AG-5S [40] oraz węgle modyfikowane dodatkiem KOH przedsiębiorstwa Desotec Polska, przeznaczone do usuwania gazów kwaśnych o symbolach: Airpel 10-3 oraz Airpel 10-4 [39].

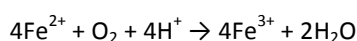
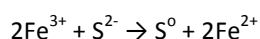
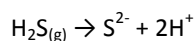
Do odsiarczania biogazu można zastosować również sita molekularne oraz syntetyczne krzemionki [22, 41, 42]. Ziarna sit molekularnych mają kształt kulisty, pory zbliżonych wymiarów, a ich powierzchnia właściwa zwykle wynosi od 500 do 1000 m²/g. Sorpcja siarkowodoru z udziałem sit zależna jest od ciśnienia i od temperatury. Górna granica ich odporności termicznej zawiera się w granicach 880-1100 K. Sita molekularne produkowane z polimorficznego krzemu mogą adsorbować małe, organiczne cząsteczki, jednak nie adsorbują polarnych cząsteczek wody. Para wodna może być adsorbowana z powodzeniem za pomocą zeolitów naturalnych lub syntetycznych - hydratów metali: Ca, Na, Mg lub ich kombinacji. Siarkowódór może być adsorbowany przy średnicy porów 0,4 nm [44].

Usuwanie siarkowodoru z biogazu za pomocą sorbentu haloizytowego

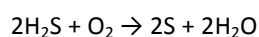
Haloizyt to dwuwarstwowy glinokrzemian, posiadający dużą powierzchnię właściwą (65-400 m²/g). Ma on zdolność pochłaniania gazów oraz cieczy, jest odporny chemicznie oraz termicznie. Jediną kopalnią tego materiału w Europie jest kopalnia „Dunino” w Gliwicach. Materiał ten może być wykorzystywany w filtrach do usuwania siarkowodoru z biogazu, co przedstawiono w 2012 r. na Bałtyckim Forum Biogazu [24]. Filtry z trzema warstwami sorbentu haloizytowego są bardzo skuteczne w procesie oczyszczania biogazu z siarkowodoru, siloksanów, amoniaku, merkaptanów, metali ciężkich (zwłaszcza rtęci). W wyniku zmieszania haloizytu z materią organiczną i zapewnieniu warunków do rozwoju właściwych kultur bakterii tworzone są biożłóżka haloizytowe. Część zanieczyszczeń z biogazu usuwana jest na drodze przetworzenia ich przez bakterie, a pozostała część pochłaniana przez sorbent mineralny. Zaletą tych filtrów w porównaniu do biofiltrów naturalnych (opartych na korze, korzeniach itp.) jest to, że zachowują one swoją strukturę przestrzenną oraz wytrzymałość mechaniczną przez długi czas. Z kolei wpływa to na wyższą sprawność procesu oczyszczania, ułatwia realizację całego procesu oraz obniża koszty eksploatacyjne [24, 45].

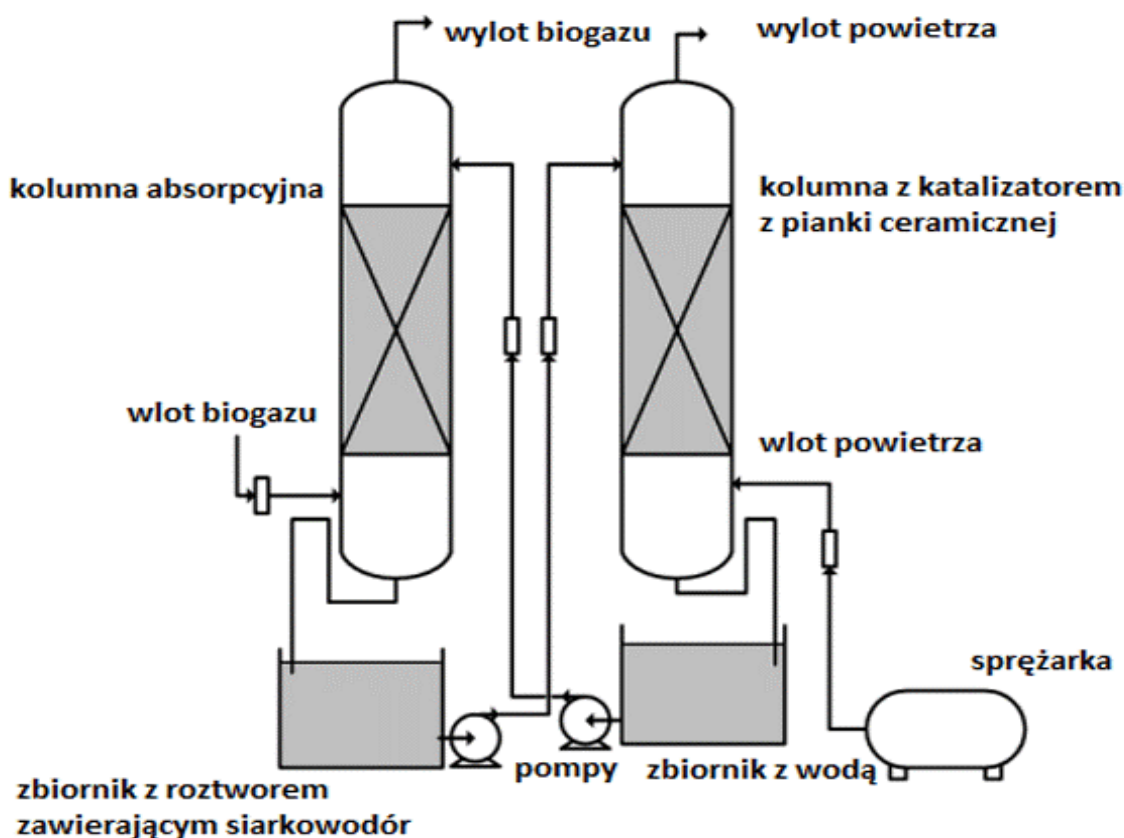
Usuwanie siarkowodoru za pomocą jonów żelaza (III) i MgO osadzonych na katalizatorze ceramicznym

Złoże z pianki ceramicznej zawierające jony Fe³⁺, w heterogenicznym układzie katalitycznym odwracalnie redukowane do Fe²⁺, umożliwia rozkład siarkowodoru. Poniższe równania reakcji obrazują mechanizm utleniania siarkowodoru przez jony Fe³⁺ i ich regenerację za pomocą tlenu z powietrza [46].



Reakcja ogólna:





Rys. 2. Schemat instalacji do usuwania siarkowodoru z biogazu [47]

Źródło: N. Rakmak, W. Wiyaratn, J. Chungsiriporn, Removal of H_2S from biogas by iron (Fe^{3+}) doped MgO on ceramic honey-comb catalyst using double packed columns system. *Engineering Journal*, (1)14 (2010), 15-24.

Instalację do usuwania siarkowodoru z biogazu złożoną z dwóch kolumn - absorpcyjnej i katalizacyjnej przedstawiono na rys. 2. Biogaz zanieczyszczony siarkowodorem w zakresie stężenia od 1300 do 1500 ppm doprowadzany był w sposób ciągły do dolnej części kolumny absorpcyjnej wypełnionej pierścieniami Rashiga. Kolumna była zraszana wodą dejonizowaną, a wylot oczyszczonego biogazu znajdował się na górze. Następnie roztwór zawierający H_2S przepompowywano do kolumny katalizacyjnego utleniania siarkowodoru. Kolumna ta była wypełniona monolitycznym złożem katalizacyjnym utleniającym zaabsorbowany w wodzie siarkowodor. Jako katalizator użyto Fe^{3+} z domieszką MgO osadzone na piance ceramicznej. Złoże katalizatora regenerowano za pomocą tlenu, pochodzącego ze strumienia powietrza. Próbkę biogazu przeznaczone do analizy pobierano przy wlocie i wylocie tegoż medium [46, 47].

Regeneracja i jednostkowa pojemność sorbentów stałych

W tabeli 2 zebrano dane dotyczące metod regeneracji sorbentów stałych oraz podano ich pojemności sorpcyjne, nie zamieszczone w powyższej części publikacji.

Tabela 1. Metody regeneracji wybranych sorbentów stałych oraz ich pojemności sorpcyjne [20]

Sorbent	Metoda regeneracji sorbentu stałego	Pojemność sorpcyjna (nazywana dalej sorpcją H_2S) w $g(H_2S)/kg$ sorbentu	Pozycja literaturowa
Ruda darniowa modyfikowana (Strzyżów)	Przez ekspozycję na kontrolowane oddziaływanie tlenu z powietrza atmosferycznego.	Pojemność sorpcyjna 72 $g(H_2S)/kg$ s.m.	[32, 48]
Osady boksytowe	Regeneracja poprzez oddziaływanie powietrza atmosferycznego na złoże.	Pojemność sorpcyjna w zakresie 5,45-12,57 $g(H_2S)/kg$ s.m. osadu boksytowego	[31]

	Jednak proces ten nie jest zalecany, bowiem osad świeży charakteryzuje się znacznie większą wydajnością procesu sorpcji H ₂ S od osadu regenerowanego.	wego.	
Węgiel aktywny niemodyfikowany	Regeneracja zwykle w podwyższonej temperaturze, parą wodną lub powietrzem.	Średnia pojemność sorpcyjna 20 g(H ₂ S)/kg węgla.*	[22, 34]
		Stwierdzono sorpcję 1,67 gH ₂ S/kg węgla komercyjnego ze skorup orzechów w T=30°C oraz 1,41 gH ₂ S/kg węgla w T=550°C.*	[49]
		Sorpcja 7,1 gH ₂ S/kg węgla.	[31]
Węgiel aktywny modyfikowany	Regeneracja zwykle w podwyższonej temperaturze, parą wodną lub powietrzem.	Sorpcja na czterech węglach z wilgotnego biogazu była w zakresie 36-608 gH ₂ S/kg węgla.*	[22, 36]
		Sorpcja na czterech węglach ze suchego biogazu była w zakresie 9-106 gH ₂ S/kg węgla.* Sorpcja na czterech zwilżonych węglach z biogazu była w zakresie 24-152 gH ₂ S/kg węgla.*	[22, 50]
		Sorpcja w zakresie 20-110 gH ₂ S/kg węgla w T=30°C zależnie od innych parametrów doświadczenia.*	[33]
		Sorpcja w zakresie 4,45-40,02 gH ₂ S/kg węgla w T=550°C zależnie od rodzaju czynnika impregnującego.	[49]
		Sorpcja przez węgiel modyfikowany jonami OH ⁻ była na średnim poziomie 150 gH ₂ S/kg węgla.	[34]
Sito molekularne typu NaX	Zmniejszone ciśnienie (0,005 mbara), temperatura 75°C.	Sorpcja wynosiła 80 gH ₂ S/kg sita w temperaturze 25°C, pod ciśnieniem około 6,7 kPa.	[22]
Krzemionka (syntetyczna krzemionka TRI-PE-MCM-41)	Zmniejszone ciśnienie (0,005 mbara), temperatura 75°C.	Sorpcja 5,9 gH ₂ S/kg sorbentu.	[31]
		Zdolność sorpcyjna względem czystego siarkowodoru to około 100 g H ₂ S/kg krzemionki w T=25°C i p=1 atm.	[22, 42]
Sorbent haloizytowy (PTH Intermark, Gliwice)	Autoregeneracja tlenem z powietrza - przepływającym w sposób kontrolowany, bowiem nadmiar powietrza w początkowej fazie regeneracji może spowodować zapłon siarki w złożu haloizytu.	Pojemność sorpcyjna około 300 gH ₂ S/kg sorbentu.	Dane udostępnione przez profesora Jana Cebulę, ATH w Bielsku Białej.

*Pochłanianie siarkowodoru zależy od temperatury, obecności pary wodnej, rodzaju sorbentu i jego charakterystyki fizykochemicznej. W związku z tym wartości podane w pracy mają tylko charakter przybliżony.

Źródło: Zestawienie własne oparte na przeglądzie literatury

Podsumowanie

Wzrost produkcji biogazu i nowe możliwości jego wykorzystania wymuszają doskonalenie metod usuwania siarkowodoru. Obecnie w wielu biogazowniach zarówno na terenie Polski jak i poza jej granicami siarkowodor jest usuwany z biogazu metodą adsorpcji na sorbentach stałych zawierających zwykle tlenki żelaza(III), zwłaszcza w postaci naturalnej lub zmodyfikowanej rudy darniowej, a także na węglach aktywnych. Są to zwykle proste, tanie i stosunkowo skuteczne technologie warte powszechnego zastosowania.

Bibliografia

- [1] S. Aleksandrow, M. Staniszevska, Znaczenie odnawialnych źródeł energii w globalnej gospodarce oraz ich wpływ na rynek pracy. *Acta Innovations*, 6 (2013), 41-45.
- [2] P. Wawer, Biogazownia o mocy 1,6 MW, *Ekologia i Technika*, (5)21 (2013), 204-209.
- [3] E. Kochańska, P. Makowski, Ekonomiczne i technologiczne aspekty rozwoju rozproszonej energetyki opartej o biomasę na przykładzie małej gminy, *Acta Innovations*, 6 (2013), 23-30.
- [4] V. Udo, A. Pawłowski, Human Progress Towards Equitable Sustainable Development – part II: Empirical Exploration. *Problems of Sustainable Development*, (2)6 (2011), 33–62.
- [5] Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce w latach 2010–2020. Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2010.
- [6] J. Osiak, Kierunki rozwoju biogazowni rolniczych w Polsce do 2020 r. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 5 (2011), 26-28.
- [7] C. T. Szyjko, Techniczne i prawne aspekty finansowania rozwoju energetyki odnawialnej w Polsce, *Dozór Techniczny*, 2 (2013), 32-42.
- [8] S. Aleksandrow, D. Michalak, Analiza potencjału regionu łódzkiego pod kątem budowy biogazowni, *Acta Innovations*, 7 (2013), 28-44.
- [9] Z. Sadecka, Energooszczędne modyfikacje metod przeróbki osadów ściekowych, *Ochrona Środowiska*, (3)86 (2002), 27-30.
- [10] M. Gabryszewska, M. Rogulska, Biogazownie rolnicze. Bariery rozwoju, *Przem. Chem.*, (3)88 (2009), 248-251.
- [11] J. Wilk, Wykorzystanie osadów ściekowych do produkcji biogazu, *Aura*, 5 (2011), 18-20.
- [12] G. Zając, J. Szyszlak-Bargłowicz, T. Słowik, Produkcja i wykorzystanie biogazu w oczyszczalni ścieków „Hajdów”, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2 (2013), 93-95.
- [13] A. Grosser, M. Worwąg, E. Neczaj, A. Grobelak, Półciągła kofermentacja osadów ściekowych i odpadów tłuszczowych pochodzenia roślinnego, *Rocznik Ochrona Środowiska*, 15 (2013), 2108-2125.
- [14] K. Grübel, A. Machnicka, S. Wacławek, Impact of Alkalization of Surplus Activated Sludge on Biogas Production, *Ecological Chemistry and Engineering S*, (2)20 (2013), 343-351.
- [15] E. Kociołek-Balawejder, Ł. Wilk, Siarczki w instalacjach przemysłowych. Problemy techniczne i środowiskowe, *Przem. Chem.*, 90(5) (2011), 825-830.
- [16] M. Witek, Gazowe odnawialne źródła energii w warunkach polskich przez pryzmat strategii unijnej, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 6 (2009), 2-7.
- [17] M. Zdeb, An Efficiency of H₂S Removal from Biogas via Physicochemical and Biological Methods – a Case Study, *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection)*, 15 (2013), 551–563.
- [18] A. Jędrzak (red.), *Biologiczne przetwarzanie odpadów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, ISBN 978-83-01-15166-9.
- [19] H. Marczak, Potencjał produkcji i aspekty energetycznego wykorzystania biogazu z odpadów hodowlanych, *Ekologia i Technika*, 3 (2011), 122-138.

- [20] E. Głodek (red.), *Pozyskiwanie i energetyczne wykorzystanie biogazu rolniczego*. Wydawnictwo Instytut Śląski Sp. z o. o., Opole 2007, ISBN 987-83-7511-059-3.
- [21] A. Curkowski, A. Oniszk-Popławska, P. Mroczkowski, G. Wiśniewski, *Biogaz rolniczy - produkcja i wykorzystanie*. Mazowiecka Agencja Energetyczna Sp. z o. o., Warszawa 2009, www.mae.com.pl [dostęp 23.12.2013].
- [22] E. Kociołek-Balawejder, Ł. Wilk, *Przegląd metod usuwania siarkowodoru z biogazu*. *Przem. Chem.*, 90(3) (2011), 389-397.
- [23] O. Kujawski, *Przegląd technologii produkcji biogazu (część trzecia)*. *Czysta Energia*, 2 (2010), 1-6.
- [24] J. Cebula, J. Sołtys, *Usuwanie lotnych związków siarki z biogazu wytwarzanego w mikrobiogazowni rolniczej z wykorzystaniem sorbentu haloizytowego*. *Bałtyckie Forum Biogazu 2012*. <http://www.imp.gda.pl/BF2012/prezentacje/p254.pdf> [dostęp 5.01.2014].
- [25] R. Pomykała, P. Łyko, *Biogaz z odpadów biopaliwem dla transportu - bariery i perspektywy*, *Chemik*, 5 (2013), 454-457.
- [26] J. Holewa, A. Król, E. Kukulka-Zajac, *Biogaz jako alternatywa dla gazu ziemnego?* *Chemik*, 11 (2013), 1073-1075.
- [27] H. Kuo-Ling, L. Wei-Chih, Ch. Ying-Chien, Ch. Yu-Pei, T. Ching-Ping, *Elimination of high concentration hydrogen sulfide and biogas purification by chemical-biological process*, *Chemosphere*, 92 (2013), 1396-1401.
- [28] C. Rosik-Dulewska, *Podstawy Gospodarki Odpadami*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2007. ISBN 978-83-01-15074-7.
- [29] *Biogaz – produkcja - wykorzystywanie*. Institut für Energetik und Umwelt GmbH, Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., http://www.ieo.pl/dokumenty/obszary_badan/Biogaz%20%20Produkcja%20Wykorzystywanie.pdf [dostęp 7.01.2014].
- [30] J. Cebula, *Wybrane metody oczyszczania biogazu rolniczego i wysypiskowego*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2012.
- [31] Q. Huynh, V. Q. Q. Thieu, T. P. Dinh, S. Akiyoshi, *Removal of hydrogen sulfide (H₂S) from biogas by adsorption method*, 8th Biomas Asia Workshop. November 29 - December 1, 2011, Hanoi, Vietnam, <http://www.biomass-asia-workshop.jp/biomassws/08workshop/files/20Fulltext%20-%20H2S.pdf> [dostęp 28.12.2013r.].
- [32] H. Cybulska, K. Gaj, F. Knop, M. Steininger, *Badania sorpcji siarkowodoru zawartego w biogazie na uaktywnionej rudzie darniowej*, w: *Aktualne problemy w ochronie powietrza atmosferycznego: praca zbiorowa / pod red. Anny Musialik-Piotrowskiej i Jana D. Rutkowskiego*. Wrocław: Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Sekcja Główna Inżynierii Ochrony Atmosfery, s. 55-58, Politechnika Wrocławska 2008.
- [33] H. S. Choo, L. Ch. Lau, A. R. Mohamed, K. T. Lee, *Hydrogen sulfide adsorption by alkaline impregnated coconut shell activated carbon*, *Journal of Engineering Science and Technology*, (6)8 (2013), 741-753.
- [34] N. Abatzoglou, S. Boivin, *A review of biogas purification processes*, *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, 3 (2009), 42-71.
- [35] G. Busca, *Bases and Basic Materials in Industrial and Environmental Chemistry: A Review of Commercial Processes*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 48 (2009), 6486-6511.
- [36] A. Bagreev, T. J. Bandoz, *On the Mechanism of Hydrogen Sulfide Adsorption/Oxidation on Catalytic Carbons*, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 44 (2005), 530-538.
- [37] P. Cosoli, M. Ferrone, S. Pricl, M. Fermeglia, *Hydrogen sulphide removal from biogas by zeolite adsorption. Part I. GCMC molecular simulations*, *Chem. Eng. J.*, 145 (2008), 86-92.
- [38] W. Feng, S. O. Won, E. Borguet, R. Vidic, *Adsorption of Hydrogen Sulfide onto activated carbon fibers: Effect of pore structure and surface chemistry*, *Environ. Sci. Technol.*, 39 (2005), 9744-9749.
- [39] Desotec Polska Sp. z o. o. <http://www.desotec.pl/p/51/Wegiel-impregnowany> [dostęp 14.03.2014].
- [40] <http://gryfskand.pl/index.php/pl/nasze-produkty/wegiel-aktywny/technologie-ochrony-srodowiska/oczyszczanie-powietrza/> [dostęp 14.03.2014].

- [41] D. Stirling, *The Sulfur Problem: Cleaning up Industrial Feedstocks*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge 2000, UK, ISBN 0-85404-541-4.
- [42] Y. Belmabkhout, G.D. Weireld, A. Sayari, Amine-Bearing Mesoporous Silica for CO₂ and H₂S Removal from Natural Gas and Biogas. *Langmuir*, 25 (2009), 13275-13278.
- [43] N. Tippayawong, P. Thanompongchart, Biogas quality upgrade by simultaneous removal of CO₂ and H₂S in a packed column reactor, *Energy*, (12)35 (2010), 4531-4535.
- [44] *An Introduction to Zeolite Molecular Sieves UOP Molsiv Adsorbents*, 2014.
- [45] <http://www.intermark.pl/haloizyt.html> [dostęp 24.08.2014].
- [46] K. Jung, O. Joo, S. Cho, S. Han, Catalytic wet oxidation of H₂S to sulfur on Fe/MgO catalyst. *Applied Catalysis A: General*, 240 (2003), 235-241.
- [47] N. Rakmak, W. Wiyaratn, J. Chungsiriporn, Removal of H₂S from biogas by iron (Fe³⁺) doped MgO on ceramic honeycomb catalyst using double packed columns system. *Engineering Journal*, (1)14 (2010), 15-24. <http://engj.org/index.php/ej/article/viewFile/82/35> [dostęp 29.12.2013].
- [48] H. Cybulska-Szulc, K. Gaj, Changeability model of the bog ore hydrogen sulfide sorption ability. *Proceedings of ECOpole*, (2)6 (2012), 511-515.
- [49] R. Sitthikhankaew, S. Predapitakkunb, R. Kiattikomol, S. Pumhiranb, S. Assabumrungrat, N. Laosiripojana, Comparative Study of Hydrogen Sulfide Adsorption by using, Alkaline Impregnated Activated Carbons for Hot Fuel, 9th Gas Purification. *Eco-Energy and Materials Science and Engineering Symposium. Energy Procedia*, 9 (2011), 15-24.
- [50] M. Seredych, T. J. Bandoz, Desulfurization of digester gas on catalytic carbonaceous adsorbents: complexity of interactions between the surface and components of the gaseous mixture. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45 (2006), 3658-3665.

PRACTICAL METHODS OF REMOVING HYDROGEN SULFIDE FROM BIOGAS. PART 1. APPLICATION OF SOLID SORBENTS

Abstract

Hydrogen sulphide is an ubiquitous component of the biogas resulting in the atmospheric pollution and corrosion of the plant equipment. For environmental and technical reasons it should be removed from the biogas prior the further processing. This paper critically reviews the solid sorbents based technologies as applied in the practical biogas plant installations. In the following contribution we will present the wet chemical and biochemical methods.

Keywords

biogas, hydrogen sulphide removal, solid state sorbents, fermentation, bioenergy

Magdalena Urbaniak

Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk
ul. Tylna 3, 90-364 Łódź, m.urbaniak@unesco.lodz.pl
Katedra Ekologii Stosowanej, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki
Ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź

Anna Wyrwicka

Katedra Fizjologii i Biochemii Roślin, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki
Ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź, wyrwicka@biol.uni.lodz.pl

Edyta Kiedrzyńska

Europejskie Regionalne Centrum Ekohydrologii Polskiej Akademii Nauk
ul. Tylna 3, 90-364 Łódź, edytkied@biol.uni.lodz.pl
Katedra Ekologii Stosowanej, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki
Ul. Banacha 12/16, 90-237 Łódź

Sylvia Staniak

Instytut Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
Ul. Czarotoryskich 8, 24-100 Puławy, sstaniak@iung.pulawy.pl

Anna Gałazka

Instytut Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
Ul. Czarotoryskich 8, 24-100 Puławy, agalazka@iung.pulawy.pl

Wojciech Tołoczko

Katedra Geografii Fizycznej, Wydział Nauk Geograficznych, Uniwersytet Łódzki
Ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź, glebozn@uni.lodz.pl

Grzegorz Siebielec

Instytut Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
Ul. Czarotoryskich 8, 24-100 Puławy, gs@iung.pulawy.pl

PROBLEMATYKA PRZYRODNICZEGO WYKORZYSTANIA KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Streszczenie

Wzrost produkcji osadów ściekowych w Polsce wymaga podjęcia specyficznych sposobów ich wykorzystania i unieszkodliwiania. Powodem jest fakt, iż osady ściekowe oprócz tego że są bogate w materię organiczną oraz związki biogenne takie jak azot i fosfor, które są korzystne z rolniczego punktu widzenia, zawierają także metale ciężkie, toksyczne zanieczyszczenia organiczne, takie jak trwałe zanieczyszczenia organiczne i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, związki nieorganiczne takie jak krzemiany i gliniiany oraz bakterie chorobotwórcze i inne zanieczyszczenia mikrobiologiczne. Implikuje to problemy dalszego wykorzystania tak zanieczyszczonego osadu jako nawozu w rolnictwie. Tym samym celem niniejszej pracy jest analiza możliwości oraz ograniczeń przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych z uwzględnieniem ich wpływu na restytucję i zachowanie materii organicznej w glebie oraz plonowanie roślin. Dodatkowo omówione zostały główne metody uzdatniania zanieczyszczonych przed wprowadzeniem ich do środowiska.

Słowa kluczowe

osady ściekowe, przyrodnicze wykorzystanie, zanieczyszczenia, metody rekultywacji

Wstęp

Według danych Krajowego Planu Gospodarki Odpadami (KPGO) (MP 2010 nr 101, poz. 1183) w 2008 roku, w Polsce wytworzono 567,3 tys. ton suchej masy (s.m.) osadów ściekowych w komunalnych oczyszczalniach ścieków. Ilość ta może wzrastać ze względu na wymóg uregulowania gospodarki ściekowej naszego kraju do

roku 2015, co jest efektem wejścia Polski do Unii Europejskiej. Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK) narzuca każdej aglomeracji, w której wytwarzane są ścieki o ładunku zanieczyszczeń równoważnym ściekom generowanym przez 2000 dorosłych osób (RLM - Równoważna Liczba Mieszkańców), zaopatrzenie się w system zbierania oraz oczyszczania ścieków, adekwatny do lokalnych uwarunkowań i potrzeb. Istotnym skutkiem KPOŚK, oprócz poprawy parametrów jakościowych wód, jest zatem zwiększenie produkcji osadów ściekowych. Wg danych KPGO szacuje się, iż w 2015 roku produkcja osadów ściekowych na terenie Polski wyniesie 642,5 tys. ton s.m. Oznacza to wzrost produkcji o 62% w stosunku do roku 2002 (MP 2010 nr 101, poz. 1183). Opierając się na założeniach oraz prognozach demograficznych, przewidywana ilość osadów ściekowych, które zostaną wytworzone w Polsce do roku 2018 może wynosić aż 706,6 tys. ton s.m. (MP 2010 nr 101, poz. 1183).

Osady ściekowe powstające podczas procesu oczyszczania ścieków i wód burzowych w dotychczasowej praktyce były najczęściej składowane na terenie oczyszczalni, a także wywożone poza jej teren i składowane na składowiskach lub spalane. Z danych publikowanych na stronach Rocznika Statystycznego Ochrony Środowiska na lata 2004-2009 wynika, iż ponad 31% wytworzonych osadów ściekowych podlegało składowaniu, a 14,5% czasowemu magazynowaniu. Tymczasem wejście w życie zapisów Ustawy o odpadach z dnia 14 grudnia 2012 r. (Dz. U. 2013 poz. 21), zabrania (od dnia 1 stycznia 2013 roku) składowania osadów ściekowych charakteryzujących się następującymi parametrami: zawartością ogólnego węgla organicznego powyżej 5% s.m.; stratą przy prażeniu powyżej 8% s.m.; ciepłem spalania powyżej 6 MJ/kg s.m. Tym samym brak możliwości składowania komunalnych osadów ściekowych powoduje konieczność opracowania efektywnych ekonomicznie i przyjaznych środowisku metod ich zagospodarowania. Jedną z nich jest zagospodarowanie przyrodnicze, czemu sprzyja charakterystyka fizyko-chemiczna osadów ściekowych bogatych w substancje organiczne oraz azot, fosfor, magnez, wapń i siarkę. Taki osad charakteryzuje się zatem wysoką wartością nawozową i może być zagospodarowany przyrodniczo m.in. do nawożenia gleb lub rekultywacji gruntów bezglebowych [1].

W dalszej części pracy omówione zostały możliwości oraz ograniczenia dla przyrodniczego zagospodarowania osadów ściekowych z uwzględnieniem ich wpływu na restytucję i zachowanie materii organicznej w glebie oraz plonowanie roślin, a w przypadku osadów zanieczyszczonych omówienie głównych metod ich uzdatniania przed wprowadzeniem do środowiska.

1. Możliwości i ograniczenia dla przyrodniczego zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych

Podwyższone stężenia metali ciężkich w osadach, zwłaszcza pochodzących z dużych oczyszczalni ścieków obsługujących wielo-tysięczne aglomeracje miejskie, ograniczają ich rolnicze wykorzystanie. Z tego też powodu w ostatnich latach postuluje się termiczne przekształcanie osadów w spalarniach. Szacuje się, iż do roku 2018 ok. 60% osadów ściekowych będzie spalane. To z kolei implikuje problem budowy nowych spalarni osadów ściekowych, jako że do chwili obecnej powstało ich zaledwie 9 i obsługują one największe aglomeracje miejskie takie jak: Warszawa, Kraków, Łódź, Szczecin, Olsztyn, Gdynia, Bydgoszcz, Płock i Kielce. Ponadto należy zaznaczyć, iż termiczna utylizacja osadów ściekowych generuje produkcję toksycznych popiołów, których ilość sięga 10-12% wyjściowej masy osadów ściekowych oraz prowadzi do emisji zanieczyszczonych gazów, dwutlenku węgla i metanu. Spalanie osadów ściekowych jest również niezwykle kosztownym rozwiązaniem z uwagi na konieczność usunięcia wody z osadu (ok. 80% świeżej masy osadu). Tym samym koszt spalania osadów ściekowych wynosi ok. 60 euro za tonę mokrej masy [2], a w przypadku Polski waha się w granicach od 180 do 280 zł [3]. Suszenie prowadzone metodą konwencjonalną jest bardzo energochłonne, natomiast z wykorzystaniem np. energii słonecznej czy biogazu wymaga znacznych nakładów inwestycyjnych [4]. Ponadto, podczas termicznego przekształcania osadów ściekowych, mimo wychwytywania ponad 99% pyłów powstających w tym procesie, produktem ubocznym są i tak odpady paleniskowe oraz gazy, między innymi dwutlenek węgla [5]. Zastosowanie odpowiednich filtrów redukuje problem emisji zanieczyszczeń np. pierwiastków śladowych do atmosfery, ale jednocześnie przesunęła problem utylizacji w stronę wychwyconych popiołów.

Alternatywną metodą zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych, zwłaszcza dla małych i średnich oczyszczalni ścieków, mających jedynie niewielką lub żadnej możliwości spalania, a jednocześnie produkujących osady charakteryzujące się umiarkowanym bądź niskim stopniem zanieczyszczenia metalami, jest ich wykorzystanie jako nawozu pod uprawę roślin. Takie wykorzystanie osadu ściekowego determinowane jest dopuszczalnymi zawartościami pierwiastków śladowych zarówno w osadzie ściekowym jak i samej glebie. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. 2010 Nr 139 poz. 924), maksymalna dawka osadu ściekowego, która może być wykorzystana

w rolnictwie na jednostkę gruntu, spełniając przy tym normy dopuszczalnej zawartości pierwiastków śladowych, nie może przekraczać 3 ton s.m./ha/rok, a w przypadku zastosowania jednorazowo dawki 3-letniej 9 ton s.m./ha. Taki sposób wykorzystania osadów ściekowych warunkuje bezpieczny poziom dopływu potencjalnie toksycznych pierwiastków śladowych do gleby, a z drugiej strony kształtuje potencjał sekwestracyjny egzogenicznej materii organicznej w glebie, jak również wpływa pozytywnie na wzrost i plonowanie roślin uprawnych.

1.1. Wpływ komunalnych osadów ściekowych na restytucję i zachowanie materii organicznej w glebie

Zmniejszenie dopływu resztek poźniwnych do gleb na skutek uproszczeń w płodozmianie oraz braku w wielu regionach nawozów naturalnych, powoduje spadek zawartości materii organicznej w glebach, który uznany został przez Komisję Europejską za jedno z podstawowych zagrożeń dla jakości gleb w Europie. Tym samym istotnym aspektem zastosowania osadów ściekowych do nawożenia gleb jest restytucja lub zachowanie zasobów glebowej materii organicznej. Ocenia się, iż w ostatnich 30 latach zawartość próchnicy w glebie spadła o 40% [6], a średnia zawartość węgla organicznego w glebach uprawnych Polski wynosi obecnie 1,25%. Ponadto, zgodnie z normami Komisji Europejskiej, zawartość materii organicznej poniżej 1,7% poprzedza pustynnienie obszarów, co powoduje ryzyko degradacji gleb i konieczności ich rekultywacji dla podtrzymania produkcyjnych i środowiskowych funkcji gleb. Również analizy wykonane przez Instytut Upraw, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy (IUNG-PIB) potwierdzają negatywny bilans materii organicznej na użytkach rolnych w wielu regionach Polski [7]. Biorąc pod uwagę powyższe, zastosowanie nawożenia bezpiecznym środowiskowo osadem ściekowym, wydaje się być metodą efektywną nie tylko z ekonomicznego punktu widzenia lecz również w kontekście ochrony funkcji gleb podlegających degradacji lub gruntów o niskiej naturalnej jakości. Jak wykazały badania IUNG-PIB około 3/4 osadów ściekowych wytwarzanych w Polsce spełnia obecne kryteria zawartości pierwiastków śladowych, stanowiąc potencjalne źródło wzbogacenia gleb w materię organiczną. Badania te przeprowadzono na reprezentatywnej próbie osadów pochodzących z 60 oczyszczalni ścieków o różnej klasie wielkości, a wyniki tych badań opublikowano w 2008 r. [8]. Przy kontroli dawki osadu i jego jakości, nie ma również ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych i plonów pierwiastkami śladowymi. Niestety dopuszczalne obecnie dawki osadów (jedynie 3 tony/ha rocznie), choć skutecznie chronią środowisko, w dużym stopniu ograniczają możliwości wzbogacenia glebowej materii organicznej poprzez zabieg nawożenia gleb osadami. Ponadto należy podkreślić, iż w osadzie ściekowym występuje od 35 do 80% s.m. substancji organicznej, a jej średnia zawartość wynosi około 60% s.m. Wyniki badań 29 komunalnych oczyszczalni ścieków wykazały, iż produkowane w nich osady ściekowe charakteryzują się właściwościami porównywalnymi do właściwości obornika, co wskazuje na potencjał ich rolniczego wykorzystania. Jednocześnie rozkład osadów ściekowych powinien odbywać się w glebie, gdyż uwalniana podczas rozkładu energia i składniki pokarmowe będą korzystnie wpływały na właściwości gleby i wzrost roślin [9].

Osady ściekowe zawierające duże ilości substancji organicznej, mogą być wykorzystane nie tylko do bezpośredniego nawożenia gleb, ale też do produkcji wermikompostu. Kompostowanie osadów ściekowych z udziałem dżdżownic (wermikompostowanie) prowadzi do szybkiej zmiany mazistej substancji odpadowej w nawóz o strukturze gruzełkowatej, bogaty w składniki pokarmowe dostępne dla roślin. Wytwarzany w ten sposób wermikompost powstaje z odpadów organicznych, a swoje cechy zawdzięcza funkcjom życiowym dżdżownic, które przemieszczają się w nich i żerują [9]. Cechuje się on szczególnie korzystnymi właściwościami w porównaniu z kompostem otrzymanym metodami tradycyjnymi. Wermikompost zawiera duże ilości enzymów i mikroorganizmów związanych z metabolizmem dżdżownic. Z badań własnych wynika, że wermikompost przyczynia się do zwiększenia przyrostu biomasy roślin (np. wierzby wiciowej (*Salix viminalis*) o ok. 35%) oraz biomasy wybranych gatunków traw (średnio o ok. 17%) [10]. Wprowadzenie takiego kompostu do gleby pobudza jej życie biologiczne, co ma szczególne znaczenie dla gleb, które utraciły zdolności samooczyszczania się wskutek skażeń.

Osady ściekowe były też z powodzeniem stosowane do rekultywacji toksycznych składowisk odpadów z hutnictwa cynku i ołowiu. Pozytywny efekt zastosowania osadów ściekowych wynikał z poprawy retencji wodnej wierzchniej warstwy składowiska, obniżenia rozpuszczalności pierwiastków śladowych (właściwości sorpcyjne materii organicznej, wytrącanie nierozpuszczalnych związków metali przez fosfor wprowadzony z osadem) oraz nawożeniowej roli osadu [11].

1.2. Wpływ komunalnych osadów ściekowych na plonowanie roślin

Zastosowanie osadów ściekowych ma korzystny wpływ na poprawę zasobności i żyzności gleb; przyczynia się do

dynamicznego wzrostu zawartości substancji organicznych, ulegających szybkiej transformacji do próchnicy glebowej. Ma to szczególne znaczenie w przypadku gleb zdegradowanych, a także gleb lekkich, łatwo przepuszczalnych, których żyzność oraz właściwości fizyczne wskutek nawożenia osadami ściekowymi radykalnie poprawiają się, przyczyniając się tym samym do zwiększenia plonowania roślin. Kumulatywne zastosowanie osadów ściekowych w uprawie jęczmienia ozimego (*Hordeum vulgare* L.) spowodowało znaczny wzrost plonu (o 47%) wyrażający się liczbą kłosów otrzymanych z jednostki powierzchni. Plon jęczmienia uzyskany z poletek nawożonych osadem ściekowym był wyższy nawet od plonu otrzymanego na poletkach nawożonych mineralnie. Większe zbiory jęczmienia uzyskane po nawożeniu osadem ściekowym przypisuje się polepszeniu warunków glebowych, poprzez dostarczenie dodatkowej puli węgla organicznego wraz z zaaplikowanym osadem. Dodatkowo stwierdzono, iż korzystny efekt nawożenia osadem ściekowym widoczny jest dopiero w drugim i trzecim roku stosowania osadu [12, 13]. Z przeprowadzonych badań wynika także, iż regularna, coroczna aplikacja osadów wywiera kumulatywny efekt na zawartość pozostałego w glebie azotu, który może zostać zmineralizowany. Z drugiej strony, długotrwały efekt pojedynczej aplikacji osadu ściekowego jest obserwowany tylko wówczas, gdy dawka organicznego azotu jest wysoka, ponieważ azot związany w związkach organicznych ma czas półtrwania około jednego roku. Rośliny jęczmienia ozimego po kumulatywnym nawożeniu osadem ściekowym, wykazywały także wzrost plonu suchej masy, zwiększenie zawartości białka całkowitego w tkankach liści młodych roślin (do stadium pojawienia się kłosów) oraz zwiększenie masy ziarna

w porównaniu z roślinami nienawożonymi oraz nawożonymi mineralnie [12, 13]. Białka stanowią w tkankach roślin rezerwę azotu. Obserwowane wysokie stężenie całkowitego białka rozpuszczalnego w tkankach liści jęczmienia, w początkowych stadiach rozwoju, oraz następujący po kwitnieniu spadek stężenia białka, może świadczyć o wydajnej translokacji zasymilowanego azotu do rozwijającego się ziarna. Podobną zależność stwierdzono w przypadku całkowitego stężenia cukrów rozpuszczalnych. Fruktaza, sacharoza i fruktany są głównymi rozpuszczalnymi w wodzie węglowodanami, które są akumulowane w zbożach ozimych. Rośliny jęczmienia nawożone osadem ściekowym wykazywały szybszą translokację cukrów rozpuszczalnych z tkanek liści do kształtujących się ziaren, w porównaniu z roślinami nienawożonymi oraz roślinami nawożonymi mineralnie. Dane te wskazują na szybszy rozwój fizjologiczny związany z wejściem w fazę generatywną roślin rosnących na podłożu wzbogaconym w osady ściekowe.

U roślin lucerny siewnej (*Medicago sativa* L. cv. Aragón) uprawa na podłożu wzbogaconym w osady ściekowe wpłynęła na wzrost wydajności fotosyntezy, przyczyniając się do większego przyrostu roślin i zwiększenia ilości produktów fotosyntezy (cukry rozpuszczalne), a także sprzyjała zwiększeniu zawartości białka całkowitego w liściach, podwyższając jednocześnie wartość wskaźnika jakości paszy [14, 15].

Badania własne dotyczące wpływu nawożenia wierzby wiciowej osadem ściekowym pochodzącym z jednej z największych oczyszczalni ścieków w Polsce – Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Łodzi – wykazały wzrost biomasy sadzonek wierzby od 26 do 73% w stosunku do przyrostu wierzby kontrolnej [28]. Najlepszym wariantem nawożenia, powodującym największy przyrost biomasy wierzby wiciowej okazał się wariant osad + kompost + potas. Tak wspomaganą plantację może dać plon większy średnio o 77,45% w porównaniu z plantacją nienawożoną. W wariantcie nawożonym osadem i potasem otrzymano plon większy średnio o 23% w porównaniu z wariantem z samym osadem, natomiast dodatek wapnia spowodował wzrost biomasy o średnio 20%. Dodanie samego kompostu zwiększyło plon wierzby średnio o 12% w porównaniu z wariantem z samym osadem.

Ponadto należy podkreślić, iż nawożenie osadem ściekowym wpływa na zwiększenie odporności roślin na niekorzystne warunki środowiskowe takie jak: susza, zasolenie, czy niska temperatura, co przejawia się zwiększeniem stężenia wolnej proliny w roślinach (organiczny związek chemiczny z grupy α -aminokwasów [16]. Przykładem tego mogą być badania Antolin i wsp., [12], którzy zauważyli zwiększenie stężenia wolnej proliny w tkankach liści młodych roślin jęczmienia ozimego po zakończeniu okresu zimowego. Niskie temperatury, na jakie narażony był jęczmień podczas zimy, mogły wywołać obserwowane zmiany stężenia proliny, jednak podobnych zmian nie obserwowano u roślin nienawożonych osadem. Zakres wzrostu stężenia proliny w tkankach liści jęczmienia ozimego był dodatkowo uzależniony od warunków atmosferycznych panujących zimą; im bardziej surowe były warunki (niska temperatura, brak opadów), tym wyższe obserwowano stężenie wolnej proliny. Może to świadczyć o większej odporności roślin jęczmienia uprawianych na podłożu z osadami ściekowymi na niekorzystne warunki środowiska. Biorąc pod uwagę fakt, że nawożenie osadem ściekowym zwiększa dostępność azotu w glebie, który zasymilowany przez rośliny może być wykorzystany do syntezy proliny, aminokwas ten może stanowić dla roślin rezerwę azotu i źródło węgla [17]. Tym samym podwyższenie stężenia

wolnej proliny w tkankach roślin eksponowanych na wymienione czynniki stresowe uprawianych na podłożu z dodatkiem osadów ściekowych, może świadczyć o wykształceniu strategii umożliwiającej przetrwanie w warunkach zimowych, a następnie zapewniającej dostarczenie odpowiedniej ilości węgla i azotu do rozwijającego się ziarna. Również rośliny lucerny uprawiane na podłożu wzbogaconym w osady ściekowe i poddane stresowi suszy charakteryzowały się lepszym wzrostem, a także wykazywały wyższe stężenie wolnej proliny oraz białka rozpuszczalnego w porównaniu do roślin kontrolnych (uprawianych bez osadu). Uzyskane wyniki wskazują zatem na zwiększoną odporność roślin lucerny uprawianych na glebach z dodatkiem osadów ściekowych [14].

Dodatkowym aspektem stosowania osadów ściekowych w uprawie roślin, okazuje się korzystny wpływ wysokiej zawartości fosforu w osadach na zmniejszenie rozpuszczalności pierwiastków śladowych oraz ich toksyczności w tkankach roślinnych. Suplementacja fosforu na glebach skażonych obecnością chromu przyczyniła się do znacznego obniżenia toksycznego wpływu tego pierwiastka na wzrost i rozwój rzepaku (*Raphanus sativus* L.) [18].

Oddziaływanie stresów środowiskowych na rośliny może wywołać w ich tkankach wtórny stres oksydacyjny, który charakteryzuje się zachwianiem równowagi między produkcją reaktywnych form tlenu, a ich unieszkodliwianiem. Komórki roślinne posiadają enzymatyczny i nieenzymatyczny system obrony przed uszkadzającym działaniem reaktywnych form tlenu na białka, lipidy czy kwasy nukleinowe. Rośliny lucerny poddane działaniu stresu suszy wykazywały mniejsze uszkodzenia oksydacyjne lipidów, gdy były uprawiane na podłożu wzbogaconym w osady ściekowe [15]. Wykazano, że aplikacja osadów ściekowych wywołuje indukcję aktywności enzymów antyoksydacyjnych takich jak peroksydaza askorbinianowa, katalaza, reduktaza glutationowa oraz zwiększa stężenie kwasu askorbinowego, jedynie w brodawkach korzeniowych, podczas gdy w tkankach korzeni i liści nie obserwuje się znaczących zmian w aktywności systemu antyoksydacyjnego. Powyższe dane mogą wskazywać na korzystne oddziaływanie obecnych w podłożu osadów ściekowych na wzrost i kondycję roślin uprawianych w warunkach powszechnie występujących stresów środowiskowych.

2. Zanieczyszczenia komunalnych osadów ściekowych oraz metody ich uzdatniania

Osady ściekowe, oprócz niepożądanych pierwiastków śladowych, których zawartość normowana jest Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. (Dz.U. 2010 Nr 139 poz. 924), jak również pożądanymi substancjami organicznymi oraz ważnymi z nawozowego punktu widzenia składnikami pokarmowymi roślin, mogą zawierać także zanieczyszczenia organiczne, wśród których za najbardziej niebezpieczne uznaje się polichlorowane dibenzo-*p*-dioksyny (PCDD) i polichlorowane dibenzofurany (PCDF), polichlorowane bifenyle (PCB) wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), pestycydy chloroorganiczne, ftalany i inne. Zgodnie z przepisami Unii Europejskiej (UE) związki te klasyfikuje się jako trwałe, wykazujące zdolność do bioakumulacji i toksyczne (*Persistent Bioaccumulative and Toxic* – PBTs). Działają one mutagennie i rakotwórczo, wywołując u zwierząt takie schorzenia jak uszkodzenie wątroby, zmiany przednowotworowe i nowotworowe np. czerniak złośliwy. Ryzyko związane z omawianymi związkami jest szczególnie wysokie ze względu na ich zdolność do akumulacji w glebie i osadach ściekowych [19], a także jest wzmacniane na drodze bioakumulacji i biomagnifikacji w wodnych i lądowych łańcuchach pokarmowych.

Badania prowadzone na przestrzeni ostatnich lat wskazują, iż osady ściekowe zawierają znaczne ilości związków PCDD/PCDF wahające się w granicach 2,26-1270 ng Miedzynarodowego Równoważnika Toksyczności (I-TEQ)/kg w Stanach Zjednoczonych [20], 19 - 225 ng I-TEQ/kg w Wielkiej Brytanii [21], 7 - 160 ng I-TEQ/kg w Hiszpanii [22] oraz pomiędzy 16,85 a 74,56 ng I-TEQ/kg w Polsce [23, 24].

Również stężenia sumy WWA w osadach ściekowych wahają się w szerokim przedziale od 3674,1 do 11236,3 µg/kg (wartości dla 5 oczyszczalni ścieków: Stalowa Góra, Kraśnik, Lublin, Biłgoraj, Zamość) [25]. Inne badania tego samego autora wykazały wartości sumy WWA w osadach ściekowych pochodzących z 10 oczyszczalni ścieków położonych w Polsce południowo-wschodniej wahające się od 261,6 do 2000,8 µg/kg [26] oraz wynoszące 4700 µg/kg dla oczyszczalni ścieków w Zamościu [27].

Badania własne przeprowadzone w celu oceny wpływu osadów ściekowych (o stężeniu 17 toksycznych kongenerów PCDD/PCDF wynoszącym 3270,07 ng/kg i toksyczności 29,72 ng TEQ/kg) na toksyczność gleby mierzoną jako Równoważnik Toksyczności (TEQ) wykazały zwiększone zawartości toksycznych kongenerów PCDD/PCDF w powierzchniowej warstwie gleby (0-15 cm). Uzyskane wyniki wskazują również na zanieczyszczenie badanych osadów związkami WWA, o stężeniach w granicach 1400-1800 mg/kg. Jednocześnie wyniki analiz z wykorzystaniem testu Phytotoxkit wykazały nawet 60% inhibicję wzrostu korzeni roślin *Lepidium sativum*, *Sorghum*

saccharatum i *Sinapis alba* przy zastosowaniu dawek 3 i 9 ton/ha s.m. osadu zgodnych z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. Nr 137/2010 r., poz. 924) [28].

Kolejnym ograniczeniem dla wykorzystania osadów ściekowych w rolnictwie jest obecność bakterii chorobotwórczych i jaj pasożytów jelitowych. Należy pamiętać, że sanitarne właściwości osadów ściekowych mają charakter zmienny i są kształtowane przez wiele czynników, takich jak: standard życia i stan zdrowotny mieszkańców na danym terenie, rodzaj oczyszczalni ścieków oraz stosowane metody przeróbki osadów. Gospodarka osadowa znajduje się często na marginesie procesów oczyszczania ścieków. Niewielkie ilości osadów powstających w małych oczyszczalniach prowadzą często do pomijania lub bagatelizowania tego problemu przez projektantów i inwestorów. Osady ściekowe ze względu na skład fizyko-chemiczny, a szczególnie dużą zawartość substancji organicznej, zasiedlone są przez mikrofaunę i mikroflorę tworząc swoją biocenozę. W jej skład wchodzi wirusy, bakterie, grzyby, pasożytnicze bezkręgowce i ich jaja. Wśród nich występują zarówno mikroorganizmy patogenne, groźne dla człowieka, jak i saprofityczne, obojętne z sanitarnego punktu widzenia. Obecne przepisy określają dopuszczalną liczbę bakterii *Salmonella spp.* oraz żywych jaj pasożytów *Ascaris spp.*, *Trichuris spp.* i *Toxocara spp.* Jednakże osady ściekowe mogą zawierać inne rodzaje i gatunki bakterii, wśród których występują również bakterie chrobotórcze, m.in.: *Escherichia spp.*, *Shigella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus anthracis*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae*, *Mycobacterium tuberculosis*, *Streptococcus pyogenes*, *Proteus vulgaris*. Tym samym w przypadku przyrodniczego wykorzystania osadów, bardzo ważna jest znajomość czasu przeżywalności organizmów chorobotwórczych. Konieczność prawidłowego, z punktu widzenia zagadnień sanitarno-higienicznych, unieszkodliwiania osadów przed wykorzystaniem do produkcji rolnej sprawia, że badania biologicznych skażeń osadów poddanych procesom technologicznym stają się sprawą ważną i pilną.

Biorąc pod uwagę powyższe, istnieje potrzeba opracowania efektywnego sposobu uzdatniania osadów ściekowych przed ich wprowadzeniem do środowiska. Przyczyni się to do zwiększenia udziału osadów ściekowych możliwych do wykorzystania w rolnictwie oraz ograniczy środowiskowe skutki ich spalania. Wiedza na temat skuteczności poszczególnych metod uzdatniania zanieczyszczeń w osadach ściekowych jest znikoma, jednakże analizując dostępne dane literaturowe można wyselekcjonować metody specyficzne pod kątem usuwania pierwiastków śladowych, stymulacji rozkładu zanieczyszczeń organicznych lub usuwania bakterii chorobotwórczych obecnych w osadach ściekowych (Tabela 1, 2 i 3)

W zakresie pierwiastków śladowych metody przyrodnicze były dotychczas stosowane głównie do remediacji zanieczyszczonych gleb (Tabela 1). Fitoulatnianie polega na pobieraniu przez rośliny jonów takich pierwiastków jak Hg, As, Se, a następnie przekształceniu ich w związki lotne, które uwalniane są do atmosfery. Metoda ta ma ograniczone zastosowanie ze względu na małą efektywność procesu oraz możliwość wtórnego zanieczyszczenia atmosfery [29, 30].

Fitoekstrakcja metali polega na usuwaniu metali z gleby poprzez wykorzystanie roślin o naturalnych zdolnościach do pobierania, akumulacji i tolerancji dużych ilości metali [31, 32]. Niektóre gatunki roślin, zwane hiperakumulatorami akumulują ponad 1% Zn lub Ni oraz ponad 0,1% Cd w suchej masie roślin. Rośliny te wykazują dużą selektywność w pobieraniu metali, tzn. hiperakumulatory cynku nie pobierają w dużych ilościach niklu czy miedzi. Dodatkową zaletą fitoekstrakcji jest możliwość odzysku metali po spaleniu roślin i ich wyekstrahowaniu z popiołu. W odniesieniu do osadów ściekowych badania Lomonte i wsp. [33] wskazały na potencjalnie zastosowanie rośliny *Austroanthonia caespitosa* do usuwania rtęci z osadów ściekowych, zintensyfikowanego przez zastosowanie $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ jako chelatora. Fitoekstrakcja ma jednak dotychczas ograniczony wymiar praktyczny w stosunku do gleb i osadów ściekowych.

Chemostabilizacja metali polega ona na ich inaktywacji w glebie lub osadzie ściekowym poprzez zastosowanie różnych materiałów, zwiększających pojemność sorpcyjną gleby/osadu lub zmieniających formę metali, co powoduje zmniejszenie ich biodostępności. Celem fitostabilizacji (unieruchamiania) metali jest zmniejszenie ryzyka wystąpienia negatywnego wpływu zanieczyszczenia na środowisko, nie następuje natomiast oczyszczenie gleby/osadu. Do stabilizacji metali mogą być używane różne materiały, takie jak nawozy fosforowe, wapno w różnej postaci, materiały zawierające tlenki żelaza [34-37]. Wapnowanie podwyższa pH gleby, ograniczając mobilność metali, natomiast stosowanie pozostałości z wymienionych materiałów intensyfikuje adsorpcję metali lub ich wytrącanie w trudno rozpuszczalnych związkach chemicznych. Zaletą chemostabilizacji metali jest stosunkowo niski koszt oraz brak produktów ubocznych. W przypadku gleb chemostabilizacji najczęściej towa-

rzyszy fitostabilizacja, polegająca na wprowadzeniu roślin, które wiążą wierzchnią warstwę gleby i ograniczają dyspersję zanieczyszczeń przez erozję i wymywanie.

Należy dodać, że na rozpuszczalność i biodostępność metali po ich wprowadzeniu z osadami do gleby wpływa skład chemiczny samych osadów ściekowych. Wysoka zawartość fosforu i żelaza w osadzie ściekowych zwykle ogranicza rozpuszczalność metali poprzez zjawiska wytrącania nierozpuszczalnych fosforanów metali lub adsorpcji i okluzji metali na/przez amorficzne związki żelaza [38, 39].

W zakresie wykorzystania metod uzdatniania osadów ściekowych zanieczyszczonych związkami organicznymi stosuje się przede wszystkim mikroorganizmy i rośliny wyższe (Tabela 2). Badania prowadzone nad wykorzystaniem mikroorganizmów zdolnych do degradacji zanieczyszczeń chloroorganicznych prowadzi się od ponad 30 lat [40, 41]. Mikroorganizmy pełnią funkcje remediacyjne poprzez wydzielanie odpowiednich enzymów (np. peroksydaza, fosfataza, dioksygenaza, P450 monooksygenaza, dehalogenaza, nityrylaza i nitroreduktaza) uczestniczących w degradacji zanieczyszczeń organicznych. Enzymy takie można także znaleźć w roślinach, grzybach i bakteriach kolonizujących korzenie roślin. Skłoniło to do postawienia tezy o współdziałaniu roślin i mikroorganizmów w celu całkowitego rozkładu danego zanieczyszczenia [41-47]. Proces ten nosi nazwę rizodegradacji i definiowany jest jako degradacja zanieczyszczeń w strefie korzeniowej roślin (ryzosferze). Rizodegradacja jest jednym z najefektywniejszych procesów remediacyjnych. Dzieje się tak z względu na występujące w ryzosferze interakcje pomiędzy korzeniami roślinnymi, eksudatami korzeniowymi, glebą międzykorzeniową i mikroorganizmami zasiedlającymi tą strefę. Mikroorganizmy zasiedlające ryzosferę pełnią szereg funkcji, takich jak ochrona rośliny przed stresem wywołanym zbyt dużym stężeniem danego zanieczyszczenia (poprzez syntezę odpowiednich związków), ochrona przed patogenami, degradacja zanieczyszczeń (zanim wpłyną negatywnie na wzrost i rozwój rośliny) oraz chelatacja związków azotu i fosforu do form łatwo przyswajalnych przez roślinę [41, 46, 48-52]. Efektywność rizoremediacji zależy od zdolności mikroorganizmów do przystosowania się do danego stężenia zanieczyszczenia oraz od efektywności kolonizacji korzeni roślinnych [49].

W przypadku zanieczyszczeń sanitarnych informacja na temat skuteczności metod remediacyjnych jest szczątkowa. W szczególności brak jest porównania ich przydatności w celu usunięcia poszczególnych bakterii lub pasożytów (Tabela 3), głównie ze względu na fakt, iż osady ściekowe stanowią bardzo dobre podłoże do namnażania różnych grup drobnoustrojów. Ponadto osady ściekowe łatwo ulegają procesom gnilnym. Tym samym powinny być stabilizowane przed dalszym wykorzystaniem lub składowaniem w celu zmniejszenia ilości lub całkowitego zniszczenia występujących w nich patogenów. Stąd też do najczęściej proponowanych i stosowanych metod należą suszenie, higienizacja oraz stabilizacja (Tabela 3)

Podsumowanie

Podsumowując, analiza danych literaturowych oraz wyników badań własnych związanych z wykorzystaniem osadów ściekowych do nawożenia gleb wskazuje na duży potencjał restytucji obiegu materii organicznej w glebie, a tym samym rekultywacji gruntów ubogich w materię organiczną, możliwość zmniejszenia ilości stosowanych nawozów mineralnych jako źródła azotu, fosforu, magnezu (domknięcie cykli krążenia biogenów). Dane literaturowe wskazują jednocześnie na potencjał wykorzystania osadów ściekowych do nawożenia roślin. W tym przypadku zastosowanie osadów ściekowych wpływa na: wzrost plonu ziarna (nawet do 47%), wzrost plonu suchej masy i zwiększenie zawartości białka całkowitego w tkankach roślinnych; zwiększenie wydajności translokacji rozpuszczonych w wodzie cukrów do ziarna; zwiększenie odporności na działanie niekorzystnych i/lub szkodliwych warunków środowiskowych (temperatura, susze, zanieczyszczenia); zmniejszenie rozpuszczalności i toksyczności pierwiastków śladowych. Ponadto, w przypadku zanieczyszczenia osadów ściekowych pierwiastkami śladowymi, związkami organicznymi czy też zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi, badania zarówno światowe jak i krajowe wskazują na możliwość obniżenia ich toksyczności poprzez wykorzystanie szeregu metod takich jak fitoremediacja, kompostowanie, rizodegradacja, suszenie, higienizacja. Zabiegi te pozwalają uzdatnić zanieczyszczone osady, a tym samym zwiększyć ich wykorzystanie w rolnictwie.

Literatura:

- [1] J. Bień, E. Neczaj, M. Worwąg, A. Grosser, D. Nowak, M. Milczarek, M. Janik, Kierunki zagospodarowania osadów w Polsce po roku 2013, *Inżynieria i Ochrona Środowiska* 14 (2011) 375-384.
- [2] I. Dimitriou, H. Rosenqvist, P. Aronsson, Recycling of sludge and wastewater to Short Rotation Coppice in Europe – biological and economic potential. IEA Bioenergy Task 43 Report Series: 'Promising resources and systems for producing bioenergy feedstocks' 2011.

- [3] Z. Sadecka, Suszenie Osadów – Hybrydowe? III Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa Metody zagospodarowania osadów ściekowych. Chorzów, 13-14 lutego 2012 r, 2012.
- [4] J. Szczygieł, Energia z osadów ściekowych, *Czysta energia* 2004, 10, 34-35.
- [5] B. Kronberger, Wypowiedź: Konferencja „Termiczne przekształcanie osadów ściekowych” - Warszawa, 12 grudnia, 2006.
- [6] J. Bieńkowski, J. Jankowiak, Ocena zrównoważonego funkcjonowania gospodarstw rolnych wielkopolski według kryteriów efektywności, *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu – Rolnictwo LXXXVII* (2006) 57-64.
- [7] T. Stuczyński (Ed.), S. Dobers, E. Czyż, L. Gawrysiak, H. Pidvalna, H. Kukła, R. Korzeniowska-Pucułek, J. Kozyra, J. Jadczyzyn, A. Łopatka, E. Nowocień, R. Pudełko, G. Siebielec, Wdrożenie zintegrowanego systemu informacji o rolniczej przestrzeni produkcyjnej dla potrzeb ochrony gruntów w województwie podlaskim, IUNG-PIB Puławy, 2006.
- [8] G. Siebielec, T. Stuczyński, Metale śladowe w komunalnych osadach ściekowych wytwarzanych w Polsce, *Proceedings of ECOpole 2* (2008) 479-484.
- [9] Raport Najwyższej Izby Kontroli zagospodarowanie osadów powstających w oczyszczalniach ścieków komunalnych w latach 2011–2012, LPO-4101-02-00/2013, Warszawa 2013.
- [10] K. Tomczyk, Porównanie wpływu nawożenia wermikompostem powstałym na bazie komunalnego osadu ściekowego oraz komunalnym osadem ściekowym na biomasę roślin energetycznych i akumulację w nich wybranych metali ciężkich. Praca magisterska wykonana w Katedrze Ekologii Stosowanej Uniwersytetu Łódzkiego, pod kierunkiem Prof. Macieja Zalewskiego, 2008.
- [11] T. Stuczyński, G. Siebielec, W. Daniels, G. Mccarty, R. Chaney, Biological aspects of metal waste reclamation with biosolids, *J. Environ. Qual.* 36 (2007) 1154-1162.
- [12] M.C. Antolín, I. Pascual, C. García, A. Polo, M. Sánchez-Díaz, Growth, yield and solute content of barley in soils treated with sewage sludge under semiarid Mediterranean conditions, *Field Crops Research* 94 (2005) 224–237.
- [13] J.M. Fernández, C. Plaza, J.C. García-Gil, A. Polo, Biochemical properties and barley yield in a semiarid Mediterranean soil amended with two kinds of sewage sludge, *Appl. Soil Ecol.* 42 (2009) 18–24.
- [14] M.C. Antolín, I. Muro, M. Sánchez-Díaz, Application of sewage sludge improves growth, photosynthesis and antioxidant activities of modulated alfalfa plants under drought conditions, *Environ. Experim.Bot.* 68 (2010) 75–82.
- [15] M.C. Antolín I. Muro, M. Sánchez-Díaz, Sewage sludge application can induce changes in antioxidant status of nodulated alfalfa plants, *Ecotoxicol. Environ. Safety* 73 (2010) 436–442.
- [16] P.D. Hare, W.A. Cress, J. Van Staden, Proline synthesis and degradation: a model system for elucidating stress-related signal transduction, *J. Experiment. Botany* 50 (1999) 413-434.
- [17] H. Chiang, A. Dandekar, Regulation of proline accumulation in *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh during development and in response to desiccation, *Plant Cell Environ.* 18 (1995) 1280–1290.
- [18] D.S. Shardendu, Amendment in phosphorus levels moderate the chromium toxicity in *Raphanus sativus* L. as assayed by antioxidant enzymes activities, *Ecotoxicol. Environ. Safety* 95 (2013) 161–170.
- [19] S.C. Wilson, R.E. Alcock, A.P. Sewart, K.C. Jones, Persistence of organic contaminants in sewage sludge-amended soil, a field experiment, *J. Environ. Qual.* 26 (1997) 1467–1477.
- [20] C. Rappe, S. Bergek, H. Fiedler, K. Cooper, PCDD and PCDF contamination in catfish feed from Arkansas, USA, *Chemosphere* 36 (1998) 2705–2720.
- [21] A. Stewart, S.J. Harrad, M.S. Mclachlan, S.P. Mcgrath, K.C. Jones, PCDD/Fs and non-o-PCBs in digested UK sewage sludges, *Chemosphere* 30 (1995). 51-67.
- [22] E. Eljarrat, J. Caixach, J. Rivera, Decline in PCDD and PCDF levels in sewage sludges from Catalonia (Spain), *Environ. Sci. Technol.* 33 (1999) 2493-2498.
- [23] M.R. Dudzińska, J. Czerwiński, PCDD/F levels in sewage sludge from MWTP in South-Eastern Poland, *Organohalogen Comp* 57 (2002) 305-308.
- [24] S. Oleszek-Kudlak, M. Grabda, M. Czaplicka, Cz. Rosik-Dulewska, E. Shibata, N. Takashi, Fate of PCDD/PCDF Turing mechanical-biological sludge treatment, *Chemosphere* 62 (2005) 389-397.
- [25] P. Oleszczuk, Changes of polycyclic aromatic hydrocarbons during composting of sewage sludges with chosen physico-chemical properties and PAHs content. *Chemosphere* 67 (2007) 582–591.
- [26] P. Oleszczuk, The Tenax fraction of PAHs relates to effects in sewage sludge, *Ecotoxicol. Environ. Safety* 72 (2009) 1320–1325.
- [27] P. Oleszczuk, S.E. Hale, J. Lehamann, G. Cornelissen, Activated carbon and biochar amendments decrease pore-water concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sewage sludge, *Biores. Technol.* 111 (2012) 84–91.

- [28] M. Urbaniak, A. Drobniewska, M. Zalewski, Produkcja bioenergii i detoksykacja osadów ściekowych z wykorzystaniem ekohydrologii i technik fitoremediacyjnych. Katedra Ekologii Stosowanej Uniwersytet Łódzki, Łódź 2013, wydanie I. W.06464.14.0.S.
- [29] M.P. De Souza, D. Chu, M. Zhao, A.M. Zayed, S.E. Ruzin, D. Schichness, N. Terry, Rhizosphere bacteria enhance selenium accumulation and volatilisation by indian mustard, *Plant Physiol.* 119 (1999) 563-573.
- [30] W.J. Fitz, W.W. Wenzel, Arsenic transformations in the soil /rhizosphere /plant system: fundamentals and potential application to phytoremediation, *J. Biotech.* 99 (2002) 259-278.
- [31] A.J.M. Baker, R.R. Brooks, Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - a review of their distribution, ecology and phytochemistry, *Biorecovery* 1 (1989) 81-126.
- [32] R.L Chaney, S.L. Brown, Y.M. Li, J.S. Angle, T.I. Stuczynski, W.L. Daniels, C.L. Henry, G. Siebielec, M. Malik, J.A. Ryan, H. Compton. 2001a. Progress in Risk Assessment for Soil Metals, and In-situ Remediation and Phytoextraction of Metals from Hazardous Contaminated Soils. Proc. US-EPA Conf. "Phytoremediation: State of the Science." May 1-2, 2000, Boston, MA.
- [33] C. Lomonte, A. Doronila, D. Gregory, A.J.M. Baker, S.D. Kolev, Chelate-assisted phytoextraction of mercury in biosolids, *Sci. Tot. Environ.* 409 (2011) 2685–2692.
- [34] J. Vangronsveld, J.V. Colpaert, K.K. Van Tichelen, Reclamation of a bare industrial area contaminated by non-ferrous metals: physico-chemical and biological evaluation of the durability of soil treatment and revegetation, *Environ. Pollut.* 94 (1996) 131-140.
- [35] R.L. Chaney, S.L. Brown, T. Stuczynski, W.L. Daniels, C.L. Henry, Y.M. Li, G. Siebielec, M. Malik, H. Compton, Risk assessment and remediation of soils contaminated by mining and smelting of lead, zinc and cadmium, *Inter. J. Environ. Pollut.* 16 (2000) 175-192.
- [36] N.T. Basta, J.A. Ryan, R.L. Chaney, Trace element chemistry in residual treated soil: key concepts and metal bioavailability, *J. Environ. Qual.* 34 (2005) 49-63.
- [37] G. Siebielec, R.L Chaney, U. Kukier, Liming to remediate Ni contaminated soils with diverse properties and a wide range of Ni concentration, *Plant Soil* 29 (2007) 117-130.
- [38] R.L. Chaney, S.L. Brown, J.S. Angle, T.I. Stuczynski, W.L. Daniels, C.L. Henry, G. Siebielec, Y.M. Li, M. Malik, J.A. Ryan, H. Compton. 2000. In situ remediation /reclamation/restoration of metals contaminated soils using tailor-made biosolids mixtures. Chapter 2; 24 pp. In Proc. Symp. Mining, Forest and Land Restoration: The Successful Use of Residuals/Biosolids/Organic Matter for Reclamation Activities (Denver, CO, July 17-20, 2000). Rocky Mountain Water Environment Association, Denver, CO.
- [39] R.L Chaney, J. A. Ryan, U. Kukier, S.L. Brown, G. Siebielec, M. Malik I J.S. Angle, 2001. Heavy Metal Aspects of Compost Use. W P.J. Stofella i B.A. Kahn (Eds). Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems. CRC Press, Boca Raton, FL.
- [40] H. Harms, T.N.P. Bosma, Mass transfer limitation of microbial growth and pollutant degradation, *J. Indust. Microbiol. Biotechnol.* 18 (1997) 97-105.
- [41] Q. Chaudhry, M. Blom-Zandstra, S. Gupta, E.J. Joner, Utilizing the synergy between plants and rhizosphere microorganisms to enhance breakdown of organic pollutants in the environment, *Environ. Sci. Pollut. Res.* 12 (2005) 34–48.
- [42] T. Macek, M. Mackova, J. Kas, Exploitation of plants for the removal of organics in environmental remediation, *Biotechnol. Adv.* 18 (2000) 23–34.
- [43] G. Gramms, K.D. Voigt, B. Kirche, Oxidoreductase enzymes liberated by plant roots and their effects on soil humic material, *Chemosphere* 38 (1999) 148-1494.
- [44] S. Susarla, V.F. Medina, S.C Mccutcheon, Phytoremediation: an ecological solution to organic chemical contamination, *Ecol. Eng.* 18 (2002) 647–658.
- [45] A.C. Singer, I.P. Thompson, M.J. Bailey, The tritrophic trinity: a source of pollutant-degrading enzymes and its implications for phytoremediation, *Current Opinion in Microbiol.* 7 (2004) 239–244.
- [46] I. Kuiper, E.L. Lagendijk, G.V. Bloemberg, B.J.J. Lugtenberg, Rhizoremediation: a beneficial plant–microbe interaction, *Molecular Plant-Microbe Interactions* 17 (2004) 6–15.
- [47] A. Yateem, T. Al-Sharrah, A. Bin-Haji, Investigation of microbes in the rhizosphere of selected grasses for rhizoremediation of hydrocarbon-contaminated soils, *Soil Sed. Contamin.* 16 (2007) 269–280.
- [48] P.B. Rainey, Adaptation of *Pseudomonas fluorescens* to the plant rhizosphere, *Environ. Microbiol.* 1 (1999) 243-257.
- [49] B.J.J. Lugtenberg, L. Dekkers, G.V. Bloemberg, Molecular determinants of rhizosphere colonization by *Pseudomonas*, *Ann. Rev. Phytopath.* 39 (2001) 461–490.
- [50] L. Gianfreda, M.A. Rao, Potential of extra cellular enzymes in remediation of polluted soils: a review, *Enzyme Microb. Technol.* 35 (2004) 339-354.

- [51] L. Liu, C.-Y. Jiang, X.-Y. Liu, J.-F. Wu, J.-G. Han, S.-J. Liu, Plant–microbe association for rhizoremediation of chloronitroaromatic pollutants with *Comamonas* sp. strain CNB-1, *Environ. Microbiol.* 9 (2007) 465–473.
- [52] R.I. Dams, G.I. Paton, K. Killham, Rhizoremediation of pentachlorophenol by *Sphingobium chlorophenolicum* ATCC 39723, *Chemosphere* 68 (2007) 864-870.
- [53] A. Mizera, *Osady ściekowe-odpadem (nie)bezpiecznym*, Green World, 2002.
- [54] J. Malej, *Właściwości osadów ściekowych oraz wybrane sposoby ich unieszkodliwiania i utylizacji*, Środkowo – pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska.
- [55] K. Ignatowicz, K. Garlicka, T. Breńko, Wpływ kompostowania osadów ściekowych na zawartość wybranych metali i ich frakcji. *Inżynieria Ekologiczna*, 25 (2011) 231-241
- [56] J. Kazanowska, J. Szaciło, Analiza jakości osadów ściekowych oraz możliwość ich przyrodniczego wykorzystania, *Acta Agroph.*, 19 (2012) 343-353,.
- [57] M. Nowak, M. Kacprzak, A. Grobelak, Osady ściekowe jako substytut glebowy w procesach remediacji i rekultywacji terenów skażonych metalami ciężkimi, *Inżynieria i Ochrona środowiska*, 13 (2010) 121-131.

ISSUES OF BIOLOGICAL AND AGRICULTURAL TREATMENT OF MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE

Abstract

Increase of sewage sludge production in Poland required undertaking specific methods of their utilization and disposal. The reason is that sewage sludge despite organic matter, and nutrients such as nitrogen and phosphorus that are useful for agriculture use, contains also heavy metals, toxic organic pollutant such as persistent organic pollutant, polycyclic aromatic hydrocarbons, inorganic compounds such as silicates and aluminates, and pathogenic and other microbial pollutants. This implicates problems with the further use of such contaminated sludge as a fertilizer in the agriculture.

Considering above, the general aim of this paper is to review the possibilities and restrictions of municipal sewage sludge use as soil and plant fertilizer. In particular, the effect of municipal sewage sludge application on the soil organic matter restitution and preservation and crop yield were investigated; and in the case of contaminated sewage sludge overview of the main methods of their treatment prior to introduction into the environment.

Key words

sewage sludge, sewage sludge treatment, agricultural utilization, pollution, land reclamation methods

Tabela 1. Metody uzdatniania osadów ściekowych zanieczyszczonych pierwiastkami śladowymi

Proces	Opis metody/ procesu	Skuteczność metody w stosunku do osadów ściekowych	Literatura
Fitoulatnianie/fitoewaporacja	Pobieranie przez rośliny z gleby substancji nieorganicznych oraz uwalnianie ich do atmosfery w postaci lotnej.	Stosunkowo skuteczne w stosunku do rtęci i selenu; Niewiele badań nad skutecznością oczyszczania osadów.	[29, 30]
Fitoekstrakcja	Wykorzystanie roślin o wysokiej produkcji biomasy i akumulujących duże stężenia metali ciężkich w organach naziemnych, do usuwania z gleby metali ciężkich i innych zanieczyszczeń. W procesie fitoekstrakcji wykorzystywane są też hiperakumulatory czyli gatunki o naturalnych zdolnościach akumulacji, np. <i>Alyssum murale</i> , <i>Alyssum corsicum</i> , <i>Berkeya codii</i> , które akumulują Ni.	W glebach skuteczność ograniczona; Testowane w stosunku do niklu, kadmu, cynku; Proces bardzo długi.	[31, 32]
Chemostabilizacja	Zastosowanie wapna, sorbentów i innych materiałów powodujących wytrącanie i adsorpcję pierwiastków. Wapnowanie powoduje zmianę odczynu w kierunku zasadowego, co ogranicza wymywanie metali ciężkich. Dodatek sorbentów (np. materii organicznej, materiałów ilastych, torfu czy węgla brunatnego) powoduje wzrost pojemności sorpcyjnej w stosunku do kationów metali, co przyczynia się do ich wiązania. Zastosowanie substancji bogatych w fosfor powoduje wytrącanie ołowiu, natomiast substancji bogatych w żelazo amorficzne adsorpcję i okluzję cynku, niklu, kadmu.	Nie powodują usuwania pierwiastków lecz obniżenie ich rozpuszczalności	[34, 36-38]

Tabela 2. Metody uzdatniania osadów ściekowych zanieczyszczonych związkami organicznymi

Proces	Opis metody/ procesu	Skuteczność metody w stosunku do osadów ściekowych	Literatura
Fitodegradacja/fitotransformacja	Rozkład zanieczyszczeń wewnątrz tkanek roślinnych (głównie traw i roślin motylkowych) na skutek działania wytwarzanych przez roślinę enzymów.	Metoda skuteczna do usuwania m.in. DDT, PCB, fenoli, węglowodorów aromatycznych i alifatycznych, herbicydów (np. atrazyny) oraz pestycydów; Przydatna głównie do remediacji skażonych gleb; Brak informacji na temat przydatności do uzdatniania samych osadów ściekowych, jednakże może być stosowana do remediacji gleb zanieczyszczonych w/w związkami w wyniku stosowania osadów ściekowych.	[44, 45, 50]
Ryzodegradacja	Proces, w którym wykorzystuje się synergii pomiędzy mikroorganizma-	Metoda skuteczna do usuwania m.in. WWA, PCB,	[41-52]

	mi glebowymi (bakterie, grzyby) a korzeniami roślin (głównie wierzby, trzciny, pałki szerokolistnej a także roślin z rodziny <i>Cucurbitaceae</i>) w celu degradacji zanieczyszczeń.	dioksyn i furanów; Brak informacji na temat przydatności do uzdatniania samych osadów ściekowych, jednakże może być stosowana do remediacji gleb zanieczyszczonych w/w związkami w wyniku stosowania osadów ściekowych.	
Bioaugmentacja – szczepienie wyselekcjonowanymi bakteriami	W degradację węglowodorów zaangażowanych jest szereg mikroorganizmów w tym bakterie, takie jak: <i>Pseudomonas</i> , <i>Arthrobacter</i> , <i>Alcaligenes</i> , <i>Corynebacterium</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Mycobacterium</i> i <i>Nocardia</i> , a także grzyby <i>Aspergillus ochraceus</i> , <i>Cunninghamella elegans</i> , <i>Phanerochaete chrysosporium</i> , <i>Saccharomyces cerevisiae</i> i <i>Syncephalastrum racemosum</i> . Dodatek wyselekcjonowanych szczepów mikroorganizmów pozwala zwiększyć skuteczność i szybkość procesu degradacji, przykładem mogą być rekombinanty bakterii degradujące PCB, które charakteryzują się zwiększoną stabilnością i przeżywalnością.	Dość skuteczne w glebach w stosunku do WWA od 2 do 4 pierścieni; Dane o skuteczności w osadach ściekowych bardzo ograniczone.	[40, 48, 49, 51, 52]
Kompostowanie	Kompostowanie jest naturalną, biologiczną metodą stosowaną w celu higienizacji osadów. Końcowym produktem procesu mineralizacji i humifikacji jest kompost, z reguły pozbawiony zanieczyszczeń biologicznych oraz bogaty w materię organiczną i biogeny.	Częściowo skuteczne w stosunku do ropopochodnych	

Tabela 3. Metody uzdatniania osadów ściekowych zanieczyszczonych bakteriologicznie i parazytologicznie.

Proces		Opis metody/ procesu	Skuteczność metody i efekt końcowy	Literatura
<u>Suszenie</u>	1.Suszenie konwekcyjne	Polega na bezpośrednim kontakcie suszonych osadów z nośnikiem ciepła. Gaz suszący przepływa nad osadem, a ciepło przenoszone jest z gazu do suszonego materiału. Woda parująca z osadów przechodzi do gazu suszącego i wraz z nim jest odprowadzana z urządzenia.	Suszenie usuwa wodę w znacznie większym stopniu niż najlepsze odwadnianie, przez co powoduje, że osady charakteryzują się: - mniejszą masą i niższymi kosztami transportu, - brakiem organizmów chorobotwórczych, - łatwym do przechowywaniem.	http://ekologia-in-fo.eu/?lang=1&menu=1&menu_select=7&podmenu_select=135
	2.Suszenie kontaktowe	Polega na przenoszeniu ciepła z nośnika ciepła na osady przez powierzchnię wymiany (kontaktową). W procesie suszenia kontaktowego suszony materiał znajduje się na ogrzewanej nośnikiem ciepła powierzchni. Odparowana woda usuwana jest z urządzenia wraz z powietrzem obcym, przenikającym przez nieszczelności lub za pomocą doprowadzanego małego strumienia powietrza.		
	3.Suszenie promiennikowe	Polega na wykorzystaniu promieniowania elektromagnetycznego lub promieniowania podczerwonego jako źródła ciepła.		
<u>Stabilizacja</u>	1.Stabilizacja beztlenowa	Osady organiczne ulegają beztlenowemu rozkładowi mikrobiologicznemu na metan i substancje. W wyniku fermentacji następuje stabilizacja i zmniejszenie objętości osadu oraz produkcja biogazu.	Mezofilowa fermentacja metanowa prowadzona w okresie 30 dni daje znaczne zmniejszenie ilości bakterii chorobotwórczych i całkowite zniszczenie cyst pierwotniaków.	[54]
	2.Stabilizacja tlenowo-beztlenowa	Metoda polega na poddaniu osadów trwającej jedną dobę stabilizacji tlenowej czystym tlenem lub powietrzem a następnie fermentacji beztlenowej trwającej 12 dni. W I-etapie następuje podniesienie się temperatury procesu do 57°C, a II- etapie (przeróbka termofilowa) temperatura procesu osiąga 35 ÷55°C.	Metoda ta daje pełną stabilizację osadu i wysoki stopień odkażenia.	
<u>Higienizacja</u>	1.Obróbka cieplna – pasteryzacja	Proces polega na podgrzaniu osadu i utrzymaniu jego temperatury na określonym poziomie przez pewien czas. Pasteryzacja może być prowadzona w różnych miejscach procesu technologicznego: po fermentacji, bądź stabilizacji tlenowej itp.	Stosowana pomiędzy I i II stopniem fermentacji metanowej powoduje usunięcie wszystkich bakterii chorobotwórczych. Stosowana po fermentacji jest mniej skuteczna.	[53, 54]
	2.Metoda aktywnej pasteryzacji Bernarda połączona z otrzymywaniem nawozu granulowanego	Gazowy amoniak wprowadzany jest do odwodnionego osadu – o zawartości suchej masy 12÷15%.m – w ilości 4%. W wyniku reakcji egzotermicznej temperatura osadu podnosi się do około 50°C, a wartość pH osiąga 11,6. Po 5÷10 minutach następuje neutralizacja alkalicznego osadu kwasem fosforowym (temp.65°C).	Unieszkodliwienie bakterii chorobotwórczych. Brak precyzyjnych danych na temat skuteczności odkażenia.	[53, 54]
	3.Obróbka chemiczna –	Wapnowanie jest to proces oddziaływania wapna na osad ściekowy.	Oddziaływanie wapnowania na osad	[53, 54]

	stabilizacja wapnem	Wapno stosuje się w postaci wapna palonego oraz wapna hydratyzowanego. Metoda opiera się na egzotermicznej reakcji tlenku wapnia z wodą. Ponadto czynnikiem odkażającym jest alkaliczny odczyn osadu po wprowadzeniu wapna (pH powyżej 12).	ściekowy ma na celu podwyższenie pH do wartości, przy których następuje inaktywacja enzymów i występują zmiany w budowie białek. Osiąganie redukcji patogenów na poziomie log 6, stabilizacja osadu bez ryzyka późniejszego zanieczyszczenia, usunięcie nieprzyjemnego zapachu, niskie koszty inwestycji, niewielka powierzchnia potrzebna pod zabudowę instalacji, wprowadzenie osadu z wapnem do gleby poprawia jej strukturę, zwiększa aktywność mikroorganizmów glebowych.	
	4.Obróbka fizyczna - higienizacja radiacją	Stosowanie wiązek przyspieszonych elektronów oraz promieniowanie. Wiązki elektronów stosowane są do wyjaławiania osadów ciekłych, natomiast promieniowanie do ciekłych, odwodnionych i suchych. (6)	Całkowite wyjałowienie osadu.	[53, 54]
	5.Obróbka biologiczna – kompostowanie pryzmowe i tunelowe	Proces rozkładu substancji organicznych z wykorzystaniem bakterii tlenowych. Kompostowaniu mogą podlegać różne osady tj.: surowe, przefermentowane, osady mieszane, osady odwodnione, mogą być one w różnym stopniu ustabilizowane. Jedną z metod wspomagającą kompostowanie jest dodawanie odpowiednich szczepów bakteryjnych, tzw. preparatów biologicznych w celu przyspieszenia biodegradacji i przemian odpadów organicznych.	Kompostowanie może być skutecznym rozwiązaniem gospodarki osadowej w małych oczyszczalniach ścieków zastępując procesy stabilizacji zarówno tlenowej jak i beztlenowej oraz końcowe odwodnienie i higienizację osadów; Niski koszt higienizacji; Z przeprowadzonych badań wynika że siedem tygodni kompostowania przy temp. 60°C daje gwarancje pełnej likwidacji organizmów chorobotwórczych; Wartościowy produkt końcowy o korzystnej strukturze i właściwościach nawozowych.	[53-57]

Mateusz Popielas

Uniwersytet Wrocławski, Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii, Zakład Prawa Cywilnego i Prawa Międzynarodowego Prywatnego

Ul. Uniwersytecka 22/26, 50-145 Wrocław, mateusz.popielas@wp.pl

SŁUŻEBNOŚĆ PRZESYŁU

Streszczenie

W 2008 roku wprowadzono do polskiego porządku prawnego służebność przesyłu. Jest to ograniczone prawo rzeczowe polegające na tym, że przedsiębiorca może korzystać w oznaczonym w zakresie z nieruchomości obciążonej. Stronami w służebności przesyłu są przedsiębiorca przesyłowy i właściciel nieruchomości. Służebność przesyłu ustanawiana jest na rzecz przedsiębiorcy przesyłowego, który jest właścicielem urządzeń przesyłowych znajdujących się na cudzym gruncie lub dopiero zamierza posadzić na cudzej nieruchomości takie urządzenia.

Słowa kluczowe

służebność, przesył, urządzenia, kodeks cywilny

Wstęp

Wobec licznych problemów przedsiębiorców przesyłowych z uzyskaniem tytułu prawnego do cudzej nieruchomości w roku 2008 katalog służebności poszerzony został o nowe rozwiązanie określone mianem służebności przesyłu, która obciąża nieruchomość na rzecz przedsiębiorcy zamierzającego wybudować lub którego własność stanowią urządzenia określone w art. 49 k.c. tj.: urządzenia służące do doprowadzania lub odprowadzania wody, par, gazu, prądu elektrycznego oraz inne podobne urządzenia. Niniejszy artykuł stanowi omówienie jedynie ogólnych zagadnień i konstrukcji służebności.

Treść służebności przesyłu

W obecnym stanie prawnym zgodnie z treścią art. 305¹ k.c., który stanowi definicję legalną instytucji, „nieruchomość można obciążyć na rzecz przedsiębiorcy, który zamierza wybudować lub którego własność stanowią urządzenia, o których mowa w art. 49 § 1, prawem polegającym na tym, że przedsiębiorca może korzystać w oznaczonym w zakresie z nieruchomości obciążonej, zgodnie z przeznaczeniem tych urządzeń.” [8]. Służebność przesyłu jest skuteczna wobec każdorazowego właściciela nieruchomości obciążonej, co wynika z natury ograniczonych praw rzeczowych. Podobnie jak w przypadku innych służebności, służebność przesyłu obciąża oznaczoną nieruchomość. G. Bieniek komentuje, iż „wprowadzenie zasady, że służebność przesyłu może być zastosowana nie tylko do takich stanów faktycznych, w których urządzenia przesyłowe już istnieją, ale również do takich, w których przedsiębiorca urządzenia te zamierza wybudować w przyszłości, pozwoli zarówno na objęcie regulacją prawną tzw. zasłóci, czyli przypadków korzystania przez przedsiębiorców przesyłowych z cudzych nieruchomości bez tytułu prawnego, jak i da możliwość wykorzystania jej dla zabezpieczenia interesu prawnego przedsiębiorcy już w fazie planowania inwestycji” [5]. Przede wszystkim należy jednak zauważyć, że nie mamy tu do czynienia z nieruchomością władnącą i obciążoną, w przeciwieństwie do klasycznego modelu służebności gruntowej. Miejsce nieruchomości władnącej zastąpił uprawniony z tytułu służebności przesyłu – przedsiębiorca, który zamierza wybudować lub którego własność stanowią urządzenia przesyłowe. Służebność przesyłu ustanawiana jest więc na rzecz przedsiębiorcy w rozumieniu art. 43¹ k.c. Chodzi tu o podmioty prawa cywilnego prowadzące działalność gospodarczą. Służebność ta ma służyć przedsiębiorcom do realizacji działalności gospodarczej polegającej na szeroko rozumianej dostawie mediów. Według E. Gniewka „w bieżącej praktyce gospodarczej służebność przesyłu będzie ustanawiana przede wszystkim na rzecz przedsiębiorców, którzy zamierzają wybudować urządzenia zlokalizowane na cudzej nieruchomości; częstokroć jest to cała linia urządzeń przesyłowych przebiegających przez szereg cudzych nieruchomości. Uruchomiona obecnie przez ustawodawcę służebność przesyłu, ustanawiana już na tym etapie zamierzeń inwestycyjnych przedsiębiorcy przesyłowego, może dobrze posłużyć się ukształtowaniu stosunków prawnorzeczowych pomiędzy przedsiębiorcami, a właścicielami nieruchomości” [2]. Z drugiej strony nowa instytucja pozwoli przedsiębiorcom uregulować stan prawny dostępu do już wcześniej wybudowanych urządzeń, przy czym warto dopowiedzieć, iż dla ustanowienia służebności przesyłu obojętna powinna być lokalizacja urządzeń przesyłowych. Nie powinno więc mieć znaczenia, czy są to obiekty nadziemne czy podziemne. Treść nowej służebności polega na obciążeniu nieruchomości na rzecz przedsiębiorcy prawem polegającym na tym, że „przedsiębiorca może korzystać

w oznaczonym w zakresie z nieruchomości obciążonej, zgodnie z przeznaczeniem tych urządzeń.” [8] Nie budzi wątpliwości, że ustawodawca miał na myśli korzystanie w oznaczonym zakresie z nieruchomości obciążonej, ograniczone dodatkowo klauzulą korzystania zgodnego z przeznaczeniem urządzeń przesyłowych. Dokonując oceny zaproponowanego przez ustawodawcę rozwiązania można stwierdzić, iż służebność ustanowiona przed rozpoczęciem inwestycji uprawnia przedsiębiorcę do zajęcia części nieruchomości już w trakcie budowy urządzeń, o których mowa w art. 49 k.c. w zakresie niezbędnym do realizacji inwestycji. Natomiast gdy urządzenia zostały już usytuowane na gruncie, właściciel nieruchomości obciążonej powinien po ustanowieniu służebności tolerować już tylko istnienie urządzeń. Musi on uwzględniać także uprawnienie przedsiębiorcy polegające na możliwości wstępu na obciążoną nieruchomość w celu podejmowania czynności związanych z eksploatacją, konserwacją, modernizacją, a także usuwaniem awarii urządzeń służących do doprowadzania lub odprowadzania wody, pary, gazu, prądu elektrycznego lub urządzeń podobnych. Służebność powinna być także wykonywana w taki sposób, aby jak najmniej utrudniała korzystanie z nieruchomości obciążonej. Przedsiębiorca wobec tego nie może wykonywać służebności według swojej wygody, lecz powinien starać się o zminimalizowanie niedogodności właściciela nieruchomości obciążonej. Doprecyzowanie treści ustanawianej służebności przesyłu ustawodawca pozostawia stronom w ramach zawieranej umowy lub sądom orzekającym. Zważywszy na to jak różnorodne bywają urządzenia przesyłowe w umowie powinno nastąpić określenie ich rodzaju i funkcji, bowiem tylko wtedy klauzula korzystania z nieruchomości obciążonej zgodnie z przeznaczeniem urządzeń na niej usytuowanych będzie dostatecznie zrealizowana, a zakres obciążenia nieruchomości właściwie dookreślony. Woli stron zawierających umowę o ustanowienie służebności przesyłu pozostawił też ustawodawca ustalenie, czy ma ona mieć charakter odpłatny, czy nieodpłatny.

Ustanowienie służebności przesyłu w drodze umowy.

Zagadnienie ustanowienia służebności przesyłu ma ogromne znaczenie praktyczne, ponieważ tylko określone zdarzenia prawne wywołują skutki w postaci powstania służebności przesyłu. Podstawowym sposobem ustanowienia służebności przesyłu jest umowa między właścicielem nieruchomości i przedsiębiorcą. Nie zostały jednak wskazane elementy, jakie umowa o ustanowienie służebności przesyłu powinna zawierać. Sięgając do opinii E. Gniewka dotyczącej umowy o ustanowienie ograniczonego prawa rzeczowego, jakim jest bez wątpienia również służebność przesyłu, odnajdujemy wytyczne, według których w umowie tej „określa się rodzaj i treść ustanawianego prawa. Jedyną kodeksową wskazówką jest art. 305¹ k.c. określający istotę służebności przesyłu, którą jest korzystanie przez przedsiębiorcę w określonym zakresie z nieruchomości obciążonej, zgodnie z przeznaczeniem usytuowanych na niej urządzeń. Zatem określenie, w jaki sposób i w jakim zakresie przedsiębiorca może korzystać z nieruchomości obciążonej, na której usytuowane są urządzenia, o których mowa w art. 49 § 1 k.c. należy uznać za pierwszy istotny element umowy o ustanowienie służebności przesyłu. Ustawodawca celowo nie ujął, na czym ma polegać korzystanie z nieruchomości, co należy uznać za działanie uzasadnione, bowiem precyzyjnego określenia tych okoliczności należy dokonywać dla konkretnego przypadku. Uniwersalne kryteria zasługują na aprobatę również z tego względu, że nie jest możliwe objęcie jedną regulacją zasad korzystania z nieruchomości obciążonych w odniesieniu do wszystkich urządzeń przesyłowych, ponieważ rozwiązania przyjęte dla urządzeń służących do doprowadzania i odprowadzania gazu, nie znajdują zastosowania do urządzeń służących do doprowadzania i odprowadzania energii elektrycznej. Dlatego też szczegółowe określenie uprawnienia do korzystania z nieruchomości obciążonej, pozostawione zostało stronom umowy. Warto zwrócić tutaj uwagę, że służebność przesyłu polega na tym iż przedsiębiorca może korzystać z nieruchomości obciążonej tylko zgodnie z przeznaczeniem urządzeń, które służebnością zostaną objęte. Zatem w umowie o ustanowienie służebności przesyłu strony powinny skonkretyzować zakres obciążenia nieruchomości tak, aby zapewnić przedsiębiorcy możliwość posadowienia urządzeń na cudzej nieruchomości, a następnie nieograniczony do nich dostęp w razie awarii, wymiany, konserwacji, czy innych czynności mających zapewnić urządzeniom prawidłowe funkcjonowanie. Za ogólną regułę można tu uznać wskazaną w art. 288 k.c. potrzebę wykonywania służebności przesyłu w sposób jak najmniej utrudniający korzystanie z nieruchomości obciążonej. Zgodnie z powyższym nie wolno zapominać, że każde obciążenie nieruchomości służebnością przesyłu stanowi ograniczenie uprawnień właściciela, zmniejszające jednocześnie użyteczność nieruchomości obciążonej, dlatego też przy ustalaniu w umowie zakresu służebności i sposobu jej wykonywania wskazana jest zawsze ostrożność.

Ustawodawca pozostawił również woli stron zawierających umowę o ustanowienie służebności przesyłu ustalenie, czy ma ona mieć charakter odpłatny, czy nieodpłatny. Oczywiście regułą będzie odpłatność, przy czym strony same mogą zdecydować, czy będzie to wynagrodzenie jednorazowe, czy okresowe. Jego wysokość strony także kształtują wg swoich uzgodnień, ponieważ ustawodawca nie wskazuje postaci, ani żadnej miary wynagrodzenia. Warto dodać, iż najczęściej sięgają do pieniężnej formy świadczenia. Według E. Gniewka „po-

służenie się klauzulą odpowiedniego wynagrodzenia przerzuca ciężar oceny w stronę sądów orzekających” [4] w przypadku, gdy strony nie dojdą do konsensusu w tym przedmiocie. Za właściwe należy też uznać odrzucenie postulatu potentatów przesyłowych, aby zastosować urzędową taryfę wynagrodzenia. Pozwoli to stronom na uwzględnienie różnorodnych okoliczności i każdorazowe dostosowanie wynagrodzenia dla indywidualnego przypadku. E. Gniewek słusznie zauważa, iż „nie można tutaj korzystać z analogii do regulujących zasady wynagrodzenia za korzystanie bez tytułu prawnego z cudzych rzeczy przepisów art. 224-225 k.c. Wszak tym razem chodzi o uregulowanie na przyszłość legalnego korzystania z cudzych nieruchomości przez przedsiębiorców przesyłowych na odpowiednim wynagrodzeniem” [4]. Nie budzi też wątpliwości, że wysokość wynagrodzenia należnego właścicielowi obciążanej nieruchomości jest zależna od zakresu ograniczeń własności nieruchomości, w tym między innymi powierzchni nieruchomości dotkniętej ograniczeniami, jak i stopnia uciążliwości dla właściciela, spowodowanego właściwościami i sposobem eksploatacji urządzeń. Powinna także uwzględnić obniżenie wartości nieruchomości, związane z usytuowaniem na niej urządzeń.

Prawodawca nie określa również formy w jakiej powinna być zawarta umowa pomiędzy właścicielem nieruchomości obciążonej, a przedsiębiorcą przesyłowym. W tym zakresie odsyła nas do odpowiedniego stosowania przepisów o służebnościach gruntowych. Art. 245 mówi o tym, że „z zastrzeżeniem wyjątków w ustawie przewidzianych, do ustanowienia ograniczonego prawa rzeczowego stosuje się bezpośrednio przepisy o przeniesieniu własności (...) Jednakże do ustanowienia ograniczonego prawa rzeczowego na nieruchomości nie stosuje się przepisów o niedopuszczalności warunku lub terminu. Forma aktu notarialnego jest potrzebna tylko dla oświadczenia właściciela, który prawo ustanawia.” [8] Przepis ten, mimo odesłania do regulacji dotyczących przeniesienia własności dokonuje dwóch modyfikacji. Pierwsza z nich ogranicza zakres formy aktu notarialnego jedynie do oświadczenia woli właściciela nieruchomości służebnej. Jednakże należy zwrócić uwagę na to, że zgodnie z wyrokiem Sądu Najwyższego z dnia 12 maja 2000r. [11] także oświadczenie właściciela nieruchomości o zobowiązaniu się do ustanowienia ograniczonego prawa rzeczowego na nieruchomości, a więc również i służebności przesyłu powinno być złożone w formie aktu notarialnego. Wobec tego dla ważności umowy o ustanowienie służebności przesyłu nie jest wymagana forma aktu notarialnego, dla oświadczeń obu stron, gdyż oświadczenie drugiej strony, czyli przedsiębiorcy przesyłowego może być złożone w każdej formie, „także przez czynności konkludentne” [1], co zauważa w swym opracowaniu B. Rakoczy. Dysproporcja ta wydaje się zrozumiała, ponieważ w wyniku zawarcia takiej umowy ograniczeniu ulegają uprawnienia właściciela nieruchomości, a forma aktu notarialnego ma chronić go przed podjęciem niewłaściwych decyzji związanych z ustanowieniem służebności przesyłu. Z kolei nie ma potrzeby nadmiernej dbałości o interesy przedsiębiorcy, gdyż służebność jest ustanawiana w jego interesie. Prawodawca oczekuje więc od profesjonalnego podmiotu większej dbałości o własne interesy. Dodajmy, że służebność przesyłu ustanawiana jest na rzecz oznaczonego przedsiębiorcy, którego należy wskazać w akcie notarialnym ustanowienia służebności przesyłu. Uważam jednak za na wyrost zapobiegliwy postulat wysunięty przez E. Gniewka, który uważa, że „należy unikać zastrzeżenia, że służebność będzie także przysługiwać jego następcom prawnym” [4], w związku z regulacją zawartą w art. 305³ § 1 k.c., dotyczącą możliwości przejścia służebności przesyłu na nabywcę przedsiębiorstwa lub nabywcę urządzeń, o których mowa w art. 49 k.c. Nie można również zapominać o umieszczeniu w akcie wniosku wieczystoksięgowego, celem ujawnienia ustanowienia służebności w dziale III księgi wieczystej obciążonej nieruchomości. Służebność ta powstaje z chwilą zawarcia umowy, bądź złożenia oświadczenia, dlatego też jej wpis do księgi wieczystej będzie miał charakter deklaracyjny.

Druga, dość istotna modyfikacja w stosunku do przepisów dotyczących przeniesienia prawa własności, to dopuszczalność zastrzeżenia terminu, bądź ustanowienia warunku. Umowa o ustanowienie służebności przesyłu może być zawarta na czas oznaczony lub nieoznaczony. Czas trwania umowy podobnie jak kwestię wynagrodzenia ustawodawca pozostawił uznaniu stron. W umowie tej strony mogą również zawrzeć postanowienia dotyczące obowiązku utrzymywania urządzeń przesyłowych. Zważając na odesłanie zawarte w art. 305⁴ k.c. wydaje się zasadne stosowanie do służebności przesyłu art. 289 k.c. zgodnie z którym „w braku odmiennej umowy obowiązek utrzymywania urządzeń potrzebnych do wykonywania służebności gruntowej obciąża właściciela nieruchomości władnącej. (...) Jeżeli obowiązek utrzymywania takich urządzeń został włożony na właściciela nieruchomości obciążonej, właściciel odpowiedzialny jest także osobiście za wykonywanie tego obowiązku” [8], ponieważ ustawodawca nie przyjął żadnych odrębnych uregulowań dotyczących omawianej służebności. Przy czym zamiast właściciela nieruchomości władnącej, występować będzie w tym przypadku przedsiębiorca przesyłowy. Co prawda przepis ten znajdzie zastosowanie tylko wtedy, gdy strony nie poczyniły żadnych uzgodnień w przedmiocie utrzymywania urządzeń. Jednakże to właściciel nieruchomości obciążonej ma interes w przypisaniu tych obowiązków przedsiębiorcy, ponieważ utrzymanie tego typu urządzeń mogłoby przekraczać jego możliwości techniczne, a przede wszystkim finansowe.

Ustanowienie służebności przesyłu na podstawie orzeczenia sądu

Ustanowienie służebności przesyłu może nastąpić także w drodze orzeczenia sądowego. Jak wynika z art. 305² k.c. służebność przesyłu może być ustanowiona zarówno na wniosek właściciela nieruchomości, na której usytuowane są urządzenia, jak i na wniosek przedsiębiorcy przesyłowego. B. Rakoczy tłumaczy, że „prawodawca (...) chciał w przypadku służebności przesyłu pogodzić sprzeczne interesy, objąć jednocześnie tą regulacją stany faktyczne, które wystąpią w przyszłości i te które powstały przed wejściem w życie ustawy nowelizującej” [1]. Właściciel nieruchomości będzie zainteresowany ustanowieniem służebności przesyłu w przypadku nieuregulowanego stanu prawnego urządzeń przesyłowych znajdujących się na jego gruncie. W okresie przed wejściem w życie nowelizacji ustawodawca nie dawał mu takiej możliwości. Właściciel nieruchomości obciążonej mógł dotychczas żądać tylko usunięcia urządzeń lub zapłaty wynagrodzenia, natomiast dla uregulowania stanu prawnego konieczne było złożenie oświadczenia woli przez przedsiębiorcę. Ustawodawca mając na celu uregulowanie stanu prawnego w odniesieniu do tzw. zasłużności przyznał właścicielowi nieruchomości uprawnienie w postaci żądania ustanowienia służebności przesyłu, gdy przedsiębiorca uchyliła się od zawarcia umowy w tym przedmiocie. Myślę, że ten kierunek zmian należy uznać za właściwy, zważając na skalę zjawiska braku tytułu prawnego przedsiębiorców przesyłowych do cudzych nieruchomości, na których usytuowane są urządzenia służące do doprowadzania lub do odprowadzania, pary, płynu, gazu, czy energii elektrycznej.

Wniosek o ustanowienie służebności przesyłu powinien czynić zadość wymaganiom, jakich prawodawca wymaga od każdego pisma procesowego, określonym w art. 126 k.p.c. Do wniosku należy dołączyć odpis z księgi wieczystej oraz wypis z rejestru gruntów dla nieruchomości, która ma być obciążona służebnością przesyłu, celem wykazania prawa własności. Ustanowienie służebności przez sąd następuje w postępowaniu nieprocesowym. Kwestię właściwości sądu reguluje art. 38 § 1 k.p.c. zgodnie z którym „powództwo o własność lub o inne prawa rzeczowe na nieruchomości, jak również powództwo o posiadanie nieruchomości można wytoczyć wyłącznie przed sąd miejsca jej położenia. Jeżeli przedmiotem sporu jest służebność gruntowa, właściwość oznacza się według położenia nieruchomości obciążonej” [9]. Co prawda przepis ten wyróżnia tylko służebność gruntową, lecz nie można przyjąć że ustawodawca wyłączył z dyspozycji tej normy służebność przesyłu, bowiem „nie ma racjonalnych przesłanek, aby inaczej traktować służebność gruntową, a inaczej służebność przesyłu, tym bardziej, że kryterium decydującym o zastosowaniu art. 38 k.p.c. jest miejsce położenia nieruchomości obciążonej. Z taką nieruchomością mamy do czynienia zarówno w przypadku służebności gruntowej, jak i służebności przesyłu. Istotne jest także to, że w kwestiach nieuregulowanych przepisami o służebności przesyłu stosuje się odpowiednio przepisy o służebności gruntowej. Wprawdzie jest to przepis materialno prawny, ale wydaje się, że i do omawianej kwestii procesowej znajdzie zastosowanie” [1]. „Zgodnie z art. 626 § 3 k.p.c. w sprawach o ustanowienie służebności przesyłu stosuje się odpowiednio art. 626 § 1 i 2 k.p.c., co oznacza, iż:

- jeżeli żądanie ustanowienia służebności przesyłu ma dotyczyć kilku nieruchomości, to wskazać należy jako uczestników postępowania wszystkich właścicieli;
- przed wydaniem postanowienia o ustanowienie służebności przesyłu sąd przeprowadza dowód z oględzin nieruchomości, chyba że okoliczności dotyczące jej określenia są niesporne” [6].

Natomiast wtedy gdy nieruchomość, która ma być obciążona jest przedmiotem współwłasności, również należy wskazać wszystkich współwłaścicieli, jako uczestników postępowania.

Ustanowienie służebności przesyłu w drodze postępowania cywilnego jest możliwe tylko przy spełnieniu określonych warunków, których wykazanie powinno nastąpić w toku postępowania. Brak wykazania przesłanek skutkowań będzie oddaleniem wniosku. Zgodnie z art. 305² k.c. żądanie ustanowienia służebności przesyłu powinno być poprzedzone próbą jej ustanowienia w drodze umowy, niezależnie od tego czy wnioskodawcą jest właściciel nieruchomości, czy przedsiębiorca przesyłowy. Przymusowe ustanowienie służebności przesyłu będzie więc mieć zastosowanie wówczas, gdy niemożliwe okaże się jej ustanowienie w drodze umowy. Nie ma przy tym znaczenia, która ze stron podejmowała próby osiągnięcia konsensu, a także w jakim trybie umowa miałaby zostać zawarta. Warunkiem jest więc odmowa zawarcia umowy przez drugą stronę. Złożenie wniosku jest jednak niedopuszczalne w przypadku, gdy sam wnioskodawca odmówił zawarcia umowy. Zatem właściciel nieruchomości domagający się ustanowienia służebności przesyłu musi wykazać na gruncie postępowania cywilnego, że przedsiębiorca odmówił zawarcia umowy. W sytuacji, gdy żądaniem takim wystąpi przedsiębiorca przesyłowy, to na nim spoczywa obowiązek wykazania, że właściciel nieruchomości sprzeciwił się zawarciu umowy. B. Rakoczy słusznie zauważa, że „prawodawca nie wskazuje ani ile razy druga strona może odmówić zawarcia umowy, ani w jakiej formie należy to uczynić. Uznać można, że wystarczy jednokrotne odmówienie zawarcia umowy o ustanowienie służebności przesyłu. Nie jest też wymagana forma szczególna, wystarczy

zatem każdy przejaw oświadczenia woli wyrażony na zewnątrz” [1]. Według tej koncepcji wystarczy każdy przejaw woli drugiej strony, który będzie świadczył o tym, że nie jest ona zainteresowana zawarciem przedmiotowej umowy. Nasuwa się jednak pytanie czy za odmowę można uznać sytuację, gdy druga strona pozostawała bierna i nie ustosunkowała się do złożonej oferty zawarcia umowy. „Co do zasady, przyjmuje się w prawie polskim, że bierne zachowanie się (milczenie) nie oznacza ani potwierdzenia ani zaprzeczenia.” [7]. Wyjątek stanowi tutaj jedynie art. 68² k.c. zgodnie z którym „jeżeli przedsiębiorca otrzymał od osoby, z którą pozostaje w stałych stosunkach gospodarczych, ofertę zawarcia umowy w ramach swej działalności, brak niezwłocznej odpowiedzi poczytuje się za przyjęcie oferty” [8]. W pozostałych przypadkach nieobjętych dyspozycją art. 68² k.c. milczenia nie można uznawać za przyjęcie oferty. Według B. Rakoczego „możliwe jest przyjęcie tezy, że milczenie co do przyjęcia lub odmowy przyjęcia oferty trzeba traktować – w świetle art. 305² - jak odmowę zawarcia umowy o ustanowienie służebności przesyłu. Celem bowiem regulacji jest doprowadzenie do zawarcia umowy o ustanowienie służebności przesyłu, a każda okoliczność, która nie doprowadzi do zawarcia umowy może być traktowana jak odmowa jej zawarcia. Gdyby stronie zależało na ustanowieniu służebności przesyłu w drodze umowy, to dokonałaby stosownych czynności.” [1] Dopuszczalne wydaje się więc uznanie że odmowa zawarcia umowy o ustanowienie służebności przesyłu może być wyrażona przez milczenie strony, której została złożona oferta zawarcia umowy. Problemem może okazać się jedynie wykazanie tej okoliczności w drodze postępowania, ponieważ brak skutecznego dowodu będzie skutkowało oddaleniem wniosku. Również w przypadku, gdy wszczęcie postępowania nie było poprzedzone próbą podjęcia negocjacji, czy złożeniem oferty zawarcia umowy, wniosek zostanie oddalony jako przedwczesny.

W postępowaniu o ustanowienie służebności przesyłu zarówno właściciel nieruchomości jak i przedsiębiorca przesyłowy muszą udowodnić, iż ustanowienie służebności przesyłu jest konieczne dla właściwego korzystania z urządzeń, o których mowa w art. 49 § 1 k.c. Warunek ten nie pozostawia wątpliwości w stosunku do przedsiębiorcy przesyłowego, na rzecz którego służebność ma zostać ustanowiona, natomiast stawiane przez ustawodawcę wymaganie, aby także właściciel wykazywał tę okoliczność jest nieco chybionym rozwiązaniem. Bezzasadne jest wykazywanie przez właściciela nieruchomości okoliczności, których udowodnienie ciąży na przedsiębiorcy przesyłowym, bowiem to właśnie w jego interesie jest uzyskanie tytułu prawnego dla urządzeń usytuowanych na cudzym gruncie, umożliwiającego ich właściwą eksploatację. Gdyby w ocenie przedsiębiorcy zaistniała taka konieczność, z pewnością wystąpiłby on o ustanowienie służebności przesyłu. Natomiast brak podejmowania jakichkolwiek kroków przez przedsiębiorcę oznaczałby, że ustanowienie służebności nie było konieczne dla właściwego korzystania z tych urządzeń. Dlatego też właścicielowi nieruchomości trudno będzie wykazać konieczność ustanowienia służebności przesyłu w celu właściwego korzystania z urządzeń przez przedsiębiorcę.

Legitymacja przedsiębiorcy do żądania ustanowienia służebności powstaje nie tylko wtedy, gdy właściciel nieruchomości odmawia zawarcia umowy, ale także w sytuacji, gdy strony nie mogą ustalić wysokości wynagrodzenia. Z żądaniem takim może wystąpić także właściciel, jednak jego wniosek będzie dotyczył raczej zasądzenia odpowiedniego wynagrodzenia za ustanowienie służebności. Inicjatywę dowodową co do kwestii wynagrodzenia częścię przejmował będzie właściciel, ponieważ to na jego nieruchomości znajdują się, bądź zostaną posadowione urządzenia przesyłowe, co z kolei wpłynie na ograniczenie własności i spowoduje dla niego pewne uciążliwości związane z użytkowaniem gruntu. Przedsiębiorca zaś będzie powoływał się adekwatność wynagrodzenia w stosunku do powstałych ograniczeń w rozporządzaniu nieruchomością. Ustawodawca nie objaśnia przy tym jakie wynagrodzenie będzie odpowiednie. Postępując się klauzulą odpowiedniego wynagrodzenia pozostawia swobodę sądom orzekającym. W praktyce bardzo duże znaczenie w przedmiocie wysokości wynagrodzenia może zyskać opinia biegłego, która pozwoli sądowi rozstrzygającemu na jego właściwe wyważenie, przy jednoczesnym uwzględnieniu interesów właściciela nieruchomości i przedsiębiorcy przesyłowego. Warto też zwrócić uwagę, że nic nie stoi na przeszkodzie, aby służebność przesyłu została ustanowiona w drodze ugody zawartej przed sądem.

Podsumowanie

Prawodawca, wprowadzając do polskiego prawa cywilnego służebność przesyłu przyczynił się bez wątpienia do uporządkowania stanu prawnego urządzeń przesyłowych. Pozwolił na elastycznie kształtowanie relacji prawnych pomiędzy właścicielem nieruchomości obciążonej a przedsiębiorcą przesyłowym. Myślę, że pojawienie się służebności przesyłu jest krokiem mającym bardzo duże znaczenie dla ułatwienia obrotu gospodarczego. Dzięki niej przedsiębiorcy mogą dysponować trwałym tytułem prawnym do nieruchomości, na których usytuowane są urządzenia przesyłowe. Łatwiejsze stało również planowanie inwestycji z wykorzystaniem cudzych nieruchomości, w zakresie posadowienia na nich urządzeń przesyłowych. Szczególnie istotne jest wprowadzenie możliwości

sądowego ustanowienia tej służebności zarówno wówczas, gdy przedsiębiorca zamierza wybudować nowe urządzenia, jak i wtedy, gdy urządzenia są już posadowione, a przedsiębiorca nie ma uregulowanego prawnie dostępu do nich. Uważam, że dzięki wprowadzeniu służebności przesyłu otrzymaliśmy od ustawodawcy szansę na pełne uregulowanie dostępu do urządzeń usytuowanych na cudzych nieruchomościach i mimo dostrzeganych mankamentów, jeżeli nie zatracimy przy wykładni przepisów ich *ratio legis*, interpretując je z uwzględnieniem zasad społecznych i gospodarczych, będziemy mogli umiejętnie rozstrzygać kolizje w interesach właścicieli nieruchomości i przedsiębiorców przesyłowych, wypełniając tym samym założenia omawianej instytucji.

Bibliografia

- [1] B. Rakoczy, Służebność przesyłu w praktyce, Warszawa 2009, s. 88 - 129.
- [2] E. Gniewek [w:] E. Gniewek (red.) Kodeks Cywilny. Komentarz, rok wydania 2008, Legalis.
- [3] E. Gniewek Kodeks Cywilny. Księga Druga, Własność i inne prawa rzeczowe. Komentarz, Kraków 2001.
- [4] E. Gniewek, Nowy rodzaj służebności służebność przesyłu [w:] Prace z prawa cywilnego dla uczczenia pamięci prof. Jana Kosika, red. Piotr Machnikowski, Wrocław 2009, s. 7 - 15.
- [5] G. Bieniek, Służebność przesyłu, czyli temat prawniczych dyskusji, Rzeczpospolita 25 września 2008r.
- [6] G. Bieniek, Urządzenia przesyłowe Problematyka prawna, Wydanie 1, Warszawa 2008, s. 60.
- [7] K. Pietrzykowski (red.), Kodeks cywilny. Komentarz. rok wydania 2013, Legalis.
- [8] Ustawa z dnia 23 kwietnia 1964 r. Kodeks Cywilny (tekst jednolity Dz. U. z 2014r. poz. 121).
- [9] Ustawa z dnia 17 listopada 1964 r. Kodeks Postępowania Cywilnego (tekst jednolity Dz. U. z 2014r. poz. 101).
- [10] Ustawa z dnia 14 lutego 1991r. Prawo o notariacie (tekst jednolity Dz. U. z 2014r. poz. 164).
- [11] Wyrok Sądu Najwyższego z dnia 12 maja 2000r. V CKN 30/00, OSNC 2001, nr 9, poz. 125.

TRANSMISSION LINE EASEMENT

Abstract

Transmission line easement was enforced into law by an amendment to the Civil Code on 30.05.2008. It's one of limited property rights, which is similar to an easement appurtenant. This servitude is established for the benefit of entrepreneur who sells energy. He can be in two positions: he is going to build devices, which are going to transmit energy or has already built them. The devices are set on somebody else's property. The transmission line easement can be established by a mutual agreement, a verdict or an acquisitive prescription.

Key words

transmission line easement, Civil Code

Katarzyna Caban-Piaskowska

Centrum Badań i Innowacji Pro Akademia, ul. Piotrkowska 238, 90-360 Łódź
Uniwersytet Łódzki, Katedra Zarządzania, ul. Jana Matejki 22/26, 90-237 Łódź, k.caban-piaskowska@o2.pl

Magdalena Zalewska-Turzyńska

Uniwersytet Łódzki, Katedra Zarządzania, ul. Jana Matejki 22/26, 90-237 Łódź, mzalewska@uni.lodz.pl

OD STRUKTURY LINIOWEJ DO MACIERZOWEJ – ANALIZA PRZYPADKU

Streszczenie

Wiele przedsiębiorstw produkcyjnych istniejących na Polskim rynku – nie tylko z branży tekstylnej, także np. spożywczej – funkcjonuje w oparciu o liniową strukturę organizacyjną. W artykule stawia się tezę, że można w wielu z nich wprowadzić strukturę macierzową, co poprawi funkcjonowanie firmy. Podejmując próbę uzasadnienia tak postawionej tezy posłużono się analizą przypadku, która ma charakter ilustracyjny. W konsekwencji artykuł ten stał się opracowaniem teoretyczno-empirycznym.

Słowa kluczowe

struktura organizacyjna, liniowa, macierzowa, analiza „wielowymiarowa”.

Wstęp

W ostatnich latach zagadnienie struktur organizacyjnych jest zaniedbywane, a nawet pomijane. Gdy mowa o zespołach zadaniowych, podejściu procesowym, strukturach macierzowych i sieciach deprecjonuje się ich ewolucyjnych i rewolucyjnych poprzedników. Uznaje się, że ewolucja struktur organizacyjnych przestała być możliwa, że następuje rewolucja [4], albo nawet, że struktury w organizacjach zmieniają się tak szybko, że w ogóle nie można mówić o strukturach organizacyjnych w dawnym znaczeniu [3]. Struktury hierarchiczne uznawane są za zbędne zarówno w nauczaniu akademickim jak i w praktyce biznesowej. A jednak, jakby na przekór postępowi mierzonemu zinternetyzowaniem świata, nowoczesnym tendencjom w zarządzaniu z nim związanym, funkcjonują nadal organizacje, których struktury mają charakter liniowy lub funkcjonalny (np. Urząd Skarbowy lub Poczta Polska). I nadal organizacja – niezależnie od charakteru jej działalności – posiada strukturę organizacyjną, bowiem bez niej nie byłaby w stanie funkcjonować. Struktura ta może burzliwie zmieniać się w czasie, albo latami pozostawać taka sama. W tym kontekście nasuwa się pytanie, gdzie w zagadnieniu struktury organizacyjnej szukać innowacji. W przypadku niniejszego opracowania innowacyjność odnajduje się w dwóch aspektach. W opracowaniu wskazano konkretną organizację, istniejącą i funkcjonującą na polskim rynku, dla której wskazano nowatorskie rozwiązanie strukturalne. Zatem zmiana struktury przedsiębiorstwa jest w tym przypadku innowacją dla niego samego, ale także jest to innowacyjna propozycja, która może sprawnie funkcjonować w branży tekstylnej. Jest to więc propozycja, która ma szansę przyjąć się w tej branży i podlegać dyfuzji na inne.

Wiele przedsiębiorstw produkcyjnych istniejących na Polskim rynku – nie tylko z branży tekstylnej, także np. spożywczej – funkcjonuje w oparciu o liniową strukturę organizacyjną. W artykule stawia się tezę, że można w wielu z nich wprowadzić strukturę macierzową, co poprawi funkcjonowanie firmy. Podejmując próbę uzasadnienia tak postawionej tezy posłużono się analizą przypadku, która ma charakter ilustracyjny. Celem opracowania jest w konsekwencji przedstawienie faktycznie przeprowadzonej wielowymiarowej analizy struktury organizacyjnej według Marcina Bielskiego [1; 2] w przedsiębiorstwie X wraz z zaleceniami z tej analizy wynikającymi (warto w tym miejscu zaznaczyć, że zalecenia te zostały z powodzeniem prowadzone w przedsiębiorstwie). W konsekwencji artykuł ten stał się opracowaniem teoretyczno-empirycznym.

W opracowaniu zastosowano metodę analizy przypadku². W niniejszym badaniu zainteresowaniu badacza podlegały – zgodnie z zasadami – zarówno wartości zmiennych, jak i zależności między nimi. Przystąpiono do poszukiwań bez wstępnych hipotez, z zamiarem dokładnego zbadania zjawiska w jego rzeczywistym kontekście.

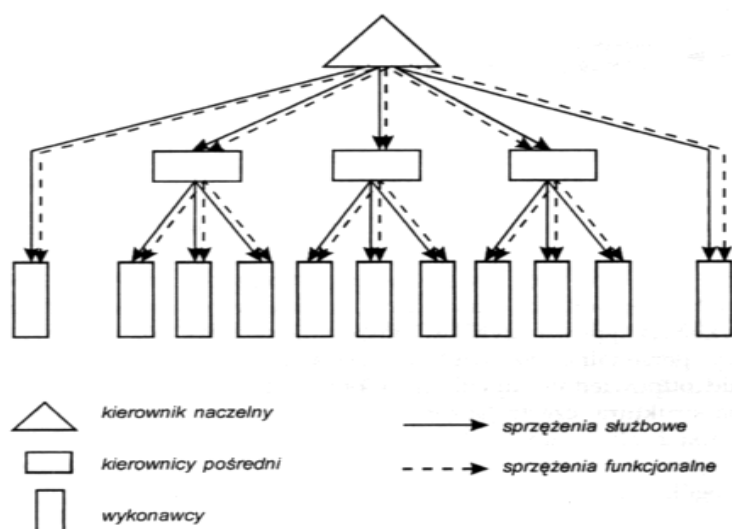
² Metoda analizy przypadków jest traktowana jako jedna z metod badań naukowych. Jest to możliwie dokładny i wielostronny obraz nielicznych przypadków danego zjawiska, celem uzyskania wniosków empirycznych. Pogłębiona, wnikliwa i wielostronna analiza ma w założeniu zastąpić znaczne ilości danych mogące być podstawą do opracowania

W tym miejscu konieczne jest zwrócenie uwagi na fakt postrzegania metody case study jako wstępnej fazy badania, którego wyniki mają być potwierdzone w wyniku np. eksperymentu, dokonanego na reprezentatywnej próbie i uogólnione na populację. Jest to jednak podejście uproszczone, bowiem gdyby metoda case'owa była "gorsza", nie miałyby tylu zastosowań w tradycyjnych dyscyplinach naukowych, takich jak psychologia, socjologia, nauki polityczne, antropologia, historia i ekonomia, a także w dyscyplinach bardziej praktycznie zorientowanych, jak planowanie przestrzenne, administracja publiczna, nauki o zarządzaniu i pedagogika [12]. Co więcej, gdyby metoda case'owa była metodą "gorszą", nie stosowałoby jej tylu znakomitych uczonych o uznanej renomie badawczej. [12] Rozważania w niniejszej analizie przypadku opierają się na badaniach jakościowych przeprowadzonych w czerwcu 2014 r. techniką wywiadu swobodnego, ankiety i analizy dokumentów.

Podejście wielowymiarowe do liniowej i macierzowej struktury organizacyjnej

Pojęcie struktury organizacyjnej jest powszechnie używane w odniesieniu do organizacji. Istnieje wiele definicji (por. np. Mreła, Przybyła, Lachiewicz). Jako strukturę organizacyjną można określić całokształt stosunków między jej elementami, czyli ludźmi i składnikami rzeczowymi – można też stwierdzić, że jest to sposób uporządkowania elementów organizacji [5]. Na potrzeby tego opracowania, wybrano podejście wielowymiarowe do analizy struktur organizacyjnych według Marcina Bielskiego [1]. Wśród właściwości charakteryzujących strukturę Bielski wymienia sześć elementów, są nimi rozmiar, stopień specjalizacji, grupowanie, spiętrzenie struktury, centralizacja i formalizacja. Rozmiar struktury wyznaczany jest wielkością organizacji, stopień specjalizacji wyrażany za pomocą określonego sposobu podziału pracy – głębokości podziału i zróżnicowania zadań z niego wynikających, a także poprzez wskazanie stopnia wykorzystania wiedzy i umiejętności pracowników. Grupowanie obejmuje kryteria i sposób grupowania stanowisk. Stopień spiętrzenia struktury organizacyjnej mierzony jest liczbą szczebli hierarchicznych i rozpiętością kierowania. Centralizacja określa rozmieszczenie uprawnień decyzyjnych i odpowiedzialności na poszczególnych szczeblach hierarchii. Stopień sformalizowania wskazuje zakres i stopień szczegółowości regulacji objętych strukturą formalną. [1]. Ponadto Bielski posiłkuje się dokonaniem szkoły Astońskiej i uzupełnia powyższy katalog o wymiar konfiguracji oraz rozszerza zakres wymiaru formalizacji. Konfiguracją nazywa charakterystyczny kształt struktury organizacyjnej, sposób rozdzielania i pogrupowania elementów, liczbę szczebli hierarchicznych i wreszcie proporcje części składowych. Formalizacja natomiast obejmuje teraz zakres obowiązujących w organizacji norm postępowania i zasad komunikowania się. [1, s.106]. Komunikowanie się jest w tym przypadku jest czynnikiem, który wpływa na podniesienie skuteczności i efektywności działań firmy. [10]

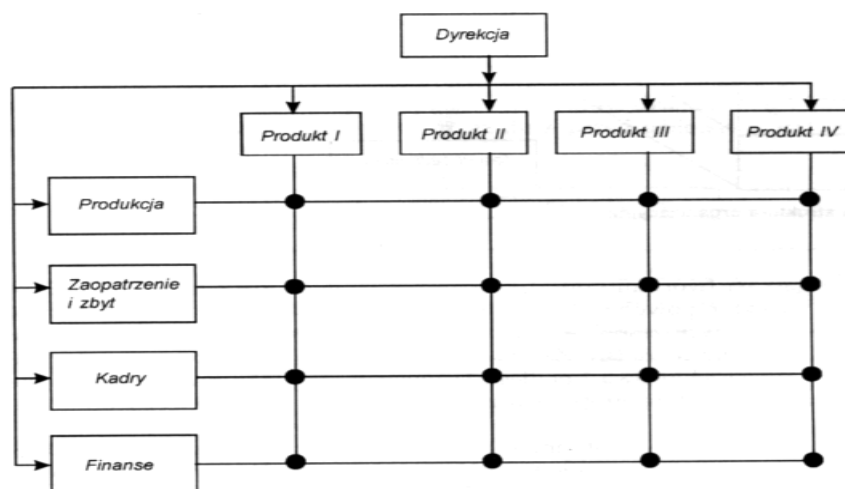
Za pomocą wskazanych właściwości struktur można opisać zarówno strukturę liniową jak i macierzową. Na wszystkich szczeblach struktury liniowej występuje więź służbowa. Możliwe jest także występowanie więzi funkcjonalnej, ale pokrywają się one z więziami służbowymi, co pokazano na rysunku 1. Jak widać, polecenia wychodzą od jednej osoby (występuje więc tzw. jedność kierowania), pełne zcentralizowanie, co może pozabawiać inicjatywy kierowników niższego szczebla. Odpowiedzialność jest ściśle określona i indywidualna. Decyzje podejmowane są szybko, bowiem zależą wyłącznie od jednej osoby, niestety nie za każdym razem mogą być trafne – podejmowane są samodzielnie, brakuje kompetentnych doradców [2].



Rys. 1. Struktura liniowa

Źródło: Zieleniewski J. *Organizacja zespołów ludzkich*, PWN, Warszawa 1976, s. 387

Struktura macierzowa jest strukturą klasyfikowaną jako pośrednia pomiędzy hierarchicznymi, a organicznymi rodzajami struktur. Schematem (rysunek 2) tej struktury jest przedstawiany w postaci macierzy, w której kolumny obrazują więzi funkcjonalno-hierarchiczne, a wiersze — więzi techniczno-hierarchiczne. Dlatego struktura ta jest nazywana także funkcjonalno-techniczną. Komórki wykonawcze są funkcjonalnie podporządkowane przełożonym funkcjonalnym – na rysunku zaznaczone pionowo, natomiast koordynowanie procesu – w poziomie. Struktura ta ma wady klasycznej struktury funkcjonalnej hierarchicznej czyli podwójne podporządkowanie (poziome i pionowe), które może powodować konflikty między kierownikami funkcjonalnymi a koordynatorami. [1] Struktura jest niesiętrzona, zdecentralizowana o niskim stopniu formalizacji.



Rys. 1. Schemat struktury macierzowej

Źródło: Steinmann H., Schreyogg G., *Zarządzanie. Podstawy kierowania przedsiębiorstwem. Konceptje funkcje, przykłady*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998, s.49

Struktura organizacyjna firmy X w ujęciu wielowymiarowym

Do analizy przypadku została wybrana firma X, która funkcjonuje w branży tekstylnej. Proces doradczy w niniejszej firmie przeprowadzono w czerwcu 2014 roku. Ze względów na zobowiązanie o zachowaniu w poufności danych nazwa przedsiębiorstwa nie może zostać ujawniona. Firma istnieje od ponad 30 lat na rynku polskim. Zajmuje się produkcją dzianin bawełnianych, poliestrowych, mieszankowych oraz organicznych. Przedsiębiorstwo posiada także farbiarnię, którą wykorzystuje do realizacji własnych potrzeb, a także komercyjnie – sprzedaje usługę innym firmom. Organizacja X jest również producentem odzieży – koszulek polo, t-shirtów,

dresów, bluz, odzieży reklamowej. Wytwarzane dzianiny oraz wyroby gotowe posiadają certyfikat Oeko-Tex Standart 100.

W firmie X przeprowadzono badania empiryczne, na które składały się analiza dokumentów, pogłębione wywiady z właścicielami i kierownictwem firmy. Zebrano także dane ankietowe od pracowników poszczególnych działów. Analiza wykazała, że w firmie nie stworzono zakresu obowiązków i odpowiedzialności dla żadnego stanowiska pracy. Brak uporządkowania elementów organizacji – co jest istotą struktury organizacyjnej – utrudnia działanie firmy. Ogólny chaos w przedsiębiorstwie i brak możliwości egzekwowania powierzonych pracownikom zadań powodował utrudnienia w codziennej pracy. We wskazanej wcześniej klasyfikacji Bielskiego, obejmującej siedem wymiarów, badany był rozmiar struktury, który wynika z wielkości organizacji. Analizowana organizacja liczyła ponad 250 pracowników, co powodowało, że można ją uznać za przedsiębiorstwo średniej wielkości. W firmie X zidentyfikowano pogrupowanie elementów organizacji według funkcji – na postawie tożsamości wykonywanych czynności. Osoby o podobnych kwalifikacjach i wykorzystujące podobne elementy rzeczowe organizacji – aparaturę i zasoby, połączono w poszczególne działy. W ten sposób, w ramach jednego przedsiębiorstwa prowadzona była działalność osobnych departamentów firmy – dziewiarni, farbiarni, szwalni i działu handlowego³.

Analizowana organizacja została oznaczona jako przedsiębiorstwo o bardzo niskim stopniu formalizacji, czyli zakres szczególności regulacji objętych strukturą formalną i ograniczających swobodę zachowań uczestników był niski. W firmie X postępowanie pracowników opierało się na uznaniowych zasadach działania, niespisanych i nieskodyfikowanych wcześniej. W związku z tym nie istniały określone normy postępowania i zasady komunikowania się.

Stopień specjalizacji, kolejna badana właściwość organizacji w analizie wielowymiarowej, wyrażająca się różnicowaniem zadań, głębokością podziału pracy, stopniem wykorzystania wiedzy i umiejętności fachowych pracowników była niespójna. W firmie X pracownicy na stanowiskach produkcyjnych byli specjalistami w wąskich dziedzinach, posiadali umiejętności i wiedzę wąską, konkretną i specjalistyczną – jak np. barwiarz czy dziewiarni. Jednak w procesie rekrutacji na poszczególne stanowiska nie stosowano tych kryteriów. Przyjęcia odbywały się w sposób uznaniowy i nie sformalizowano wymagań na stanowiska w postaci dokumentów.

W badanej firmie trudno oszacować spiętrzenie struktury – liczbę szczebli hierarchicznych i rozpiętość kierowania, gdyż nie stworzono żadnego, nawet przybliżonego schematu struktury organizacyjnej. Wszystkie założenia dotyczące zależności kierownik – podwładny w organizacji X, miały charakter nieformalny.

Analizowana organizacja charakteryzowała się bardzo wysokim stopniem centralizacji. Rozmieszczenie uprawnień decyzyjnych i odpowiedzialności znajdowało się na najwyższym poziomie hierarchicznym organizacji. Podział władzy pomiędzy poszczególne szczeble hierarchiczne organizacji w zasadzie nie istniał. Wszystkie, bez wyjątku decyzje w firmie podejmowali dwaj współwłaściciele – począwszy od strategicznych, po takie, które dotyczyły napraw maszyn i urządzeń, czy zakupu części zamiennych.

Podsumowując, powyższe wyniki analiz i uwzględniając kryterium konfiguracji, należy określić strukturę organizacyjną firmy X jako strukturą hierarchiczną – liniową ułomną. Użyto określenia „ułomna”, bowiem nie spełniała ona wszystkich kryteriów charakteryzujących strukturę liniową, brakowało formalizacji i spiętrzenia. Z tej przyczyny nie można struktury w firmie X nazwać liniową. Struktura ta nie była adekwatna do wielkości organizacji, skomplikowanego procesu produkcyjnego oraz widocznej potrzeby identyfikacji zakresu obowiązków i odpowiedzialności na poszczególnych stanowiskach.

Propozycja zmiany rodzaju struktury organizacyjnej

Na podstawie powyższych analiz, w firmie X zalecono restrukturyzację w postaci reorganizacji struktury organizacyjnej z liniowej „ułomnej” na macierzową. Pierwszym i podstawowym zadaniem od którego należało rozpocząć pracę było stworzenie zakresu obowiązków pracowników dla wszystkich stanowisk pracy. Miało to polepszyć organizację pracy, uporządkować ją, poprawić przepływ informacji i środków produkcji oraz ułatwić wyszukiwanie źródeł błędów. Zalecenie obejmowało spisanie listy czynności wykonywanych na stanowiskach

³ Nazwa „dział handlowy” wynika z długoletniego działania firmy na rynku, prawdopodobnie, gdyby firma była zakładana obecnie nosiłby on nazwę np. „działu systemu informacji marketingowej i sprzedaży”, zadaniem działu, poza sprzedażą, jest zapewnienie uporządkowanego dopływu trafnych informacji ze źródeł wewnętrznych i zewnętrznych na potrzeby podejmowania decyzji dotyczących strategii rozwoju firmy (system informacji marketingowych SIM); jest on także odpowiedzialny za planowanie, zbieranie, przechowywanie i analizę danych.

przez wszystkich pracowników. Doradca wraz z szefami poszczególnych działów, mieli stworzyć zakres obowiązków dla stanowisk w firmie X, korzystając z informacji otrzymanych od pracowników, a także bazując na wiedzy własnej i doświadczeniu kierowników działów. Zaletą takiego działania miało być uwzględnienie wszystkich czynności i obowiązków w nowo powstałych dokumentach. Korzystanie z informacji bezpośrednio pozyskanych od pracowników miało – przynajmniej częściowo – zapobiec lub zmniejszyć naturalny w tej sytuacji opór wobec zmian oraz skrócić okres adaptacji do nich [więcej o tym, por. 6]. Konsekwencją określenia obowiązków na stanowiskach jest przydzielenie adekwatnych do nich uprawnień do decydowania i kontroli. Polega na określeniu rozmieszczenia uprawnień do decydowania i odpowiedzialności, podziale władzy pomiędzy szczeble hierarchiczne organizacji. Właściciele firmy musieli w tym przypadku określić, na ile są w stanie zrezygnować z władzy⁴ na rzecz innych uczestników organizacji i zobowiązać się do respektowania nowych ustaleń. W zakresie uprawnień do decydowania i kontroli w zakresie podstawowej i bieżącej działalności, właściciele firmy oddaliby władzę swoim bezpośrednim podwładnym, pozostawiając sobie możliwość decydowania o strategii firmy i kierunkach polityki jej rozwoju. W ten sposób zapewniony zostanie krótszy czas podejmowania decyzji dotyczących bieżącego funkcjonowania firmy w porównaniu z wariantem sprzed wprowadzeniem zmian, łatwiejsze także stanie się odnajdywanie błędów i braków produkcyjnych. W scenariusz ten jednak nie ma wpisanych gwarancji, że właściciele będą chcieli przekazać swoje uprawnienia. Jeśli właściciele nie podzielą się uprawnieniami decyzyjnymi wówczas reorganizacja się nie powiedzie. Dobre samopoczucie właścicieli, jako jedynych decydentów w firmie, nie poprawi jakości produktu finalnego, nie zmniejszy ilości reklamacji i nie wpłynie na określenie odpowiedzialnych za błędy.

W organizacji zalecono wydzielenie osobnych działów w firmie, z wyznaczeniem kierowników tych działów. Sposób rozdzielenia całości i pogrupowania jej elementów na działy oraz kryteria zastosowane do podziału i łączenia, pomogą w organizacji procesu produkcyjnego i kontroli wykonywanych zadań. Należy więc przeprowadzić departamentalizację. Zalecono w tym przypadku wprowadzenie rozliczeń między działami, które odbywałyby się poprzez dokumenty rozliczenia wewnętrznego – wydanie zamówienia (wz) – lub inne dokumenty, najlepiej elektroniczne, zintegrowane z CRM. To rozwiązanie pozwoli poznać faktyczny poziom dochodów z poszczególnych procesów produkcyjnych, określić faktyczne koszty produkcji, a ponadto śledzić realizację zleceń. Wprowadzenie tego rozwiązania może być długotrwałe. Aby szybciej uzyskać efekt ekonomiczny oceniany pozytywnie można dokonać podziału organizacji na osobne działy, bez wprowadzania osobnych rozliczeń między nimi. Zaletą takiego rozwiązania byłby krótszy czas wprowadzania zmiany w porównaniu z wariantem powyższym, ale nieznane będą faktyczne zyski z poszczególnych procesów, trudność wyznaczenia faktycznych kosztów produkcji i śledzenia realizacji zleceń.

Po wyznaczeniu działów w organizacji należy określić ilości szczebli hierarchicznych i rozpiętość kierowania; które są zależne od wyznaczenia zakresu obowiązków na poszczególnych stanowiskach pracy i departamentalizacji oraz decentralizacji – delegowania uprawnień. Zalecono, żeby w organizacji ściśle określić ilości szczebli hierarchicznych i rozpiętość kierowania, co pomoże w identyfikacji drogi służbowej (kto czym jest podwładnym, kto za co odpowiada i przed kim oraz za ilu podwładnych odpowiada przełożony).

Następnym etapem w reorganizacji przedsiębiorstwa było określenie stopnia specjalizacji na poszczególnych stanowiskach pracy. Wyraża się ona w zróżnicowaniu zadań na stanowiskach i w głębokości podziału pracy, stopniu wykorzystania wiedzy i umiejętności fachowych pracowników. Zalecenia dotyczyły określenia umiejętności specjalistycznych i wiedzy potrzebnej na poszczególnych stanowiskach pracy. Identyfikacja taka w przyszłości pomoże podczas przeprowadzaniu rekrutacji, bowiem będą w niej zawarte informacje o kompetencjach i umiejętnościach potrzebnych na każdym stanowisku pracy w firmie X.

Nawet przedsiębiorstwo o strukturze macierzowej potrzebuje pewnego, określonego stopnia formalizacji. Zalecono określenie zasad komunikowania się, czyli określenia zakresu szczegółowości regulacji objętych strukturą formalną i ograniczających swobodę zachowań uczestników. W organizacji zarekomendowano sprecyzowanie sposobów wymiany informacji (kto z kim jak się komunikuje w jaki sposób i w jakiej sytuacji). Zasady te miały być konsekwencją określonego zakresu obowiązków, zajmowanego szczebla hierarchii i departamentalizacji. Zaproponowano także określenie zasad dokumentowania zdarzeń, tak aby były one powiązane z CRM jako

⁴ W tym przypadku chodzi o częściowe oddzielenie własności od zarządzania [9]. W strukturach liniowych kontrola jest funkcją realizowaną za pomocą osobnego działu. W strukturze macierzowej – z definicji – kontrola jest niejako „wbudowana” w stanowisko. Nie oznacza to jednak braku możliwości podejmowania ostatecznych decyzji, w tym także kontroli, przez kierownictwo w sytuacjach kryzysowych lub spornych.

efektem departamentalizacji. Dzięki temu łatwiej można identyfikować błędy oraz osoby za nie odpowiedzialne. Jednak zmiana ta może spowodować długi czas adaptacji pracowników do niej – z systemu pisanie kartek, na wpisywanie informacji do systemu CRM.

Efektom powyższych analiz i przedstawionych zaleceń była rekomendacja stworzenia dla firmy X macierzowej struktury organizacyjnej. Cechy charakteryzujące analizowaną organizację X w sposób „książkowy” odpowiadają strukturze macierzowej, stąd wybór tej struktury. W przedsiębiorstwie X praca ma wyraźny początek i koniec, produkowane są krótkie serie produktów. W przypadku wprowadzenia w przedsiębiorstwie X struktury macierzowej korzyści widoczne będą od razu, zgodnie z wytycznymi i wskazaniem literaturowymi [por. 1; 2; także 8]. Porzucenie zasady jednolitości kierowania da możliwość dwutorowego kontrolowania zleceń: kierownik zespołu zdecyduje co ma być zrobione, a kierownik funkcjonalny w jaki sposób. Innymi cechami, które determinują wybór struktury macierzowej jako najbardziej odzwierciedlającej potrzeby struktury organizacyjnej firmy X są także: dobra koordynacja działań, przy fachowym nadzorze ze strony komórek funkcjonalnych i przy dobrym wykorzystaniu kadry. Nietrwały charakter zespołów i niestałość zadań realizowanych np. na farbiarni, może pomóc w przyszłości w dalszym rozwoju firmy X. Struktura ta daje możliwość dwóm współwłaścicielom firmy decydować w sytuacjach kryzysowych, są bowiem wspólnymi przełożonymi obu układów kierowników zespołów i funkcjonalnych. Trudnościami, jakie mogą wystąpić wiążą się z podwójnym podporządkowaniem, gdyż pracownicy mogą nie wiedzieć czyje polecenie mają wykonywać najpierw. Mogą pojawić się konflikty między kierownikami, jest to jednak problem do rozwiązania na gruncie współpracy. W trakcie wprowadzania zmian należy bezwzględnie mieć na uwadze, że pracownicy mogą czuć się niepewnie, gdyż wiele rzeczy w takiej organizacji się zmieni [6].

Reasumując, efektem przeprowadzonej analizy było wyłonienie struktury organizacyjnej, dostosowanej do potrzeb działalności firmy X. W rezultacie określono całościowy kształt stosunków między jej elementami: ludźmi i składnikami rzeczowymi, czyli określono sposób uporządkowania elementów organizacji. Zalecono, aby zmiany przeprowadzone w analizowanej firmie zostały potwierdzone w dokumentach oraz stworzono wizualizację schematu organizacyjnego, z zastrzeżeniem, że nie jest to struktura ostateczna i w trakcie rozwoju firmy X może ulegać zmianom. Ponadto rekomendowano umieszczenie w dokumentacji firmy obowiązujących zakresów obowiązków, uprawnień i odpowiedzialności oraz zasad komunikowania się, a także zasad dokumentowania zdarzeń. Wszelkie zmiany wynikające ze reorganizacji struktury organizacyjnej muszą być konsekwentnie uwzględnione w regulaminach i instrukcjach.

Podsumowanie

Przedsiębiorstwa mają różne potrzeby w zakresie uporządkowania elementów organizacji, czyli tworzenia struktury organizacyjnej. Jej stworzenie jest kluczowe dla funkcjonowania firmy. Cel działalności gospodarczej narzuca rodzaj stosowanej struktury. Istnieją także inne przesłanki, które pomagają w ocenie, która struktura organizacyjna w danym przypadku powinna być zastosowana. Takim zasadom podlega także badane przedsiębiorstwo X.

Jeśli organizacja jest zakwalifikowana jako przedsiębiorstwo średnie lub duże, wówczas korzystanie z liniowej struktury jest utrudnione. Skoncentrowanie uprawnień decyzyjnych na najwyższym szczeblu powoduje zatory decyzyjne i komunikacyjne. Firma nie funkcjonuje sprawnie, pracownicy marnują czas w oczekiwaniu na podjęcie decyzji przez naczelne kierownictwo. W takiej sytuacji należy rozważyć zmianę struktury organizacyjnej na dostosowaną do potrzeb organizacji. Jeśli przedsiębiorstwo oferuje rozmaite produkty lub usługi wykonywane za pomocą kilku linii produkcyjnych i różnych procesów proponuje się wprowadzenie struktury macierzowej. Jeśli organizacja składa się z kilku działów produkcyjnych lub z jednego działu produkcyjnego w którym przygotowuje się zróżnicowany asortyment wówczas także należy rozważyć wprowadzenie struktury macierzowej.

Bibliografia

[1] Bielski M., *Organizacje. Istota, struktury, procesy*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2001, s. 105, 106.

[2] Bielski M., *Podstawy teorii organizacji i zarządzania*, C.H. Beck, Warszawa 2002, s. 216-217.

- [3] Czarnecki J.S., *Architektura korporacji. Analiza teoretyczna i metodologiczna*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2011.
- [4] Kołodziejczak M., *Wpływ podejścia procesowego w zarządzaniu organizacjami na kształtowanie struktur organizacyjnych*, [w:] Prace i materiały wydziału zarządzania uniwersytetu Gdańskiego (2/2), Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2009
- [5] Krzyżanowski L., *Podstawy nauki zarządzania*, PWN, Warszawa 1985, s. 144.
- [6] Mikołajczyk Z., *Techniki organizatorskie w rozwiązywaniu problemów zarządzania*, WN PWN, Warszawa 1997, s. 306-319.
- [7] Pieter J., *Ogólna metodologia pracy naukowej*, Ossolineum, Wrocław 1967.
- [8] Steinmann H., Schreyogg G., *Zarządzanie. Podstawy kierowania przedsiębiorstwem. Konceptje funkcje, przykłady*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1998, s. 49.
- [9] Sudół S., *Podstawy nauki o przedsiębiorstwie. Teorie i praktyka zarządzania*, TNOiK – Dom Organizatora, Toruń 2002
- [10] Zalewska-Turzyńska M., *Komunikowanie w organizacji – propozycja pomiaru skuteczności i efektywności*, Zarządzanie i Finanse – Journal of Management and Finance, rok (vol.) 11, nr 1, część 4, marzec 2013, s. 639-653
- [11] Zieleniewski J., *Organizacja zespołów ludzkich*, PWN, Warszawa 1976, s. 387.
- [12] Yin R.K., *Case Study Research. Design and Methods*, Newbury Park, Sage Publications 1988, s. 10.

FROM LINEAR STRUCTURE TO MATRIX STRUCTURE – THE CASE STUDY

Abstract

Many production companies existing on Polish market – not only in the textile industry – relies on a linear structure. The thesis formulated in this article is that in many of them the matrix structure can be introduced. That will improve functioning of the company. In an attempt to justify the thesis case study method was used, which is illustrative here. Consequently, this article became the theoretical and empirical work.

Key words

organizational structure, linear, matrix, "multidimensional" analysis.

Jacek Karczewski
Instytut Energetyki, Oddział Techniki Ciepłej „ITC” w Łodzi
ul. Dąbrowskiego 113, 93–208 Łódź, jacek.karczewski@itc.edu.pl

TRANSFER WYNIKÓW BADAŃ NAUKOWYCH DO ZASTOSOWAŃ PRAKTYCZNYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH, INNOWACYJNYCH ROZWIĄZAŃ WDROŻONYCH W ENERGETYCE

Streszczenie

W artykule przedstawiono doświadczenia Oddziału Techniki Ciepłej „ITC” w Łodzi Instytutu Energetyki we wdrażaniu innowacyjnych rozwiązań z dziedziny energetyki. Opisano proces komercjalizacji wyników badań naukowych. Na przykładzie opracowanego w „ITC” i wdrożonego w jednej z elektrowni zawodowych elektrohydraulicznego regulatora mocy, w którym zaimplementowano innowacyjne rozwiązania będące wynikiem badań naukowych, przedstawiono poszczególne etapy transferu wiedzy do gospodarki. Omówiono strukturę, budowę i funkcje regulatora oraz zaprezentowano wyniki badań obiektowych, które dowodzą poprawności jego pracy i słuszności przyjętych rozwiązań. Podano przykłady korzyści, jakie elektrowni przyniosło wdrożenie regulatorów, stanowiące przykład dobrych praktyk w obszarze współpracy przemysłu z zapleczem naukowo-badawczym.

Słowa kluczowe

energetyka, komercjalizacja, innowacje, parowa turbina kondensacyjna, układ regulacji, optymalizacja

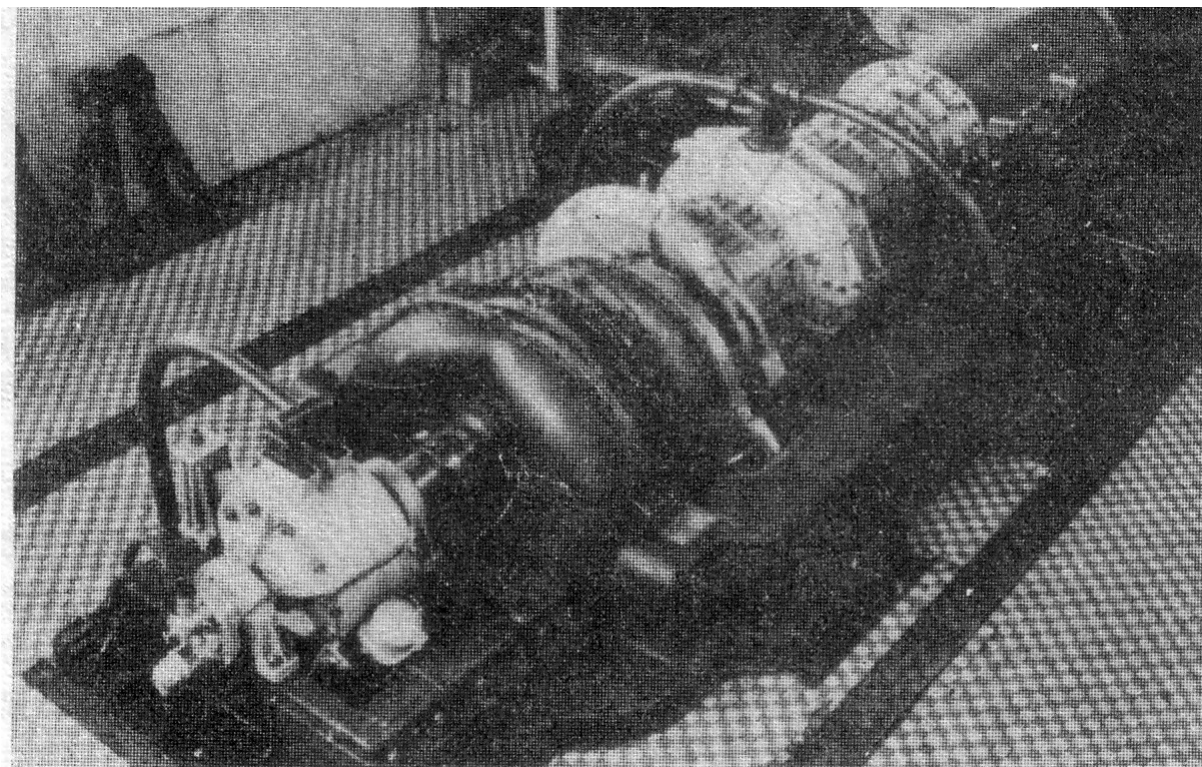
Wstęp

Jednym z priorytetów polityki naukowej Polski jest doprowadzenie do sytuacji, w której innowacyjne rozwiązania opracowywane w ośrodkach naukowo-badawczych będą wdrażane w przemyśle, przyczyniając się do rozwoju poszczególnych działów gospodarki narodowej - [1]. Dąży się do tego, by współpraca nauka – biznes opierała się na dwóch podstawowych zasadach:

- Prowadzenie prac naukowych powinno być odpowiedzią na rzeczywiste zapotrzebowanie gospodarki. Nauka powinna rozwiązywać realne problemy występujące w przemyśle, uwzględniając konkretne uwarunkowania i specyfikę pracy poszczególnych układów technologicznych.
- Innowacyjne rozwiązania opracowywane w uczelniach i instytutach naukowych powinny być szybko wchłaniane przez przemysł i wdrażane w gospodarce.

Istotą prac naukowych nie powinno być więc tworzenie opracowań czysto naukowych; przeciwnie, powinny one być wynikiem ścisłej współpracy przemysłu i nauki. Służy temu m.in. polityka przyznawania różnego rodzaju grantów naukowych, w której dąży się do tworzenia konsorcjów złożonych z przedstawicieli nauki i przedsiębiorców, przy czym ci ostatni powinni współuczestniczyć w procesie finansowania badań naukowych. W ten sposób wymusza się niejako ukierunkowanie badań naukowych na konkretne zapotrzebowanie.

Oddział Techniki Ciepłej w Łodzi Instytutu Energetyki, będący kontynuatorem działającego w latach 1948-2008 Instytutu Techniki Ciepłej, w swojej 65 letniej działalności zawsze kierował się zasadą prowadzenia prac badawczych o charakterze użytecznym [2]. Powstanie Instytutu w 1948 roku związane było z rozwiązaniem dwóch konkretnych problemów, które zostały postawione przed naukowcami: opracowanie prototypów parowego ciągnika dla rolnictwa oraz eksperymentalnej turbiny gazowej o mocy 1000kW. (rys.1)



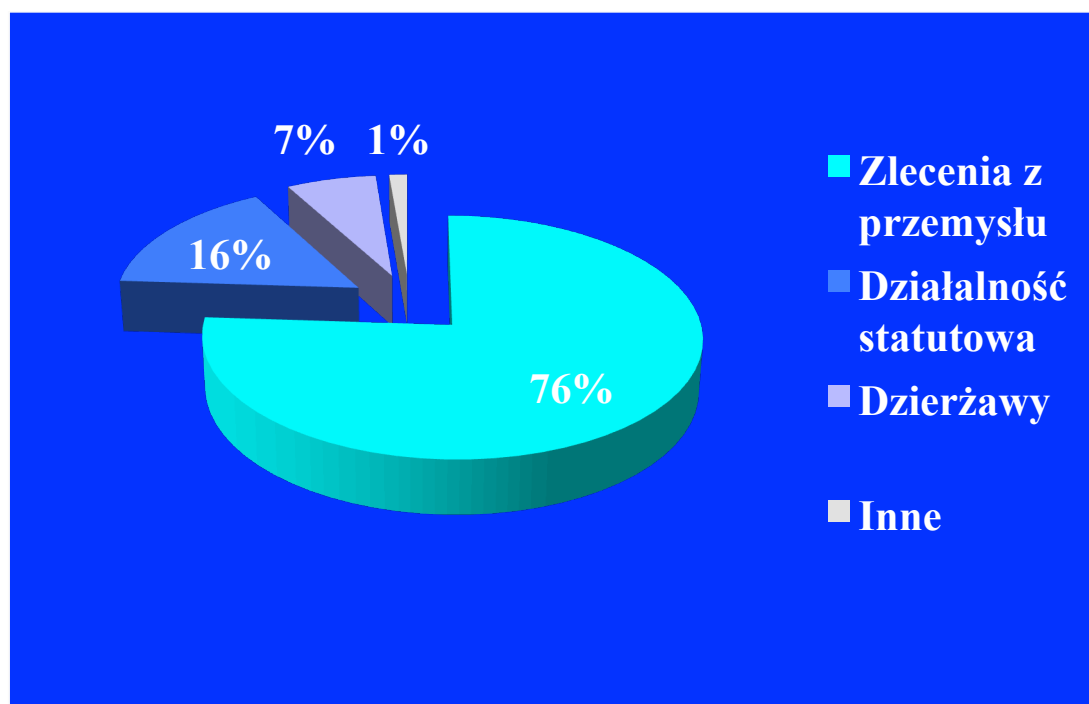
Rys.1 Eksperymentalna turbina gazowa o mocy 1000kWskonstruowana w latach pięćdziesiątych XX wieku w Instytucie Techniki Ciepłej w Łodzi.

Źródło: opracowanie własne

W kontekście tematyki niniejszego artykułu warto prześledzić jakie były losy jednego z tych projektów. Turbina gazowa o mocy 1000kW została wykonana w Zakładach Cegielskiego w Poznaniu i zlokalizowana na terenie laboratorium w Politechnice Łódzkiej. Urządzenia pomocnicze, elementy instalacji i sterowania oraz bogato oprzyrządowane stanowisko pomiarowe wykonane było samodzielnie przez ITC. W 1958 roku nastąpił próbny rozruch siłowni, a w ciągu następnych trzech lat prowadzono liczne badania na wybudowanym obiekcie, zdobywając wiedzę i doświadczenie. Wobec jednak braku dalszego zainteresowania ówczesnego resortu energetyki rozwojem turbin gazowych, prace zostały zaniechane. Podobnie rzecz się miała z innymi, rozwijanymi w Instytucie obszarami. W latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku działał, liczący ponad 70 osób, Zakład Energetyki Jądrowej, w którym opracowano wiele innowacyjnych urządzeń obiegu pierwotnego i wtórnego elektrowni jądrowych (wytwornice pary, wymienniki ciepła, stabilizatory ciśnienia). Również w tym zakresie prace naukowe i opracowane technologie nie zostały wykorzystane. Oczywiście istnieje wiele przykładów, w których rozwiązania prototypowe, wynalezione przez kadrę naukową ITC zostały wdrożone przez przemysł. Przykładem mogą tu być np. zdmuchiwalce parowe służące do czyszczenia powierzchni ogrzewalnych kotłów, liczniki do pomiaru ciepła w parze, wentylatory i dmuchawy do szerokiego zastosowania w przemyśle i energetyce, tłumiki wydmuchu pary i wiele innych. W dalszej części artykułu zostanie opisana dziedzina działalności „ITC” która stanowią przykład transferu wiedzy do zastosowań praktycznych.

Komercjalizacja badań naukowych (od pomysłu do wdrożenia)

Na rys.2 przedstawiono strukturę przychodów Oddziału Techniki Ciepłej Instytutu Energetyki.



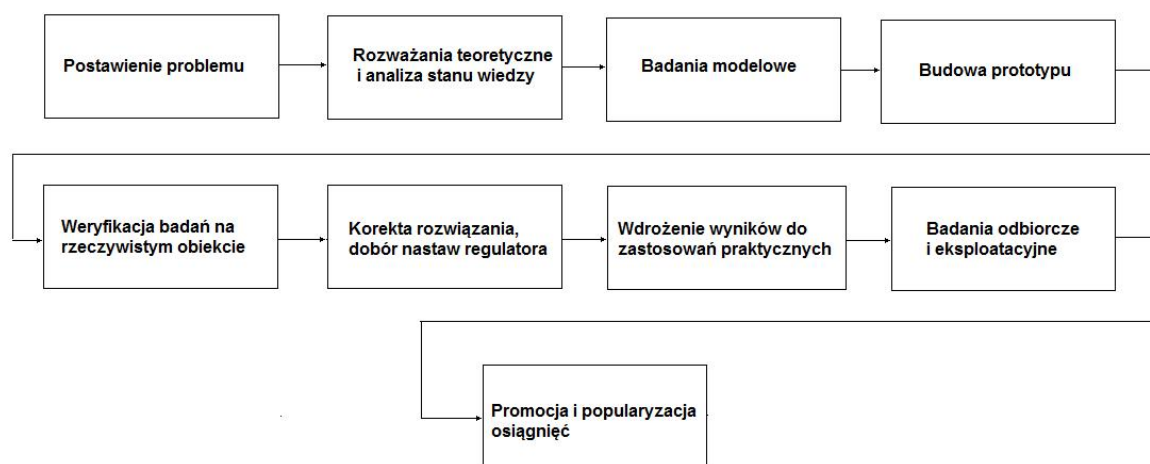
Rys.2 Struktura przychodów typowego instytutu badawczego.

Źródło: opracowanie własne

Znakomita większość prac wykonywana jest na zlecenie przemysłu. Innymi słowy Instytut musi pozyskiwać klientów, gdyż są oni podstawowym źródłem dochodów. Bez rozeznania rynku (czyli posiadania wiedzy na temat realnych potrzeb energetyki) nie byłaby możliwa działalność badawcza. Bardzo istotna jest więc ciągła obecność naukowców w elektrowniach i poznawanie problemów występujących np. podczas pracy systemu elektroenergetycznego. Z drugiej strony istotne jest, by umieć przekonać potencjalnych inwestorów do podejmowania wyzwań związanych z wdrażaniem innowacyjnych rozwiązań. Zespół badawczy musi być elastyczny, aby sprostać tym zadaniom. Dlatego tak bardzo ważne jest mądre i racjonalne wykorzystanie środków budżetowych przeznaczonych na działalność statutową jednostki badawczo-rozwojowej. Podczas wyboru tematów realizowanych w ramach działalności statutowej powinno brać się pod uwagę następujące kryteria:

- Merytoryczna wartość zgłaszanego tematu (innowacyjność, nowatorski charakter, wartości poznawcze),
- Związek z zapisaną w Statucie Instytutu tematyką prowadzenia prac badawczych,
- Odniesienie do istniejącego stanu wiedzy dotyczącego tematu pracy,
- Doświadczenie zakładu (laboratorium) instytutu oraz bezpośredniego kierownika pracy w dziedzinie, której tematyka statutowa dotyczy,
- Utylitarny charakter pracy (możliwość wykorzystania wyników pracy do zastosowań praktycznych),
- Możliwość poszerzenia działalności instytutu o nowe obszary badań,
- Możliwość poszerzenia zakresu akredytacji laboratoriów instytutu,
- Możliwość zdobycia doświadczenia, które wykorzystane będzie później – podczas prac o charakterze komercyjnym,
- Możliwość „skonsumowania” zdobytej wiedzy (publikacje, udział w konferencjach, promocja instytutu),
- Możliwość wykorzystania badań jako podstawy do złożenia wniosków na grant, projekt celowy i rozwojowy („grant na grant”),
- Możliwość wykorzystania badań w prowadzonych w instytucie pracach doktorskich i habilitacyjnych (np. materiał służący do otwarcia przewodu doktorskiego),
- Możliwość nawiązania współpracy z wiodącymi ośrodkami naukowymi w kraju i za granicą, możliwość prowadzenia wspólnych badań przez różne komórki organizacyjne (zakłady naukowo-badawcze, laboratoria) instytutu,
- Możliwość poszerzenia i odnowienia bazy laboratoryjno-sprzętowej,
- Kontynuacja tematyki statutowej z lat poprzednich w celu rozszerzenia zdobytej wiedzy.

Najważniejszym elementem procesu "od pomysłu do wdrożenia" jest ciągła współpraca nauki i przemysłu. Może to dotyczyć np. udostępnieniu obiektu (blok energetyczny) do badań i testowania prototypu. Niezbędne są bieżące konsultacje i robocze spotkania. Na rys.3 przedstawiono schemat postępowania podczas komercjalizacji wyników badań naukowych. Współpraca: nauka-przemysł, choć z różną intensywnością, powinna mieć miejsce w każdym etapie prac.



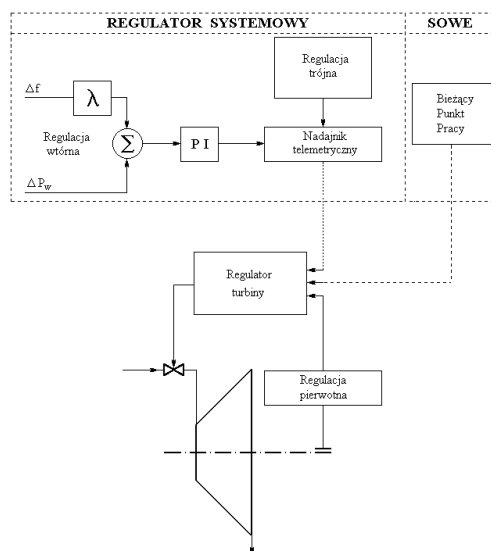
Rys.3 Schemat postępowania podczas komercjalizacji wyników badań naukowych

Źródło: opracowanie własne

W dalszej części artykułu zaprezentowano przykład opracowanego w ITC i wdrożonego w jednej z elektrowni zawodowych elektrohydraulicznego regulatora mocy MREH, w którym zaimplementowano innowacyjne rozwiązania będące wynikiem dociekań naukowych prowadzonych wg przedstawionego powyżej schematu.

Elektrohydrauliczna regulacja turbin

W Oddziale Techniki Ciepłej „ITC” Instytutu Energetyki w Łodzi zaprojektowano i wykonano mikroprocesorowy, elektrohydrauliczny regulator mocy (MREH), który wdrożony został w Elektrowni Adamów [3]. Elektrownia ta bierze udział w regulacji pierwotnej, wtórnej i trójnej polskiego systemu elektroenergetycznego [4,5]. System regulacji częstotliwości i mocy systemu elektroenergetycznego jest systemem sterowania hierarchicznego o kilku poziomach regulacji [4,6](rys.4).

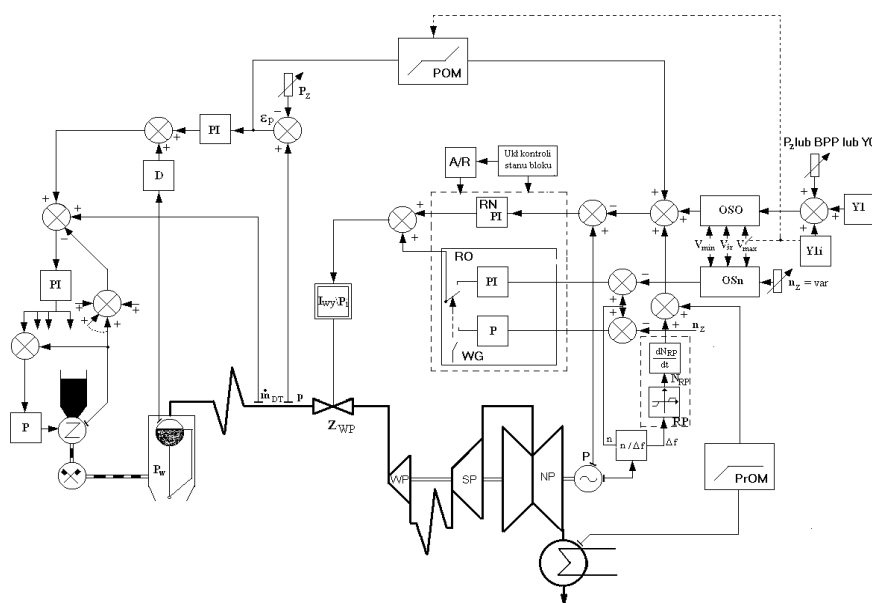


Rys.4 Poziomy regulacyjne w systemie elektroenergetycznym.

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów PSE SA

Stopniem pierwszym, nazywanym regulacją pierwotną, są regulatory prędkości obrotowej turbin. Regulacja pierwotna jest zdecentralizowana, gdyż jest realizowana przez autonomicznie układy regulacji turbin w poszczególnych elektrowniach. Stopniem drugim jest regulacja częstotliwości i mocy wymiany, nazywana regulacją wtórną, oddziałująca na wartości zadane regulatorów turbozespołów. Trzecim stopniem, nazywanym regulacją trójną, jest regulacja ekonomicznego rozdziału obciążeń.

Niepoprawna praca elektrowni rzutuje na jakość pracy całego systemu elektroenergetycznego, co pociąga za sobą duże straty ekonomiczne. Niezawodność pracy całego bloku, w tym także układów regulacji, nabiera szczególnego znaczenia w sytuacji współpracy polskiego systemu elektroenergetycznego z systemem europejskim. Rosnące wymagania odnośnie zapewnienia wysokiej jakości i zmniejszenia kosztów wytwarzania energii elektrycznej doprowadziły do konieczności modernizacji układów regulacji, decydujących o poprawnej pracy Jednostek Wytwórczych Centralnie Dysponowanych (JWCD). Elektrohydrauliczny Regulator Mocy (MREH) służy do utrzymywania na zadanym poziomie mocy wytwarzanej w turbinach kondensacyjnych [7]. Regulacja mocy dokonywana jest przez oddziaływanie układu regulacji na zawory regulacyjne części wysokoprężnej (WP) parowej turbiny kondensacyjnej. W sterowniku wypracowywany jest sygnał nastawczy, który przez przetwornik elektrohydrauliczny steruje pracą zaworów. Schemat regulatora jest przedstawiony na rysunku 5.



Rys.5. Schemat ideowy układu regulacji turbiny.

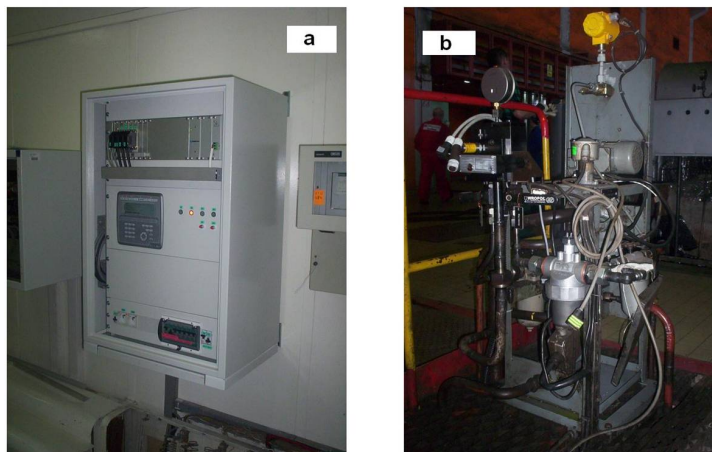
Źródło: opracowanie własne

Najważniejsze funkcje regulatora mocy parowej turbiny kondensacyjnej to [7]:

- Regulacja prędkości obrotowej (RO)
 - nabór prędkości obrotowej przed synchronizacją,
 - ułatwienie synchronizacji,
 - regulacja prędkości obrotowej przy pracy na potrzeby własne i podczas pracy wyspowej,
- Regulacja obciążenia mocą czynną w układzie z wiodącą turbiną,
- Regulacja pierwotna (RP) – utrzymywanie odpowiedniej częstotliwości w systemie,
- Regulacja mocy w systemie ARCM (regulacja wtórna),
- Regulacja mocy w systemie BPP (Bieżący Punkt Pracy)
- Udostępnienie danych do systemu SMPP-JWCD (System Monitorowania Parametrów Pracy Jednostek Wytwórczych Centralnie Sterowanych),
- Parowy Ogranicznik Mocy (POM-zabezpieczenie),
- Próżniowy Ogranicznik Mocy (PrOM- zabezpieczenie)
- Ręczne sterowanie położeniem zaworów turbiny (stacyjka sterowania ręcznego A/R – „bezuderzeniowe” przejścia z trybów pracy A→R i R → A,
- Układy do sprawdzania zabezpieczeń turbiny,

- Układ diagnostyczny dla przetwornika elektrohydraulicznego i jego urządzeń pomocniczych (filtry i pompy olejowe),
- Diagnostyka układu regulacji w trybie On-Line i Off-Line,
- Układ koordynacji obciążenia: kocioł-turbina
- Możliwości komunikacyjne z centralnymi systemami wizualizacji.

Widok regulatora zainstalowanego w elektrowni przedstawiono na rysunku 6 zaś schemat synoptyczny pulpitu sterowniczego regulatora na rysunku 7.



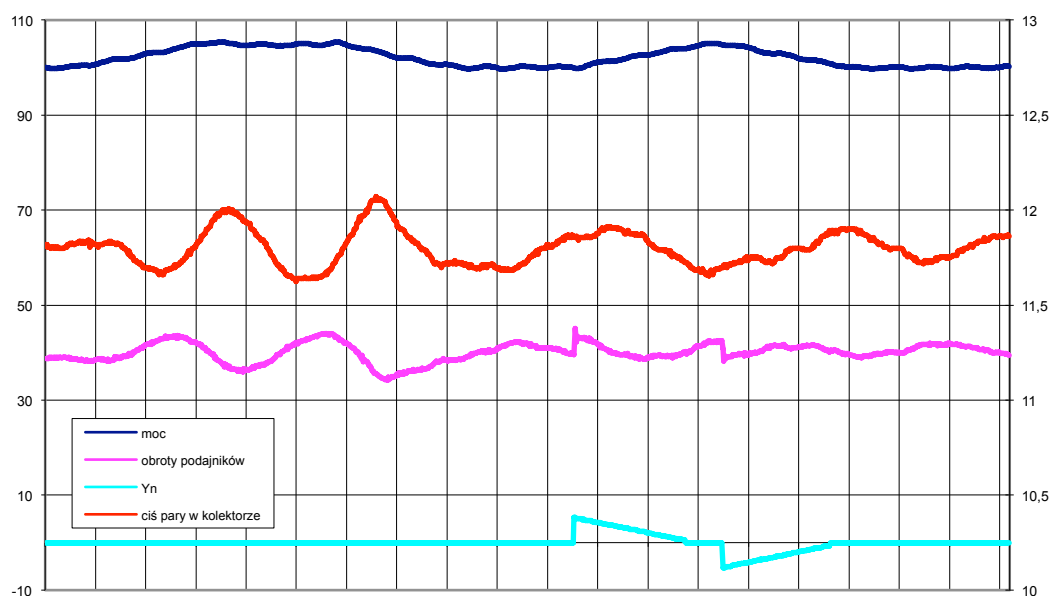
Rys.6. Elektrohydrauliczny regulator mocy. a – część centralna, b – przetwornik elektrohydrauliczny
Źródło: opracowanie własne



Rys. 7. Schemat synoptyczny regulatora
Źródło: opracowanie własne

W regulatorze MREH zastosowano innowacyjne rozwiązania polegające m.in. na powiązaniu układów regulacji: mocy i ciśnienia pary w kotle pomocniczymi sygnałami, których zadaniem jest niedopuszczenie do gwałtownych zmian ciśnienia pary podczas przesterowania zaworów regulacyjnych turbiny [8]. Prowadzone prace badawcze polegały na poszukiwaniu w strukturze regulatora mocy REH takich sygnałów pomocniczych,

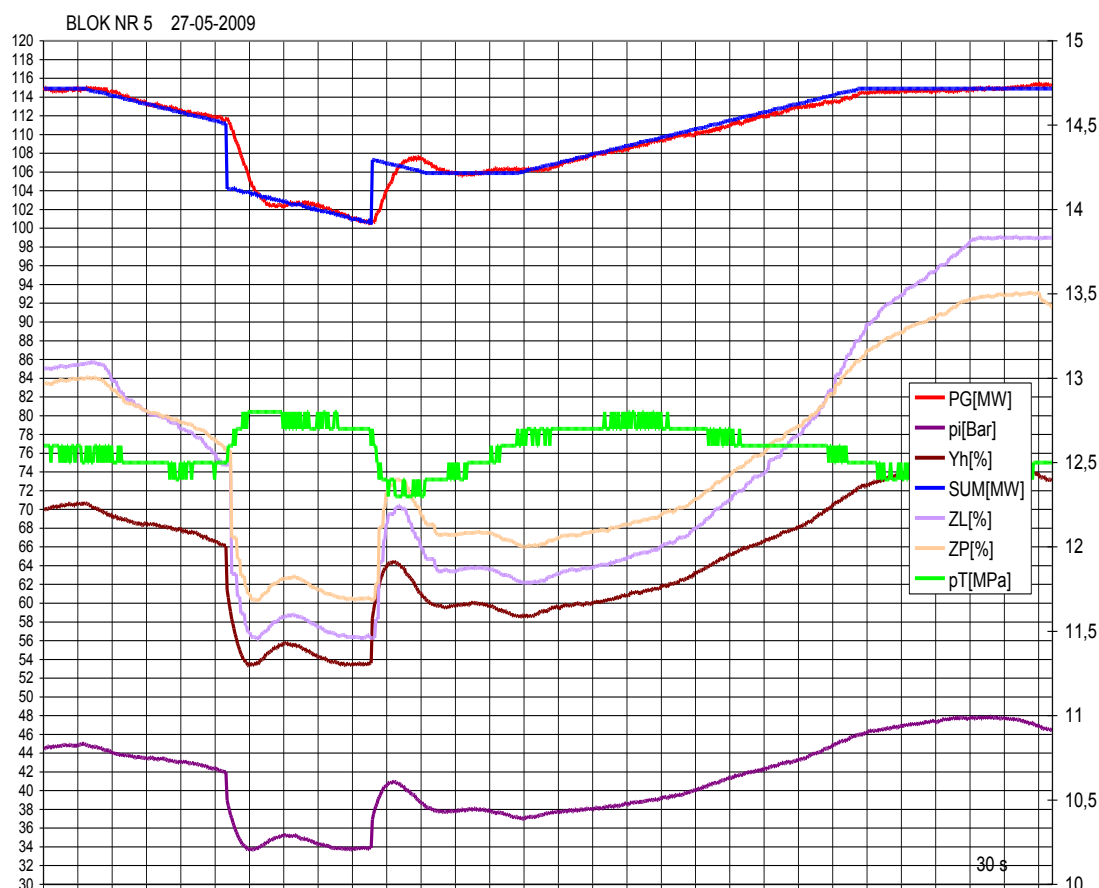
które wprowadzone do układu automatycznej regulacji (UAR) ciśnienia, z wyprzedzeniem informowałyby kocioł o zamierzonej zmianie mocy. W celu oceny wpływu sygnałów pomocniczych na pracę bloku energetycznego wykonano badania na wybranych blokach mocy 120 MW. Badania polegały na rejestrowaniu odpowiedzi obwodu ciśnienia na zakłócenia po stronie mocy, przy braku sygnałów pomocniczych oraz po sprzęgnięciu obu układów regulacji. Zakłócenia dokonywane były z różnymi wielkościami i prędkościami zmian mocy. Przykładowo – na rys.8. - przedstawiono porównanie wybranych przebiegów w przypadku jednakowych zmian mocy dla układu niesprzęgniętego oraz z wprowadzonym sygnałem pomocniczym Y_n (sygnał uchybu mocy zadanej i sygnału przetworzonego w ograniczniku szybkości obciążania (OSO) regulatora mocy). W przypadku braku sygnałów pomocniczych maksymalna amplituda zmian ciśnienia wynosiła 0,43MPa. Po wprowadzeniu sygnału korekcyjnego zmniejszyła się do 0,24MPa. Wprowadzenie sygnału korekcyjnego Y_n , generowanego w regulatorze MREH powoduje więc zmniejszenie wahań ciśnienia o ok.45%. (por. rys.8). Stanowi to dowód słuszności zaproponowanego rozwiązania. Powyższe zagadnienie jest szczególnie istotne w przypadku bloków współspalających biomasę [8].



Rys.8. Porównanie przebiegu ciśnienia pary świeżej po zakłóceniu w obwodzie mocy dla układów niesprzęgniętych i po wprowadzeniu sygnału korekcyjnego Y_{NZ} generowanego w regulatorze MREH

Źródło: opracowanie własne

Jak wspomniano wyżej, turbiny biorące udział w regulacji systemu elektroenergetycznego muszą spełniać wyśrubowane wymagania dotyczące jakości regulacji (w zakresie dynamiki jak i statyki). Co pewien czas przeprowadzane są w elektrowniach badania bloków, wykonywane na zlecenie PSE przez niezależną firmę, na podstawie których ocenia się pracę turbozespołów i ich przydatność do regulacji systemu. Od wyniku tej oceny zależy to czy usługi systemowe zostaną od elektrowni kupione przez PSE. Innymi słowy pozytywny odbiór pracy bloku przekłada się bezpośrednio na dodatkowy przychód jednostki wytwórczej. Przykładowe przebiegi zarejestrowane podczas badań odbiorczych układów regulacji, w których zastosowano regulator MREH przedstawiono na rys.9 [9]. W czasie badań symulowano zmiany mocy w zakresie regulacyjnym (80 ± 120 MW) i sprawdzano odpowiedź bloku na te zmiany. Na rysunku 9 przedstawiono odpowiedź bloku na wymuszenie będące efektem współdziałania regulacji pierwotnej i wtórnej. Skoki mocy o wartości 6MW wywołane zostały zmianą częstotliwości o 100 mHz. Dynamika jest prawidłowa (stan ustalony osiągnąony jest po $t < 30s$). Niewielkie przeregulowanie nie przekracza 1,2 MW. Wartość ciśnienia oleju impulsowego regulatora otwarcia jest proporcjonalna do wartości sygnału nastawczego części centralnej regulatora MREH. Oba zawory regulacyjne (lewy i prawy) płynnie nadążają za, wymuszającą zmiany ich położenia, wartością ciśnienia oleju impulsowego, nie wykazując opóźnień ani przeregulowań. Zaprezentowane wyniki badań obiektowych stanowią dowód poprawności pracy regulatora MREH.



Rys.9. Badania obiektowe regulatora MREH

Wykaz oznaczeń: PG [MW] – moc generatora, π_i [Bar] – ciśnienie oleju impulsowego regulatora otwarcia, Y_h [%] – sygnał nastawczy regulatora, SUM [MW] – sumaryczna moc zadana (za Ogranicznikiem Szybkości Obciążania OSO), p_T [MPa] ciśnienie pary świeżej z kotła, ZL[%] położenie zaworu WP lewego, ZP[%] położenie zaworu WP prawego

Źródło: opracowanie własne

Warto podkreślić, że przedstawiony powyżej regulator MREH to efekt bardzo wielu lat działań naukowych w dziedzinie regulacji elektrohydraulicznej. W „ITC” skonstruowano już kilka generacji takich regulatorów. Oprócz klasycznych funkcji wprowadzono w nich rozwiązania będące efektem wielu lat pracy naukowej. Dzięki temu udało się wdrożyć wspomniany wyżej układ, który stabilizuje ciśnienie pary świeżej z kotła podczas zmian mocy wywołanych przesterowaniem zaworów regulacyjnych czy też układ diagnozujący pracę bloku wykorzystujący technikę sztucznych sieci neuronowych, a w konsekwencji zapewniający redundancję analityczną torów pomiarowych regulatora. W sposób istotny ułatwia to prowadzenie dużego bloku energetycznego i przynosi elektrowni wymierne korzyści. Trzeba też podkreślić, że efekt tej pracy nie byłby możliwy, gdyby nie współpraca naukowców z „ITC” z pracownikami elektrowni. Dzięki ich merytorycznemu zaangażowaniu można było zrealizować liczne naukowe pomysły i weryfikować przyjęte rozwiązania. Nieoceniona jest w takim przypadku wiedza jaką można zdobyć od praktyków-energetyków. Łącznie wdrożenie elektrohydraulicznych regulatorów mocy zaowocowało:

- Poszerzeniem wiedzy z omawianej dziedziny (przeprowadzenie różnych badań symulacyjnych, stworzenie modeli matematycznych obiektów, analiza zjawisk fizycznych występujących podczas procesów cieplnych w kotle i turbinie, wykonanie licznych badań eksperymentalnych w warunkach laboratoryjnych i obiektowych itp.)
- Poprawą warunków pracy i zwiększeniem pewności ruchu bloków biorących udział w regulacji systemu elektroenergetycznego
- Efektami ekonomicznymi (dla elektrowni: opłaty z tytułu dostaw usług systemowych, dla Instytutu: sprzedaż licencji na opatentowane rozwiązania)
- Nagrodami i wyróżnieniami (przyznanie Instytutowi w 2010 roku tytułu Lidera Innowacji Województwa Łódzkiego w konkursie ogłoszonym przez Marszałka Województwa Łódzkiego, nagroda „Klucz Sukcesu” i In.)

Podsumowanie

Przedstawione w artykule zagadnienia mają charakter użyteczny. Omówione rozwiązania zostały wdrożone w energetyce zawodowej i przynoszą wymierne profity inwestorom. Dzięki wiedzy i doświadczeniu naukowców z „ITC” zaproponowano przemysłowi nowatorskie, innowacyjne rozwiązanie, które przyczynia się do zwiększenia pewności ruchu oraz poprawia warunki eksploatacji bloków energetycznych biorących udział w regulacji systemu elektroenergetycznego. W bezpośredni sposób przekłada się to na jakość pracy całego systemu elektroenergetycznego Polski. Sukces rozwiązania osiągnięty został dzięki ścisłej współpracy Instytutu i elektrowni. Podczas opracowania założeń do projektu bardzo istotna była elastyczność zespołu badawczego, dzięki czemu Instytut mógł się podjąć rozwiązania problemów, z którymi energetyka zawodowa spotyka się na co dzień. Oprócz użytecznego znaczenia, praca miała charakter poznawczy i naukowy. Zaowocowała zgłoszeniami patentowymi, publikacjami naukowymi (zostały obronione m.in. dwie prace doktorskie wykorzystujące wyniki badań), referatami wygłaszanymi na konferencjach itp. Należy wyraźnie podkreślić, że przedstawiony na rys.3 schemat postępowania został w pełni zrealizowany, co przyczyniło się do końcowego sukcesu. Dowodem tego sukcesu są liczne nagrody i wyróżnienia ale przede wszystkim satysfakcja Elektrowni i chęć dalszej współpracy z Instytutem. Praca stanowi więc doskonały przykład komercjalizacji wyników badań naukowych i dobrej współpracy energetyki zawodowej ze swoim zapleczem naukowym.

Literatura

- [1] J. Karczewski, Aby innowacje pobudzały rozwój gospodarki, *Energetyka Ciepła i Zawodowa* nr. 9(2011), ss. 12-15
- [2] 60 lat Instytutu Techniki Ciepłej w Łodzi 2008, Wydawnictwo okolicznościowe ITC.
- [3] J. Karczewski, M. Pawlak, Regulacja elektrohydrauliczna mocy bloków 120 MW w Elektrowni Adamów – wdrożone rozwiązania, *Energetyka Ciepła i Zawodowa* nr. 5(2008), ss. 86-89
- [4] J. Machowski, Regulacja i stabilność systemu elektroenergetycznego, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2007
- [5] M. Pawlik, F. Strzelczyk, *Elektrownie*, WNT, Warszawa, 2009
- [6] J. Karczewski, M. Pawlak, P. Szuman, P. Wąsik, Availability assessment of power units participating in electrical power system control, *Archives of energetic*, nr. 1-2, (2010), ss. 89-103
- [7] J. Karczewski, M. Pawlak, Struktura UAR turbiny kondensacyjnej biorącej udział w regulacji krajowego systemu elektroenergetycznego, *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, seria Konferencje, zeszyt 24* (2005) ss. 153-162
- [8] J. Karczewski, Optymalizacja układów regulacji mocy i ciśnienia pary świeżej bloku energetycznego współspalającego biomasę, *Turbomachinery* nr. 138, (2010) ss. 59-68
- [9] J. Karczewski, M. Pawlak, Weryfikacja poprawności działania elektrohydraulicznego regulatora mocy turbiny kondensacyjnej biorącej udział w regulacji systemu elektroenergetycznego, *Wiadomości Elektrotechniczne* nr. 1 (2014), ss. 34-37

TRANSFER OF SCIENTIFIC RESEARCH RESULTS TO PRACTICE – CASE STUDY OF INNOVATIVE SOLUTIONS WHICH HAVE BEEN IMPLEMENTED IN ENERGETICS

Abstract

Experience of implementation innovative solutions, which were projected in Heat Engineering Branch “ITC” of Institute of Power Engineering, to practice in energetics have been presented in this paper. Process of commercialisation science research has been given. The construction and operation of an control system of a power unit turboset has been described. The control system functions, principle of operation, his structure and investigations results have been presented. Results of tests carried-out in the power station has been shown. Profits for power station, connected with implementation electrohydraulic controller (MREH) designed in “ITC” has been shown.

Key words

energetics, commercialisation, innovations, steam condensation turbine, control system, optimization



ul. Piotrkowska 238,
90-360 Łódź

tel. +48 42 636 12 59
fax +48 42 636 12 26

proakademia@proakademia.eu
www.proakademia.eu