

Nauka – edukacja – przemysł: synergiczna współpraca dla innowacyjności

Streszczenie. W artykule przedstawiono zagadnienia dotyczące relacji na styku nauka-edukacja-przemysł w aspekcie efektywnej współpracy dla uzyskania odpowiedniego poziomu synergii w rozwiązywaniu problemów energetyki, w szczególności samowystarczalności energetycznej i konieczności wdrażania innowacyjnych rozwiązań w tym obszarze. Odniesiono się do metod oceny prowadzenia badań naukowych w uczelniach i jednostkach badawczych, podkreślając konieczność większego docenienia i wspierania prac aplikacyjnych. Przedstawiono stan kadr naukowych z zakresu szeroko pojętej energetyki oraz problemy kształcenia kadr technicznych. Podkreślono konieczność wprowadzenia nowych zagadnień i form edukacji oraz prowadzenia ciągłego propagowania w społeczeństwie roli i znaczenia energetyki jako dziedziny gospodarki niezbędnej dla sprawnego funkcjonowania państwa, co wobec ograniczonych zasobów surowców energetycznych stanowi istotny problem.

Abstract. The paper presents issues concerning the relations at the crossroad of research, education and industry in the aspect of effective cooperation to obtain the proper level of synergy for solving power engineering problems, especially energy self-sufficiency and requirements of applying innovative solutions in this area. Methods of assessment of research works in universities and research institutions have been discussed, underlining the necessity to provide greater appreciation and support of application research. Scientific staff availability in the area of broadly defined power engineering has been assessed and problems of engineers' education have been described. The need for new directions and forms of education as well as for continuous promotion of the significance of power engineering as a branch of economy is essential for efficient operation of the country, which in view of limited energy resources is a major issue. (**Science, education & industry: synergistic cooperation for innovation**).

Słowa kluczowe: kształcenie inżynierów, kształcenie problemowe, kadry naukowe, edukacja energetyczna społeczeństwa.

Keywords: education of engineers, problem based learning, scientific staff, energy-oriented education of society.

Artykuł jest szóstym i ostatnim z planowanej serii publikacji prezentujących Raport „Energia Elektryczna Dla Pokoleń” (REEDP), przyjęty 16 marca 2016 r. przez ZG SEP i 11 kwietnia 2016 r. przez II Kongres Elektryki Polskiej, a następnie wsparty wspólną uchwałą XXV Kongresu Techniki Polskiej i III Światowego Zjazdu Inżynierów Polskich z 17 czerwca 2016 roku.

Dysponentem raportu jest ZG SEP.¹ Jest to studium wielopokoleniowej strategii rozwojowej obejmującej problematykę zapewnienia podstaw bezpieczeństwa energetycznego Polski w realiach XXI wieku. Raport ma charakter ekspercki, a jego adresatami są główni decydenci polityczni: Prezydent, Sejm i Senat, Premier i Rada Ministrów, właściwe urzędy centralnej administracji państwowej oraz właściwe instytucje ze sfery B+R, podmioty gospodarcze i organizacje pozarządowe.

Systemowe preferencje dla problematyki energetycznej

❖ ZNACZENIE NIEZALEŻNOŚCI ENERGETYCZNEJ

Funkcjonowanie cywilizacji ludzkiej bez dostępu do różnych form energii nie jest możliwe. Dlatego panowanie nad źródłami energii, traktuje się niekiedy, nawet jeśli nie jest to oficjalnie stwierdzane, jako broń strategiczną. Stąd dla zachowania niezawisłości każdego państwa niezwykle ważna jest niezależność energetyczna. Warto zauważyć, że o ile przynależność do NATO zapewnia (przynajmniej traktatowo) Polsce bezpieczeństwo militarne, to przynależność do Unii Europejskiej wcale nie gwarantuje nam poparcia innych krajów Unii w kwestiach energetycznych, czego widocznym przykładem jest stanowisko Niemiec w sprawie nr 1. i 2. nitki gazociągu Nord Stream. Ponadto polityka energetyczna kształtowana

przez dominujące w UE państwa stanowi zagrożenie dla niezależności energetycznej Polski. O bezpieczeństwo energetyczne musimy zatem zadbać sami, gdyż w ciągu następnych pokoleń ludzkość stanie wobec globalnego kryzysu energetycznego. Odkrycia złóż gazu łupkowego w USA i w innych krajach oraz rozwój technologii jego wydobywania uciszyły przejściowo niepokoje związane z wyczerpywaniem paliw kopalnych, ale niepodważalny jest fakt, że ludzkość coraz szybciej zużywa ich zasoby.

Myśląc o następnych pokoleniach musimy dążyć do zapewnienia im bezpieczeństwa energetycznego. Od tego zależeć będzie prawdziwa niepodległość Polski. Tę prawdę warto uświadomić społeczeństwu i władzom RP.

Dlatego kwestie energetyczne winny stanowić ważną część edukacji naszego społeczeństwa. Nie można ich ograniczać do hasła walki z efektem cieplarnianym, które może stracić obecnie nadany mu priorytet. Trzeba mówić obszernie o sprawach energetyki w szkołach i w mediach, przeznaczając na to czas niezbędny do zrozumienia roli energii elektrycznej dla wielopokoleniowego rozwoju Polski. Musimy spowodować, żeby nasi rodacy nie traktowali energii elektrycznej jako dobra zawsze dostępnego, bo otrzymywanego z „gniazdka w ścianie”, przesyłanego od bezimiennych i odległych, ale zawsze pewnych dostawców, a zaczęli traktować energię elektryczną jako najważniejszą postać energii zapewniającą funkcjonowanie naszej cywilizacji oraz jako dobro, które za kilkadziesiąt lat może być dla nas niedostępne, jeśli poważnie nie potraktujemy ostrzeżeń i nie nastawimy się na innowacyjne aplikacje i znaczące inwestycje w zakresie energetyki w całym obszarze funkcjonowania społeczeństwa.

Musi to być dostrzegane i wspierane nie tylko przez wąską grupę specjalistów (choć ich rola w propagowaniu tej wiedzy jest nie do przecenienia), ale należy stworzyć odpowiednie warunki, w szczególności w zakresie wspierania kształcenia, nauki i badań wdrożeniowych.

¹ Raport został wydany na zlecenie ZG SEP w formie książki przez Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictwo SEP – COSiW, ISBN 978-83-61163-64-0. Dostęp do REEDP i dokumentów związanych: www.sep.com.pl

❖ PREFERENCJE W FINANSOWANIU BADAŃ WDROŻENIOWYCH

Wśród wielu czynników dotyczących rozwoju nauk technicznych, istotne są kryteria oceny pracy naukowców i jednostek naukowych oraz poziom finansowania badań. Od tego w dużym stopniu zależy także innowacyjność i aplikacyjność wyników prac n-b w obszarze energetyki. Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego wydał w 2015 r. kolejne rozporządzenie dotyczące kryteriów oceny i przyznawania kategorii jednostkom naukowym. Dominująca jest waga publikacji, a nie wdrożeń czy powiązań z przemysłem skutkujących pozyskiwaniem środków na badania. Np. 1 pkt do oceny uzyskuje się za (odpowiednio) 50 tys. do 100 tys. zł przychodów z prac dla przemysłu, a za 1 artykuł z tzw. listy B nawet do 15 punktów (tj. równoważnik prac dla przemysłu za 750 tys. do 1,5 mln zł).

Dla czasopism z tzw. listy A, np. dla 1 publikacji za 30 punktów, ten równoważnik finansowy wynosi aż 3 mln zł i jest jeszcze bardziej zniechęcający do podejmowania wymagających bardzo dużego wysiłku, ale potrzebnych, bo opłaconych przez odbiorcę, prac wdrożeniowych. Opatentowany w kraju wynalazek wart jest 30 punktów, tj. równowartość tylko jednego lub dwóch artykułów z listy A lub B. Z wieloletnich doświadczeń wynika, że pracownikom uczelni technicznych lub instytutów badawczych łatwiej się skupiać na pisaniu artykułów, niż na trudnej pracy nastawionej na wdrożenia. A jeśli innowacyjny pomysł czy rozwiązanie techniczne zostało opublikowane, to z kolei nie może być później patentowane. Przy ocenie wniosków o projekty badawcze również dominuje kryterium liczby publikacji i swoisty fetysz wskaźnika IF. Taki brak równowagi pomiędzy kryteriami oceny publikacji i prac wdrożeniowych sprawia, że powstaje znaczna liczba „publikacji dla publikacji”, niewnosząca wkładu w rozwój nauk technicznych, badań stosowanych czy innowacyjnej gospodarki.

Obecny system ocen wyników pracy naukowej oraz kryteria przyznawania grantów i awansów, powodują dysproporcje co do wpływu czasopism na sytuację w różnych dyscyplinach naukowych. Dlatego należy przywrócić równowagę między „publikacyjną” a „wdrożeńową” oceną naukowców i jednostek naukowych, zwłaszcza w dziedzinach technicznych. Oczywiście nie umniejsza to wagi konieczności publikowania w czasopismach o najwyższej randze naukowej. Trzeba jednak podkreślić zdecydowanie niekorzystne warunki i kryteria oceny dla wielu kierunków związanych z elektryką. W 2015 r. na tzw. „liście filadelfijskiej” nie było ani jednego polskiego czasopisma z zakresu szeroko rozumianej elektrotechniki i energetyki. Ogranicza to możliwość finansowania prac podstawowych w tych dziedzinach ze środków NCN. W przypadku badań stosowanych i prac rozwojowych, takie determinanty indywidualnych karier naukowych, wymuszające publikacje (głównie anglojęzyczne) wyników prac przed ich ochroną patentową i wdrożeniami w gospodarce, nie prowadzą do udziału w badaniach na światowym poziomie, a do nowego drenażu mózgow. Dlatego należy dokonać analizy oraz reformy wpływu dotychczasowych metod i kryteriów ocen na efekty pracy technicznych uczelni i innych jednostek naukowych, zdefiniowania celów i charakteru preferowanych w nich badań oraz wdrożeń, kryteriów oceny jednostek i badaczy dla stymulacji rozwoju naukowego, wdrożeń i innowacji.

Podstawą rozwoju nauki i techniki jest znana triada: teoria, badania, wdrożenie, determinująca rozwój naszej cywilizacji. Zmniejszenie roli wdrożeń w kraju na rzecz publikowalności w światowych czasopismach może oznaczać, że opracowane przez polskich naukowców

rozwiązania będą stosowane w zagranicznych firmach, a ich produkty będziemy następnie sprowadzać do Polski.

Należy zatem postawić zasadnicze pytania.

- Czy to nie jest swoista forma drenażu mózgow przybrana w elegancką formę udziału polskiej nauki w badaniach światowych, z czego poza chwałą dla poszczególnych naukowców i możliwością ich indywidualnej kariery oraz poprawą statystyk na światowych listach publikacyjności i cytowalności polskiej nauki niewiele dla Polski wynika?
- Jaki jest cel decydentów wprowadzających takie kryteria oceny wyników badań naukowych w Polsce?
- Czy to oznacza prawidłowe, z korzyścią dla kraju, wykorzystanie środków, które przeznaczamy w Polsce na naukę i co z tego wynika dla polskiej gospodarki oraz polskiego podatnika?

Efekty uzyskują głównie te kraje, które mając łatwy dostęp do wyników opublikowanych badań naukowych umiejętnie i nieodpłatnie je wykorzystują.

Warto zastanowić się, czy w Polsce efektywność prac naukowo-badawczych w dziedzinie nauk technicznych należy mierzyć przede wszystkim liczbą publikacji i cytowań, czy może raczej liczbą innowacyjnych produktów wytwarzanych oraz sprzedawanych przez przedsiębiorstwa krajowe i uzyskiwanym dzięki temu przyrostem PKB.

Kształcenie nowych kadr dla elektryki i jej nowych kierunków rozwojowych

❖ CHARAKTERYSTYKA STANU KADRY I BAZY

Zakres problematyki Raportu „Energia Elektryczna Dla Pokoleń” (REEDP) obejmuje w szczególności rozwój krajowej bazy specjalistów z zakresu dyscyplin elektrotechnika (EL) i energetyka (EN) (ze specjalnościami elektroenergetyka (EE) oraz energetyka jądrowa (EJ)), przy czym na obszarach interdyscyplinarnych przenikają się one z dyscyplinami pokrewnymi (automatyka i robotyka, elektronika przemysłowa, informatyka, telekomunikacja, transport, mechatronika). Rozwój EJ w Polsce wymaga będzie wykształcenia znacznej liczby profesjonalistów, dysponujących odpowiednią wiedzą oraz doświadczeniem z wielu dziedzin technicznych i nietechnicznych. Do specjalizacji technicznych potrzebnych w tym zakresie należy zaliczyć m.in. fizykę (specjalności bezpieczeństwo jądrowe oraz ochrona radiologiczna), inżynierię jądrową, chemię jądrową, ochronę środowiska, automatykę, elektronikę, informatykę.

Niewątpliwie kluczowe znaczenie mają kierunki studiów EL i EN, z ww. specjalnościami EE oraz EJ, a także odnawialne źródła energii (OZE) oraz efektywność energetyczna (EF).

Kierunki EL oraz EN istnieją obecnie w 20 publicznych szkołach wyższych (w tym obydwa w 10; w tym 3 w filiach), tj. łącznie są 32 kierunki (w tym 20 EL i 12 EN).²

Kadra z zakresu obu dyscyplin EL oraz EN liczy 3673 osoby, w tym 2586 dr., 510 dr. hab. i 577 prof.; w tym ze specjalnością EE łącznie 470 osób (12,8%), w tym 308 dr. (11,9%), 77 dr. hab. (15,1%) i 85 prof. (14,7%).

Kadra z zakresu EL liczy 2951 osób, w tym 2141 dr., 394 dr. hab. i 416 prof.; w tym ze specjalnością EE łącznie 397 osób (13,5%), w tym 263 dr. (12,3%), 64 dr. hab. (16,2%) i 70 prof. (16,8%).

Kadra z zakresu EN liczy 722 osoby, w tym 445 dr., 116 dr. hab. i 161 prof.; w tym ze specjalnością EE łącznie 73 osoby (10,1%), w tym 45 dr. (10,1%), 13 dr. hab. (11,2%) i 15 prof. (9,3%).

W polskich szkołach wyższych istnieją obecnie specjalności związane z EJ, ale przy przewadze wiedzy

² Dane dostępne w 2015 r. podczas prac nad REEDP.

teoretycznej (dominuje fizyka jądrowa FJ). Brak zarazem rzetelnych podstaw praktycznych wskutek słabo rozwiniętej współpracy międzynarodowej w zakresie EJ. Specjalność EJ istnieje obecnie na 26 wydziałach w 17 publicznych szkołach wyższych. Dla wszystkich dyscyplin i specjalności z zakresu nauki, techniki i technologii jądrowych:

- **kadra łącznie** liczy 633 osoby, w tym 376 dr., 95 dr. hab. i 162 prof.; w tym:
 - ze specjalnością FJ łącznie 493 osoby (78%), w tym 282 dr. (75%), 83 dr. hab. (87%) i 128 prof. (79%);
 - ze specjalnością EJ łącznie 35 osób (5,5%), w tym 26 dr. (6,9%), 3 dr. hab. (3,2%) i 6 prof. (3,7%).

Elektroenergetyka trakcyjna (ET) jest szczególnym obszarem w zakresie EL i EE dla kolejowego i miejskiego transportu szynowego (TS) [3,4,5]. W Polsce są to obecnie systemy prądu stałego. Realizowany jest program modernizacyjny i rozwojowy obejmujący systemy transportu w miastach (tramwaje, trolejbusy, metro) oraz wszystkie zelektryfikowane linie magistralne. Jego celem jest wprowadzenie w najbliższych latach prędkości jazdy pociągów na poziomie 250 km/h i więcej. Programy modernizacyjne dotyczą infrastruktury i taboru. Planowana jest budowa systemu kolei dużych prędkości KDP o napięciu 25 kV, 50 Hz. Kierunek Transport występuje w 15 uczelniach technicznych, w tym trakcja elektryczna w 11.

W zakresie EL oraz EN, w tym EE, krajowy potencjał kadrowy i baza techniczna mogą być uznane za wystarczające dla potrzeb edukacyjnych, ale potrzebne są działania stymulujące wzrost zainteresowania młodzieży podejmowaniem studiów na tych kierunkach oraz doinwestowanie bazy laboratoryjnej. Związane jest to z dość małym zainteresowaniem studentów wyborem tych specjalności, jako trudnych i nieatrakcyjnych. Status tych dziedzin w gospodarce jest oceniany poprzez pryzmat zaniedbań ostatnich kilkudziesięciu lat, widocznych w sytuacjach kryzysowych i publicznie krytykowanych.

W zakresie EJ konieczne jest przyspieszenie rozwoju polskiej kadry i bazy edukacyjnej, determinującej możliwości rozwoju i kształcenia krajowych specjalistów, przy synergicznym wykorzystaniu dostępnych metod działania, w tym współpracy z siecią specjalistów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA), specjalistów z krajów realizujących własne programy jądrowe, współpracy z dostawcami technologii jądrowych oraz z instytucjami edukacyjnymi, gospodarczymi i regulacyjnymi w krajach o wysokim poziomie sektora EJ. Jest to niezbędne wobec planów budowy elektrowni jądrowej do końca 2030 r. Tylko początkiem tego procesu jest przeznaczenie przez MNiSW w 2015 r. 12 mln zł na krótkoterminowe staże i szkolenia zagranicę w zakresie EJ dla 120 młodych inżynierów z całej Polski. Wiedzę i umiejętności praktyczne z zakresu EJ będą przekazywać w macierzystych uczelniach i instytutach naukowych.

ET i cały TS wymaga zatrudniania kadry o szczególnych kwalifikacjach dodatkowych, związanych z TS, co jest warunkiem sprawnego działania w specyficznych okolicznościach związanych z zagrożeniami wynikającymi z pracy przy urządzeniach elektrycznych, sieci trakcyjnej pod wysokim napięciem mechanicznym, na torach etc. Sytuacja obecna jest groźna dla TS i całej gospodarki. W latach 1980 ÷ 2000, gdy w Polsce znacznie zmalały kolejowe przewozy towarowe i osobowe, ograniczono wydatki na modernizację i rozwój infrastruktury. W rezultacie przemysł kolejowy zaczął ograniczać produkcję, a nawet zamykać wiele zakładów. Zaczęły zanikać w szkołach wyższych wydziały i katedry zajmujące się transportem szynowym. Proces ten postępuje do dziś.

Rozpadło się szkolnictwo zawodowe, zakończyły działalność wszystkie technika kolejowe. Nie ma obecnie

wystarczającego zaplecza edukacyjnego na poziomie wyższym i średnim dla potrzeb kadrowych sektora TS, pogłębia się luka kadrowa oceniana obecnie na ok. 1500 inżynierów, brak kadry specjalistów i bazy technicznej oraz wytwórczej dla nowych technologii w zakresie KDP.

Wejście Polski do transportowych struktur unijnych sieci TEN-T wymusza konieczność zatrudniania nowej generacji magistrów inżynierów, m.in. z zakresu automatyki kolejowej, spełniających wymagania europejskich kolei XXI wieku, w tym KDP, a nadto produkcji i wdrażania nowoczesnych systemów sterowania (ERTMS, GSM-R). Kadra akademicka, zwłaszcza samodzielna starzeje się, brakuje kadry dla kształcenia konstruktorów, technologów czy specjalistów z zakresu taboru, infrastruktury i systemów sterowania. Widoczna jest postępująca deprecjacja zawodów związanych z TS, zwłaszcza w opinii młodzieży.

Reforma szkolnictwa podstawowego i średniego spowodowała destrukcję zawodowego szkolnictwa średniego. Wywołało to m.in. zwiększone zapotrzebowanie na inżynierów. Wprowadzenie do systemu studiów wyższych tzw. Procesu Bolońskiego (I stopień inżynierski, II – magisterski i III – doktorski) spowodowało kształcenie studentów w systemie dwustopniowym (inż. i mgr). Wymiar przedmiotów został zmniejszony, a kształcenie specjalistyczne ograniczone na rzecz ogólnego. Zazwyczaj kształcenie specjalistyczne w ograniczonym zakresie występuje na sem. VI i VII tylko w ramach części przedmiotów obieralnych. Ograniczenia finansowe uczelni utrudniają wprowadzanie specjalności o małej liczbie studentów. Wymusza to konieczność przerzucania kształcenia specjalnościowego na studia podyplomowe. W kształceniu III stopnia (studia doktoranckie) jest zastój powodowany małym stypendium doktoranckim i słabością ofert na rynku pracy.

Działania MNiSW w tym zakresie są mało skuteczne i niewiele poprawiają warunki.

Sytuacja edukacyjna w polskich szkołach wyższych w zakresie EL i EN jest trudna i z każdym rokiem gorsza. Wpływa na to wiele czynników:

- malejąca wśród młodzieży popularność tzw. klasycznych kierunków studiów przy wzrastającym bezrefleksyjnym pędzie za modą,
- brak skutecznej informacji neutralizującej ww. szkodliwe zjawisko,
- oderwanie oferty edukacyjnej szkół wyższych od potrzeb rynku pracy,
- niż demograficzny,
- niejednolitość zasad funkcjonowania wyższych szkół publicznych i niepublicznych,
- manipulowanie strukturą kierunków kształcenia przez publiczne szkoły wyższe w walce konkurencyjnej o młodzież, w warunkach tzw. wolnego rynku kształcenia,
- słabnąca współpraca przemysłu i uczelni technicznych, brak systemowych stymulatorów dla przedsiębiorców,
- wzrastająca luka pokoleniowa na polskich uczelniach publicznych zagrażająca istnieniu wielu tzw. klasycznych kierunków i specjalności,
- wycofywanie z programów nauczania wielu zagadnień ważnych dla EL oraz EN ze względu na zanik kompetentnej kadry i brak naturalnej kontynuacji,
- zamykanie w krajowych uczelniach publicznych laboratoriów dydaktyczno-badawczych,
- zanikanie badań eksperymentalnych,
- malejące możliwości dokształcania ustawicznego podnoszącego kwalifikacje kadr dla przemysłu oraz dostosowywania struktury kształcenia do potrzeb rynku pracy.

Dla przeciwdziałania wyżej opisanym procesom, groźnym dla bezpieczeństwa energetycznego kraju, jest

konieczne opracowanie i wdrożenie programu systemowego wspierania edukacji w zakresie EL z EE, EN, EJ i ET, w tym utrzymania lub reaktywacji laboratoriów elektrotechnicznych na polskich uczelniach, bez których prowadzenie prawdziwych badań naukowych jest niemożliwe. Rozbudowa i wysoki poziom techniczny laboratoriów dydaktycznych determinują zarazem atrakcyjność prowadzonych zajęć praktycznych na tzw. kierunkach klasycznych, zwiększając możliwości udziału studentów w badaniach eksperymentalnych.

Nadto w znacznie szerszym zakresie należy stwarzać warunki organizacyjne i uregulowania prawne dla przemysłu i uczelni w zakresie edukacji, w tym dla częściowego zatrudniania wybitnych specjalistów z przemysłu, fundowania stypendiów, staży, konkursów na prace dyplomowe dla studentów, wyposażania laboratoriów etc. Właściwe przygotowanie absolwentów w zakresie EL z EE, EN i EJ do pracy, oprócz dobrego przygotowania teoretycznego i praktycznego, wymaga również przekazania im wiedzy o aktualnym stanie wyposażenia technicznego przedsiębiorstw oraz podnoszenia jego poziomu. Umożliwia to m.in. rozwiązywanie problemów dla przemysłu w zakresie prac dyplomowych lub doktorskich, co zwiększa możliwości zatrudnienia absolwentów.

Jednym z podstawowych warunków realizacji celów stawianych przed sektorem elektroenergetycznym jest zapewnienie dostatecznej liczby pracowników i ich wysokich kwalifikacji. Zagadnienie liczby i jakości kadr jest niesłusznie uważane za drugorzędne w porównaniu z często podnoszonymi problemami związanymi z problemami rozwoju infrastruktury elektroenergetycznej. W 2012 r. w sektorze energetycznym w Polsce działało 2 765 przedsiębiorstw, i zatrudnionych było 143 300 osób. W ostatnich kilku latach liczba osób zatrudnionych w sektorze malała. Rozwój ilościowy kadr pokrywający zapotrzebowanie sektora, wzrost wiedzy, umiejętności i kompetencji zatrudnionych powinien stanowić jeden z priorytetów w planach rozwoju sektora.

Realizacja zadań modernizacyjnych wiąże się z koniecznością uruchamiania inwestycji o znacznym zakresie, często z udziałem środków UE, wprowadzania do eksploatacji nowoczesnych urządzeń, a także prowadzenia procedur przetargowych i uzgodnień z dostawcami krajowymi i zagranicznymi, testowania nowych rozwiązań itp. Nowocześnie wykształcony mgr inż. pracujący dla potrzeb przedsiębiorstwa powinien być nie tylko specjalistą technicznym o szerokich horyzontach, ale również managerem, organizatorem, negocjatorem, handlowcem. Wchodzący na rynek absolwenci szkół wyższych, w tym specjaliści z zakresu EL z EE, EN, EJ i ET powinni więc posiadać również wiedzę w zakresie prawa, posługiwać się językami obcymi oraz być przygotowani do rozwiązywania również zagadnień finansowo-prawnych i organizacyjnych.

Narzędziami politycznymi do stworzenia warunków prorozwojowych dla współpracy uczelni z przemysłem są sprawdzone na świecie, a w Polsce od lat bezskutecznie postulowane, stymulatory systemowe działań podmiotów gospodarczych, zasada wydzielania środków na B+R (np. 5%) w nakładach inwestycyjnych oraz inteligentna i trwała osłona polityczna rozwoju EL z EE, EN, EJ i ET. Ważnym narzędziem jest opracowanie w zakresie EL z EE, EN, EJ i ET nowego wykazu kierunków / specjalności zamawianych w publicznych szkołach wyższych przez właściwe ministerstwa lub organizacje i podmioty gospodarcze, oraz rozwinięcie w tych specjalnościach zamawianego kształcenia podyplomowego.

W okresie niżu demograficznego jest konieczna ochrona szkół wyższych przed utratą potencjału dydaktycznego, zarówno kadrowego jak i materialnego. Wymaga to

modernizacji rozwiązań organizacyjnych, prawnych i ekonomicznych dla umożliwienia powrotu do obniżonej liczebności grup dydaktycznych oraz ukierunkowania sposobu kształcenia na rozwój nowych specjalizacji dla przyszłych potrzeb gospodarki.

Realizacja wyżej opisanych zadań powinna najpierw objąć w szczególności zorganizowanie i doksztalcenie kadry naukowo-dydaktycznej, odtworzenie i modernizację lub budowę specjalistycznej bazy naukowo-dydaktycznej oraz materialno-technicznej, dla rozwoju w zakresie EL z EE, EN, EJ i ET nowych idei technicznych, badań interdyscyplinarnych i zaawansowanych technologii.

❖ NOWA MAPA KSZTAŁCENIA KADR DLA ELEKTRYKI I ENERGETYKI, W TYM OŻE I ZASOBNIKOWYCH SYSTEMÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH

Zmiany technologiczne i organizacyjne, zmiana otoczenia prawnego i biznesowego, zmiany społeczne zachodzące w elektroenergetyce i wokół niej wymuszają zmiany w sposobach kształcenia kadr dla sektora. Specyficzne obszary związane z elektroenergetyką, zarówno po stronie wytwarzania jak i popytowej, wymagają kadr o specyficznej wiedzy, kompetencjach i umiejętnościach. Oprócz wiadomości z przedmiotów kierunkowych powinni oni mieć specjalistyczne wykształcenie w dość wąskim obszarze związanym z energią elektryczną. Wymaga to zorganizowania procesu kształcenia specjalistycznego, na szczeblu szkół średnich technicznych i uczelni technicznych, w odpowiedni do wymagań sposób.

Na poziomie szkół wyższych takimi nowymi kierunkami i specjalnościami są m.in.:

- nowe lub ulepszone technologie energetyczne, np. układy kogeneracyjne i trigeneracja, poligeneracja małej skali,
- energetyka jądrowa,
- odnawialne źródła energii,
- efektywność energetyczna,
- technologie ochrony środowiska związane z energetyką, np. technologie odazotowania i odsiarczania spalin, technologie wychwytywania i składowania CO₂ (CCS),
- technologie magazynowania energii,
- technologie obejmujące tzw. inteligentne sieci energetyczne, w tym mikrosieci AC i DC, źródła rozproszone, czy też filtry aktywne, energoelektroniczne kompensatory mocy biernej i in.,
- koleje dużych prędkości,
- e-mobility, w szczególności: samochody hybrydowe, samochody elektryczne, samoloty elektryczne, statki i okręty o napędzie elektrycznym.

Oprócz wymienionych przedmiotów o charakterze technicznym można wymienić szereg przedmiotów nietechnicznych, które można uznać za niezbędne elementy wykształcenia inżynierów i magistrów inżynierów na kierunkach EL i EN. Można do nich zaliczyć m.in. ochronę środowiska związaną z procesami energetycznymi, zagadnienia ekonomiczne związane z funkcjonowaniem konkurencyjnych rynków energii, zagadnienia prawa energetycznego i ochrony środowiska.

Niedocenianym obszarem wiedzy inżynierskiej są międzynarodowe normy i regulacje, np. IEC, CEN/CENELEC. Zacieśnienie współpracy uczelni z Polskim Komitetem Normalizacyjnym należy uznać za bardzo pożądane.

❖ ZAMAWIANE LUB SPONSOROWANE KIERUNKI I SPECJALNOŚCI EDUKACYJNE

Szczególnym problemem szkolnictwa wyższego jest dostosowanie programu kształcenia do potrzeb rynku

pracy. W przypadku energetyki można przyjąć, że wszyscy absolwenci omawianych kierunków znajdują zatrudnienie, a wyzwaniem pozostają treści i szczegółowość przekazywanej wiedzy oraz jej podział na wiedzę podstawową i specjalistyczną oraz umiejętności praktyczne. Próbą dostosowania kierunków kształcenia do potrzeb rynku pracy była interwencja Rządu, który uruchomił Program Kierunków Zamawianych (PKZ), realizowany w perspektywie finansowej Unii Europejskiej w latach 2007÷13. Stosowane w PKZ formy wsparcia obejmowały:

- systemy stypendiów dla studentów kształcących się na specjalności zamawianej,
 - zajęcia wyrównawcze dla studentów I roku kształcących się na danej specjalności zamawianej, z przedmiotów objętych programem szkoły ponadgimnazjalnej, które były niezbędne dla kształcenia na danym kierunku studiów,
 - inne formy działalności dydaktycznej, które zdaniem władz uczelni podnoszą atrakcyjność kształcenia na ww. kierunkach, w tym współpraca z pracodawcami w zakresie staży i praktyk dla studentów.
- Kierunek zamawiany Energetyka był prowadzony w 10 następujących uczelniach:
- Politechniki: Częstochowska, Krakowska, Poznańska, Rzeszowska, Śląska, Świętokrzyska Warszawska, Wrocławska; UTH w Radomiu; PWSZ w Sulechowie.
- Na Uniwersytecie Warszawskim był prowadzony kierunek zamawiany Energetyka i Chemia jądrowa. Odnawialne źródła energii i gospodarka odpadami to kierunek zamawiany na Uniwersytecie Rolniczym im. Hugona Kołłątaja w Krakowie.
- Główne korzyści odniesione przez te uczelnie z uczestnictwa w PKZ to: zwiększenie liczby studentów, poprawa jakości kandydatów na studia, poprawa jakości kształcenia, fundusze na rozwój uczelni, dodatkowe wynagrodzenia dla pracowników uczelni, prestiż związany z prowadzeniem PKZ, szansa na bliższą współpracę z pracodawcami.

Ocenę skutków i kosztów PKZ zawarto w raporcie [1], który zawiera także rekomendacje będące wynikiem analizy pozytywnych i negatywnych skutków programu. Rekomenduje się:

- aby w programie, w nowej perspektywie finansowej, przedmiotem zamawiania były kompetencje i moduły kształcenia, a nie kierunki studiów,
- zmianę celów programu; w świetle rekomendacji nr 1, należy postawić cel w postaci wzrostu poziomu kompetencji absolwentów,
- większe uwzględnianie jakości efektów kształcenia we wskaźnikach,
- działania informacyjne skierowane do uczniów szkół ponadpodstawowych o konsekwencjach wyboru drogi wyższej edukacji (tj. kierunku i uczelni), pod kątem charakterystyki studiów oraz perspektyw zawodowych,
- wzmocnienie doradztwa zawodowego w szkołach ponadpodstawowych, aby decyzje edukacyjne były w jak największym stopniu oparte na właściwym rozpoznaniu własnych predyspozycji i zainteresowań w kontekście wiedzy o perspektywach zawodowych związanych z różnymi ścieżkami kształcenia,
- zmianę konstrukcji systemu stypendialnego; odejście od programu zamawiania kierunków na rzecz zamawiania kompetencji, wymaga oparcia systemu stypendialnego w całości o kryteria projakościowe,
- zaprzestanie finansowania zajęć wyrównawczych w szkolnictwie ponadpodstawowym (wobec zmian podstawy programowej),

- utrzymanie wsparcia finansowego współpracy uczelni z pracodawcami; wsparcie powinno przede wszystkim obejmować:
 - a. zapewnienie faktycznej opieki nad stażystami i praktykantami,
 - b. współpracę uczelni i pracodawców w zakresie formułowania tematów badawczych, które mogłyby się stać tematami prac dyplomowych,
 - c. finansowanie bezpośredniej współpracy organizacji studentów i pracodawców (np. poprzez wsparcie kół naukowych i akademickich inkubatorów przedsiębiorczości),
 - d. stworzenie banku dobrych praktyk w zakresie współpracy uczelni i pracodawców;
- monitorowanie przez uczelnie losów absolwentów w aspekcie dopasowania ich kompetencji do wymogów rynku pracy oraz przekazywanie wiedzy z tegoż monitoringu (uzupełnionej o informacje ilościowe płynące z monitoringu realizowanego przez system publiczny z wykorzystaniem danych ZUS) studentom, kandydatom na studia oraz władzom uczelni (zwłaszcza odpowiedzialnym za programy kształcenia).

Rekomendacje te zostały wykorzystane w nowym Programie Wspierania Kompetencji (PWK). W nowej perspektywie finansowej UE w latach 2014 ÷ 2020, od roku akademickiego 2014/15 zaczął się pilotaż PWK, na co MNiSzW przeznaczyło 50 mln zł, planując wydać na cały program 1,2 mld zł w całej perspektywie.

Nowy program, zamiast dotychczas zamawianych kierunków kształcenia, wprowadza zamawianie kompetencji na tych kierunkach. PWK ma na celu nie tylko wzmocnienie najważniejszych kwalifikacji i kompetencji poszukiwanych na rynku pracy, ale także wspieranie nowoczesnych metod dydaktycznych, nacisk na zajęcia warsztatowe, na wykorzystanie nowych technologii w edukacji wyższej i wspieranie kształcenia modułowego oraz interdyscyplinarności studiów.

W kontekście celów raportu [1], należy stworzyć warunki do jak najpełniejszego udziału w PWK uczelni kształcących na kierunku EL i EN. Istotne dla sukcesu jest stworzenie ram współpracy uczelni z sektorem energetyki, który powinien być aktywnym partnerem w programie, dostrzegając swoją szansę na pozyskanie w przyszłości najbardziej wartościowych studentów jako pracowników.

❖ INNOWACYJNE KSZTAŁCENIE INŻYNIERÓW W SYSTEMIE PBL. MOŻLIWOŚCI I OGRANICZENIA

W środowisku akademickim dyskutowane są liczne problemy szkolnictwa wyższego, w tym bezrobocie wśród absolwentów uczelni, niedopasowanie kierunków kształcenia do potrzeb rynku, rankingi uczelni, etc. Publikowane wyniki analizy³ mocnych i słabych stron kształcenia wykazują w szczególności:

- słabe przygotowanie większości nauczycieli akademickich w zakresie innowacyjnych metod kształcenia i nauczania w jęz. angielskim,
- brak doświadczeń związanych ze współpracą z przemysłem,
- niewielki odsetek studentów zaangażowanych w prace badawcze.

Dla wyeliminowania tych słabości należy szukać nowych form kształcenia inżynierów, gdyż w zmieniającym się świecie tradycyjne kształcenie nie nadąża za szybkim

³ Strategia Rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020.

rozwojem. Trudno prognozować, co i w jakich proporcjach należy zmieniać.

Nie istnieje uniwersalna, optymalna forma kształcenia, skuteczna w każdych warunkach dowolnego kraju, ponieważ zależy to m.in. od modelu gospodarki i jej sytuacji, od kultury społecznej, a także od możliwości adaptacyjnych kadry nauczycielskiej. Ktoś musi nauczyć nauczycieli, samokształcenie bez wsparcia systemowego będzie niewystarczające. Współczesne społeczeństwo generuje ciągle nowe problemy i wyzwania. Tradycyjne podejście (duża liczba wykładów, praktyka zawodowa, seminaria profesjonalne, publikacje, etc.) jest procesem zbyt powolnym, a odpowiedź lub nawet sam problem mogą być już nieaktualne, gdy znajdujemy rozwiązanie. Zakres, złożoność oraz interdyscyplinarność prac stwarzają obecnie konieczność udziału specjalistów z różnych dyscyplin (np. elektrycy, informatycy, mechanicy, etc.), co zmusza do możliwie szybkiej pracy zespołowej. Czasy samotników nie wiedzących co robią inni minęły bezpowrotnie.

System kształcenia problemowego (ang. Problem Based Learning – PBL) bazujący na zajęciach projektowych [2] stanowi próbę rozwiązania tej sprawy. Jeśli chcemy kształcić absolwentów mających kwalifikacje i doświadczenie w rozwiązywaniu zagadnień, które czekają na nich po opuszczeniu murów uczelni, politechniki muszą posiadać aktywnych naukowców, a programy studiów dużą wewnętrzną adaptacyjność oraz innowacyjność.

Celem kształcenia tradycyjnego jest osiągnięcie określonej wiedzy z danej dyscypliny oraz poznanie standardowych rozwiązań znanych problemów, więc wszyscy studenci danego kierunku studiują wg identycznego programu. System sprawdzał się w przeszłości w społeczeństwie, w którym zadania i funkcje inżyniera były ugruntowane i dość dobrze sprecyzowane, a wiedza zdobyta na studiach nie ulegała tak gwałtownej dezaktualizacji.

Współczesne kształcenie PBL stawia studenta w centrum całego procesu uczenia oraz koncentruje się na pracy nad nierozwiązanymi, aktualnymi problemami społeczeństwa i otoczenia. Przez głęboką analizę problemów studenci uczą się i stosują wiedzę teoretyczną, która jest niezbędna do rozwiązania problemu, tzn. problem definiuje przedmiot studiów, a nie odwrotnie. Takie kształcenie jest ze swej natury interdyscyplinarne. Do uniwersytetów, które kształcą na bazie PBL należą Aalborg University (AAU), Dania; Maastricht University, Holandia; McMaster University, Kanada; Linköping University, Szwecja; Olin College, Needham, MA, USA; Roskilde University Centre, Dania i inne.

Rola nauczyciela w kształceniu PBL zmienia się. Bazujący na pracy projektowej nauczyciel akademicki powinien posiadać umiejętność doradztwa w odniesieniu do użycia odpowiednich teorii i metod analizy. Powinien być dobrym badaczem i umieć motywować zespół. Musi czuwać nad terminową realizacją projektu. Tradycyjna rola nauczyciela ulega zmianie: z "lorda katedry" na "trenera z boku". Prace projektowe wykonywane przez studentów motywują również nauczycieli do podejmowania badań naukowych.

Wiele tematów projektów studenckich powinno bazować na problemach badawczych nauczycieli akademickich. Taka interakcja kształcenia i badań nadaje edukacji innowacyjnej konieczną dynamikę.

Model PBL w warunkach polskich to dziś sprawa trudna. W systemie obowiązujących studiów dwustopniowych, przy malejącej liczbie kandydatów (niż demograficzny), kształcenie PBL oparte na zajęciach projektowych powinno stać się standardem na studiach magisterskich II-go stopnia. Przeszkodą jest m.in. ograniczona baza lokalowa uniemożliwiająca organizację projektów dla wszystkich

studentów, a także sposób obliczania obciążeń (pensum) pracowników dydaktycznych. Łatwość zmian programów i współpraca z przemysłem zdynamizowałyby badania naukowe, a projekty połączyłyby badania z procesem edukacji, powodując pożądane zróżnicowanie profilowe, powściągające ambicje uczelni do przekształcania się we wszechogarniające wszechnice.

❖ EDUKACJA ELEKTROENERGETYCZNA SPOŁECZEŃSTWA

Głębokim i szybkim zmianom zachodzącym wokół energetyki, w tym zwłaszcza elektroenergetyki, musi towarzyszyć wzrost świadomości społeczeństwa. Kategoryczność tego stwierdzenia wynika z faktu, że rozwój energetyki powiedzie się, o ile społeczeństwo wyrazi na to zgodę, co z kolei przełoży się na decyzje polityczne.

Przeciwieństwem dla tego kierunku jest przedłużający się scenariusz niepodejmowania decyzji strategicznych w energetyce, głównie w imię hasła „tania energia”, skutkujący m.in. niedoinwestowaniem elektroenergetyki. W wielu krajach zmiany w energetyce odbywają się pod hasłem „polityki klimatycznej”, której poparcie społeczne otworzyło drogę do głębokich zmian w sektorze energetyki, pomimo wysokich kosztów społecznych.

Podsumowanie

Bez szeroko zakrojonych działań, nie tylko wśród specjalistów, ale także w mediach czy szkołach trudno będzie uzyskać efekt pozytywnych zmian w świadomości społecznej i gospodarce w zakresie zagadnień energetycznych. Jako *warunek sine qua non* musi tu zadziałać efekt synergii składowych sukcesu: kształcenie kadry – nauka – badania – wdrożenia, z orientacją na innowacyjność i efektywność energetyczną uzyskiwanych rozwiązań.

Nie będzie to możliwe bez poprawy procesu kształcenia kadry w polskich szkołach wyższych w zakresie elektrotechniki EL, elektroenergetyki EE, energetyki EN, energetyki jądrowej EJ i trakcyjnej ET oraz wzrostu popularności tych kierunków studiów wśród młodzieży.

► Dlatego są konieczne:

- opracowanie i wdrożenie programu systemowego wspierania edukacji w zakresie EL, EE, EN, EJ i ET w tym utrzymania lub reaktywacji laboratoriów elektrotechnicznych z wyposażeniem na wysokim poziomie technicznym, bez których prowadzenie prawdziwych badań naukowych oraz kształcenia jest niemożliwe;
 - modernizacja rozwiązań organizacyjnych, prawnych i ekonomicznych dla:
 - rozwoju współpracy uczelni z sektorem energetyki jako partnerem w programie;
 - poprawy współpracy przemysłu i uczelni w zakresie edukacji, w tym zatrudniania wybitnych specjalistów z przemysłu, fundowania stypendiów, staży, konkursów na prace dyplomowe lub doktorskie dla studentów, wyposażania uczelni i in.;
 - ochrona szkół wyższych w okresie niżu demograficznego przed utratą potencjału dydaktycznego kadrowego oraz materialnego.
- Narzędziami politycznymi do stworzenia warunków prorozwojowych dla współpracy uczelni z przemysłem są sprawdzone na świecie, a w Polsce od lat bezskutecznie postulowane, preferencje dla badań wdrożeniowych ze strony władz państwowych oraz stymulatory systemowe działań podmiotów gospodarczych, zasada wydziałania środków na B+R (np. 5%) w nakładach inwestycyjnych oraz inteligentna i trwała osłona polityczna rozwoju EL z EE, EN, EJ i ET.

- ▶ Ważnym narzędziem szczegółowym jest opracowanie w zakresie kierunków EL z EE, EN, EJ i ET odrębnego wykazu kompetencji lub modułów zamawianych w publicznych szkołach wyższych przez właściwe ministerstwa lub organizacje i podmioty gospodarcze, a także rozwinięcie w tych specjalnościach programów PBL oraz zamawianego kształcenia podyplomowego.

Ustawiczny proces kształcenia społeczeństwa na temat wagi i znaczenia energii dla funkcjonowania nowoczesnego kraju powinien obejmować całe życie obywateli. Rola takiej edukacji jest tak oczywista, że nie wymaga uzasadnienia. Ważne jest wskazywanie wszystkich istotnych zalet i wad poszczególnych rozwiązań, np. technologii energetycznych, w sposób obiektywny, oparty na faktach naukowych, a nie emocjach politycznych i społecznych. Wymaga to dialogu i współpracy wszystkich interesariuszy, głównie polityków, administracji rządowej i pozarządowej, naukowców, podmiotów z sektora szkolnictwa i edukacji, przedsiębiorców, związków zawodowych, organizacji pozarządowych technicznych i społecznych. Specjalna rola przypada w tym procesie mediom, których rola w kształtowaniu odbioru społecznego problematyki energetycznej jest ogromna i stale rosnąca.

Dotychczas społeczeństwo nie uzyskuje obiektywnych i opartych na wiedzy informacji na temat stanu obecnego i planów rozwoju sektora energetyki. Dominującym przesłaniem medialnym jest zagadnienie ciągłości dostaw ropy naftowej i gazu ziemnego z zagranicy. Na linii energetyka – odbiorcy końcowi dominuje temat rosnących cen energii. Okazjonalnie podejmowane są perspektywy rozwoju OZE, nieprofesjonalnie sprawa efektywności energetycznej (sprowadzana głównie do termomodernizacji budynków), czy też temat budowy sektora energetyki jądrowej.

Wzrostowi świadomości społecznej mają służyć kampanie informacyjne i promocyjne na tematy energetyczne, organizowane przez rząd i podmioty prywatne, głównie spółki energetyczne. Wyjaśniają m.in. potrzebę i przedstawiają sposoby oszczędzania energii w gospodarstwach domowych, promujące „liczniki inteligentne”. Liczba takich kampanii jak i ich ukierunkowanie pomija szereg istotnych dla obywateli spraw, np. wpływu energetyki na rozwój lokalnej przedsiębiorczości i tworzenie miejsc pracy, lokalne warunki ekologiczne. Pozostaje sprawą otwartą, w jakim zakresie i w jaki sposób powinny być przekazywane społeczeństwu informacje o tak specjalistycznym obszarze, jakim jest elektroenergetyka. Kluczowe jest dotarcie do wybranych grup społeczeństwa z przekazem prezentującym długoterminowy interes społeczny, wolny od krótkoterminowych interesów politycznych i partykularnych. Podstawą takiego przekazu jest powstanie lub włączenie się do tego procesu podmiotów cieszących się wysokim poziomem zaufania społecznego.

W warunkach krajowych konieczne jest przedstawienie obecnej i przyszłej roli węgla, jako strategicznego surowca energetycznego (którego zasoby w Polsce wyczerpią się w perspektywie najbliższych pokoleń) w różnych scenariuszach rozwoju światowej i unijnej polityki klimatycznej. Dlatego zagadnienia energetyczne powinny być przedmiotem konsensusu politycznego i nie podlegać bieżącej walce politycznej.

Rola Stowarzyszenia Elektryków Polskich w inicjacji i przeprowadzeniu dyskusji publicznej mogłaby być bardzo znacząca. Opracowany i przedstawiony m. in. w formie sześciu artykułów w PE ([4÷8] i artykuł niniejszy) Raport „Energia Elektryczna Dla Pokoleń” z II Kongresu SEP, dostępny także na stronie internetowej SEP, stanowi

materiał wyjściowy do rozpoczęcia takiej dyskusji, wyciągnięcia z niej wniosków i szybkiego wdrożenia odpowiednich działań, zanim będzie za późno.

Jesteśmy to winni przyszłym pokoleniom, którym nie możemy zostawić wyjałowionej Ziemi, do czego może doprowadzić obecna działalność człowieka, bez skutecznej dbałości o środowisko naturalne i z nadmierną eksploatacją dość łatwo dostępnych surowców, w tym energetycznych, których zabraknie dla naszych następców.

ZAŁĄCZNIKI (dostępne: www.sep.com.pl)

ZG[7/1] Kaźmierkowski M.: Kształcenie nowych kadr dla elektroenergetyki.

Autorzy:

dr hab. inż. Marek Bartosik prof. nadzw. Politechniki Łódzkiej Katedra Aparatów Elektrycznych, marek.bartosik@p.lodz.pl

prof. dr hab. inż. Waldemar Kamrat, Politechnika Gdańska, Katedra Elektroenergetyki, wkamrat@pg.gda.pl

prof. zw. dr hab. inż. Marian Kaźmierkowski, Politechnika Warszawska, Instytut Sterowania i Elektroniki Przemysłowej, mpkisep@gmail.com

mgr Włodzimierz Lewandowski, Polska Grupa Energetyczna S.A., wlodzimierz.lewandowski@gkpgce.pl

prof. zw. dr hab. inż. Maciej Pawlik, Politechnika Łódzka, Instytut Elektroenergetyki, maciej.pawlik@p.lodz.pl

prof. dr hab. Tadeusz Peryt, Państwowy Instytut Geologiczny, tadeusz.peryt@pgi.gov.pl

prof. dr hab. inż. Tadeusz Skoczkowski, Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Ciepłej, tskocz@itc.pw.edu.pl

dr inż., Andrzej Strupczewski prof. Narodowego Centrum Badań Jądrowych, Andrzej.Strupczewski@ncbj.gov.pl

prof. dr hab. inż. Adam Szelaąg, Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny, adam.szelaag@ee.pw.edu.pl

LITERATURA

- [1] Grotkowska G., Gajderowicz T., Wincenciak L., Wolińska I., Raport końcowy z badania: „Ocena jakości i skuteczności wsparcia kierunków zamawianych w ramach Poddziałania 4.1.2 PO KL”, WYG PSDP Sp. z o.o., Warszawa 2014.
- [2] Kaźmierkowski M. Kształcenie inżynierów w systemie PBL. Forum Akademickie, nr 9, 2013.
- [3] Ekspertyza – Mapa rozwoju dyscypliny Elektrotechnika, Komitet Elektrotechniki PAN (praca zbiorowa pod red. T. Citko, A. Demenko), 2015.
- [4] Bartosik M., Kamrat W., Kaźmierkowski M., Lewandowski W., Pawlik M., Peryt T., Skoczkowski T., Strupczewski A., Szelaąg A. Bezpieczeństwo elektroenergetyczne dla pokoleń. *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 92 NR 8/2016, 268-282.
- [5] Bartosik M., Kamrat W., Kaźmierkowski M., Lewandowski W., Pawlik M., Peryt T., Skoczkowski T., Strupczewski A., Szelaąg A. Polityka i porządek prawny w polskiej energetyce na tle polityki Unii Europejskiej. *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 92 NR 9/2016, 287-295.
- [6] Bartosik M., Kamrat W., Kaźmierkowski M., Lewandowski W., Pawlik M., Peryt T., Skoczkowski T., Strupczewski A., Szelaąg A. Wytwarzanie energii elektrycznej-diagnoza i terapia. *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 92 NR 10/2016, 277-287
- [7] Bartosik M., Kamrat W., Kaźmierkowski M., Lewandowski W., Pawlik M., Peryt T., Skoczkowski T., Strupczewski A., Szelaąg A. Przesył energii elektrycznej-potrzeby, progii i bariery. *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 92 NR 11/2016, 295-300
- [8] Bartosik M., Kamrat W., Kaźmierkowski M., Lewandowski W., Pawlik M., Peryt T., Skoczkowski T., Strupczewski A., Szelaąg A. Magazynowanie energii elektrycznej i gospodarka wodorowa. *Przegląd Elektrotechniczny*, ISSN 0033-2097, R. 92 NR 12/2016,