

Kryteria oceny bezpieczeństwa energetycznego

The criteria of the energy safety estimation

Streszczenie. Bezpieczeństwo energetyczne to element polityki, w którym określa się strategię, źródła produkcji energii (odnawialne/nieodnawialne), dystrybucję i wielkość zużycia. W Polsce polityka energetyczna jest budowana w oparciu o zapisy ustawy Prawo energetyczne. Główne cele polityki energetycznej to zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego przy zachowaniu zasady zrównoważonego rozwoju gospodarczego i wypełnieniu międzynarodowych zobowiązań. W referacie scharakteryzowano kryteria oceny bezpieczeństwa energetycznego oraz funkcje uregulowań krajowych i Unii Europejskiej w zakresie kształtowania bezpieczeństwa energetycznego.

Abstract. The energy policy is the one element of policy in which are determined strategy, energy production sources (renewable/nonrenewable), distribution and energy consumption dimension. In Poland energy policy is build on the base of the Energy law. The main aims of the energy policy are the energetic safety assurance in the country by proceeding the principle of economic development and the international obligations fulfillment. In the paper are characterized chosen criterions of optimization delivery energy efficiency and operations in the direction avoidance of possible dangers, as also the national and European Union disposals in the range of energy safety formation.

Słowa kluczowe: energia, bezpieczeństwo, kryteria

Keywords: energy, safety, criterions

Wstęp

Polska energetyka ma niekorzystną infrastrukturę zaopatrzenia w podstawowe surowce energetyczne i uzależnienie od importu gazu i ropy naftowej. Problemem warunkującym rozwój jest też węglowa struktura wytwarzania energii elektrycznej. Obecnie energia elektryczna produkowana jest w kraju na bazie węgla kamiennego (ok. 60%) i węgla brunatnego (ok. 35%) z tendencją do zmniejszania zużycia węgla kamiennego na rzecz węgla brunatnego. Taka struktura jest bardzo niekorzystna z dwóch powodów. Po pierwsze niska kaloryczność węgla brunatnego podwyższa koszt wytwarzania energii, a tym samym cenę 1 kWh. Ponadto rozmieszczenie elektrowni nie odpowiada w pełni zapotrzebowaniu na energię, co powoduje konieczność jej przesyłania [1]. Straty na przestarzałych technologicznie liniach wysokiego napięcia wynoszą ok. 10%. Spalanie węgla kamiennego czy brunatnego to bardzo duże zanieczyszczenie środowiska CO₂, związkami siarki, radioaktywnym uranem i torem, które wchodzą w skład węgla i są uwalniane w trakcie jego spalania. Podpisanie przez Polskę międzynarodowych postanowień o redukcji zanieczyszczenia powietrza i stopniowe zastępowanie węgla innymi paliwami staje się koniecznością. W dużej mierze działania określone w polityce energetycznej będą realizowane przez komercyjne firmy energetyczne, działające w warunkach konkurencyjnych rynków paliw i energii lub rynków regulowanych, a interwencjonizm państwa w funkcjonowanie sektora musi mieć jasno określony cel, tzn. zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz wypełnienie międzynarodowych zobowiązań Polski, szczególnie w zakresie ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa jądrowego.

1. Sektor energetyczny

Krajowy System Elektroenergetyczny **KSE** obejmuje urządzenia do wytwarzania, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej, umożliwiającą dostawę energii elektrycznej. W systemie wyróżnia się podsystemy: *wytwórczy* (elektrownie) i *przesyłowo-rozdzielczy* (linie i stacje elektroenergetyczne) [4]. W Polsce podział jest następujący:

- źródła energii elektrycznej,
- sieć przesyłowa najwyższych napięć 750 kV, 400 kV, 220 kV,
- sieć przesyłowa wysokiego napięcia 110 kV,
- sieć dystrybucyjna 110 kV i średnich napięć: 6, 10, 15, 20,

30 kV,

- sieć rozdzielcza niskiego napięcia 0,4 kV.

Polskie Sieci Elektroenergetyczne **PSE S.A.** - spółka Skarbu Państwa są właścicielem i operatorem sieci przesyłowej najwyższych napięć odpowiedzialnym za utrzymanie, modernizację i rozbudowę sieci [2]. Do najważniejszych zadań należy bilansowanie podaży i zapotrzebowania na moc oraz niedopuszczenie do sytuacji, gdy rezerwa mocy będzie na poziomie mniejszym niż 9%. Planowanie pracy systemu odbywa się w różnych horyzontach czasowych:

dłuższy horyzont - do zadań operatora należy sporządzenie planów na kilkanaście lat do przodu, w których uwzględnia się rosnący popyt na energię elektryczną oraz możliwości przyłączeń nowych źródeł wytwarzania,

horyzont średnioterminowy - od 2 dni do 5 lat dotyczy możliwości wytwórczych energii elektrycznej, uwzględniając prognozowane poziomy zapotrzebowania i plany remontów,

horyzont krótkoterminowy - praca systemu elektroenergetycznego w ciągu doby, uwzględnia harmonogramy pracy bloków lub też prognozę otrzymanej energii ze źródeł odnawialnych,

w czasie rzeczywistym - analiza pracy całego systemu na podstawie aktualnych danych, tzn. czy występują rozbieżności między prognozowanymi wartościami mocy a rzeczywistym zapotrzebowaniem na moc elektryczną.

2. Dystrybucja energii elektrycznej

W Polsce działalność w zakresie dystrybucji na określonym obszarze prowadzi: **Tauron Dystrybucja S.A.**, **PGE Dystrybucja S.A.**, **Enea Operator S.A.**, **Energa-Operator S.A.** i **Innogy Stoen Operator Sp. z o.o.** Przy dystrybucji energii elektrycznej muszą być spełnione określone warunki jakościowe dotyczące napięcia, częstotliwości i migotania.

Operator Systemu Dystrybucyjnego **OSD** posiada bezpośrednie połączenie z sieciami przesyłowymi. Został wyznaczony przez Urząd Regulacji Energetyki **URE** [5] na mocy ustawy Prawo Energetyczne [6]. Operator systemu dystrybucyjnego jest odpowiedzialny m.in. za:

- rozdział energii elektrycznej do odbiorców,
- dysponowanie mocą jednostek wytwórczych przyłączonych do sieci dystrybucyjnej 110 kV nie większej niż 50 MW,

- utrzymanie sieci dystrybucyjnej w optymalnej i zbilansowanej pracy,
- przestrzeganie parametrów jakościowych, bezpieczeństwo i pewność dostaw energii elektrycznej,
- współpracę między operatorami systemów elektroenergetycznych.

3. Bezpieczeństwo energetyczne

Bezpieczeństwo energetyczne jest definiowane jako sytuacja, gdy gospodarka jest w stanie pokryć obecne i przyszłe zapotrzebowanie na energię i paliwa, przy jednoczesnej minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko i społeczeństwo. Jest rozumiane jako zdolność do pokrycia zapotrzebowania pod względem jakościowym i ilościowym wraz z zachowaniem uwarunkowań ochrony środowiska. Prawo Energetyczne głosi, że jest to sytuacja, gdy pokrycie bieżącego i przyszłego zapotrzebowania na energię i paliwa jest uzasadnione ekonomicznie i technicznie, przy przestrzeganiu wymagań ochrony środowiskowej [3].

Definicję bezpieczeństwa energetycznego można znaleźć w:

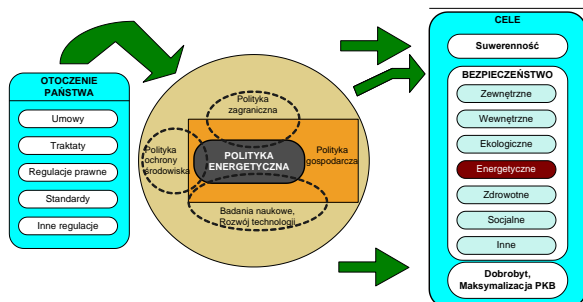
- polityce energetycznej Polski do roku 2025,
- doktrynie zarządzania bezpieczeństwem energetycznym,
- Prawie Energetycznym.

Bezpieczeństwo energetyczne jest więc częścią systemu bezpieczeństwa krajowego, ponieważ stabilny dostęp do źródeł energii jest obowiązkowym fragmentem każdej nowoczesnej gospodarki. Wszystkie te definicje obejmują trzy aspekty bezpieczeństwa (rys. 1):

aspekt ekonomiczny rozumiany jako zapewnienie odbiorcom akceptowalnej ceny za energię określanej w taryfach lub umowach, a cena końcowa uwzględnia również koszt dostaw energii,

aspekt ekologiczny to dbałość o zachowanie środowiska dla przyszłych pokoleń oraz rozwój odnawialnych źródeł energii,

aspekt energetyczny dotyczy zagadnień technicznych, zarządzania oraz bilansowania popytu i podaży energii.



Rys. 1. Polityka energetyczna jako składnik polityki państwa

Ogólnie bezpieczeństwo to stan niezagrażenia, spokoju lub pewności, natomiast bezpieczeństwo energetyczne jest ściśle powiązane z polityką trwałego rozwoju, czynnikami społeczno-ekonomicznymi, rozwojem rynków energetycznych, a także nowymi technologiami w sferze wydobycia, przetwarzania oraz wykorzystania paliw i energii. Bezpieczeństwo energetyczne lub bezpieczeństwo dostaw energii to dostępność energii w każdym czasie, w różnych formach, w wystarczającej ilości i po rozsądnej cenie i/lub w cenie możliwej do zapłacenia. Bezpieczeństwo energetyczne może mieć charakter:

wewnętrzny – dotyczy zrównoważenia popytu i podaży z uwzględnieniem aspektów ekologicznych, grup odbiorców, czy polityczno-ekonomicznych uwarunkowań,

zewnętrzny – zapełnienie różnicy między produkcją a potrzebami.

Możliwe są następujące rodzaje zagrożeń bezpieczeństwa:

fizyczne – np. krótkoterminowe lub trwałe przerwy w dostawach energii,

ekonomiczne – np. zależność od cen energii,

inne – np. związane z ochroną środowiska.

Wszystkie te elementy wpływają na bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej definiowanej jako zdolność do zapewnienia prawidłowej pracy sieci oraz zachowanie równowagi między dostawami a zapotrzebowaniem na energię. Przekłada się to na:

ciągłość dostaw energii - zapewnienie energii o danej niezawodności i jakości,

niezawodność dostaw - zapewnienie oraz dostarczenie energii do odbiorcy,

pewność dostaw - zdolność KSE do zapewnienia dostaw energii.

Problem bezpieczeństwa energetycznego jest analizowany przez specjalistów z dziedziny energetyki, geopolityki, ekonomistów i ekologów. Zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego musi być wzmacnianie poprzez szereg czynników zewnętrznych i wewnętrznych.

Czynniki wewnętrzne:

- zróżnicowanie źródeł i kierunków dostaw surowców,
- uwzględnienie czynników wpływających na ochronę środowiska,
- pewność i niezawodność dostaw,
- stabilność cen.

Czynniki zewnętrzne:

- geopolityka i dostęp do paliw pierwotnych,
- bezpieczeństwo i adekwatność infrastruktury międzynarodowej,
- nieprzewidywalne wyczerpywanie się zasobów,
- odporność na zmiany w polityce klimatycznej.

Poziom bezpieczeństwa energetycznego państwa jest wielowymiarową kategorią, wykraczającą poza obszar polityczno-militarny. Obecnie jest rozumiany jako element polityki zagranicznej wynikający z interesów różnych państw. Zatem, bezpieczeństwo energetyczne krajów jest ściśle związane z bezpieczeństwem międzynarodowym.

4. Projekt Polityki Energetycznej Polski

Projekt *Polityki Energetycznej Polski do 2040 roku PEP2040* jest strategią, która obejmuje samorządy, przedsiębiorstwa oraz społeczeństwo w celu wykorzystania potencjału gospodarczego i technologicznego do stworzenia niskoemisyjnej transformacji energetycznej na obszarze całego kraju [5]. W ramach tej transformacji mają powstać m.in. nowe obszary przemysłu przy wykorzystaniu morskich farm wiatrowych oraz wprowadzone zostaną niekonwencjonalne źródła energii jako alternatywne paliwa. W projekcie PEP2040 został zawarty również drugi dokument o *Krajowym planie na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030*, który prezentuje pięć wymiarów zintegrowanego podejścia do unii energetycznej:

- efektywność energetyczna,
- bezpieczeństwo energetyczne,
- wewnętrzny rynek energii,
- obniżenie emisyjności,
- badania naukowe i konkurencyjność.

Jednak wraz z projektem PEP2040 pojawiły się wątpliwości dotyczące ryzyka jego realizacji, głównie z powodu niedoboru mocy po likwidacji elektrowni węglowych w Polsce. Kolejną kwestią jest brak optymalizacji kosztów i wzrost cen energii elektrycznej, a także nadmierny import do Polski energii, spowodowanej występowaniem istotnych różnic cenowych (rys. 2). Przy

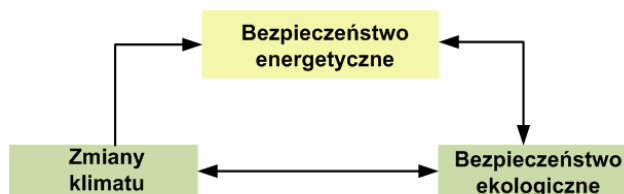
realizacji tego projektu nie można pominąć polityki Unii Europejskiej w zakresie klimatu i energetyki oraz kosztów związanych z transformacją tego sektora. Chociaż Polska nie zgodziła się na rozporządzenie Unii Europejskiej dotyczące neutralności klimatycznej w 2050 roku, jednakże w następnych latach będzie prawdopodobnie zmuszona przyjąć ten zapis. Wcześniej pakiety wprowadzone przez UE obejmowały trzy główne cele określające działania zapobiegające zmianom klimatu, tzw. **Pakiet 3x 20%** dotyczący:

- zmniejszenia zużycia energii o 20%,
- zwiększenia udziału energii odnawialnej w bilansie produkcji energii o 20%,
- zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o 20%,
- ponadto przyjęto zapis o zwiększeniu udziału biopaliw o 20%.



Rys. 2. Aspekty gospodarki energetycznej w Polsce

Najbliższe lata wiążą się z coraz większym znaczeniem działań ekologicznych poprzez krajowe i międzynarodowe regulacje. Zmiany klimatyczne, bezpieczeństwo ekologiczne i energetyczne stanowią współzależne od siebie elementy, które wpływają na różne aspekty funkcjonowania gospodarki energetycznej (rys. 3).



Rys. 3. Współzależność bezpieczeństwa energetycznego

5. Kryteria determinujące bezpieczeństwo energetyczne

Nadrzędnym zadaniem państwa w odniesieniu do sektora energetycznego powinno być zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa energetycznego, które zależy od:

bezpieczeństwa dostaw - ciągłość i jakość dostaw energii na poziomie wynikającym z potrzeb społecznych i gospodarczych, na poziomie krajowym oznacza ograniczenie uzależnienia od importu surowców energetycznych,

bezpieczeństwa ekonomicznego - ceny energii nie będą tworzyły bariery dla rozwoju gospodarczego i nie doprowadzą do ubóstwa energetycznego,

bezpieczeństwa ekologicznego - produkcja energii nie będzie powodowała nadmiernego zanieczyszczenia środowiska i nieodwracalnych zmian, w tym wyczerpania zasobów.

Zagadnienia związane z bezpieczeństwem energetycznym wpisują się w programy rozwojowe państwa i uregulowania międzynarodowe. Zmiany polityki bezpieczeństwa energetycznego na tle transformacji gospodarczej oparte są głównie na dokumentach, dyrektywach i rozporządzeniach oraz przepisach prawa energetycznego, zgodnie z prawem unijnym.

Zagrożenia dla bezpieczeństwa energetycznego:

zewnętrzne - brak możliwości zlikwidowania luki pomiędzy produkcją krajową a wewnętrznym zapotrzebowaniem za sprawą dostawców zewnętrznych [8],

wewnętrzne - brak zrównoważonego popytu i podaży, zagrożenia dla środowiska naturalnego.

Czynniki kształtujące bezpieczeństwo energetyczne:

stan systemu zaopatrzenia - moce produkcyjne, przesyłowe, dystrybucyjne,

źródła zaopatrzenia systemu energetycznego - kierunki zaopatrzenia,

dostawcy - wiarygodni, stabilni i stopień ich dywersyfikacji, **status firm** - wchodzących w skład systemu energetycznego kraju (prywatne, państwowe, krajowe i zagraniczne), **magazynowanie paliw** - magazyny (ich pojemność, stan zapełnienia i dyslokacja geograficzna),

sytuacja w kraju i za granicą - polityczna, społeczna i gospodarcza,

regulacje krajowe i międzynarodowe - nadzór nad ich realizacją,

plany i realizowane inwestycje - w zakresie energetyki polityka proefektywnościowa i innowacyjna.

Polityka energetyczna to składnik polityki państwa, w której określa się strategię, źródła produkcji energii (odnawialne/nieodnawialne), dystrybucję i wielkość zużycia. W Polsce polityka energetyczna jest budowana na bazie zapisów ustawy Prawo energetyczne, która definiuje cele polityki energetycznej jako:

- zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego,
- wzrost konkurencyjności gospodarki,
- poprawę efektywności energetycznej,
- ochronę środowiska.

Ustawa obejmuje przepisy krajowe, umowy międzynarodowe, zachęty do inwestycji, wytyczne dotyczące oszczędzania oraz efektywności energetycznej, podatki i inne instrumenty związane z polityką publiczną [6].

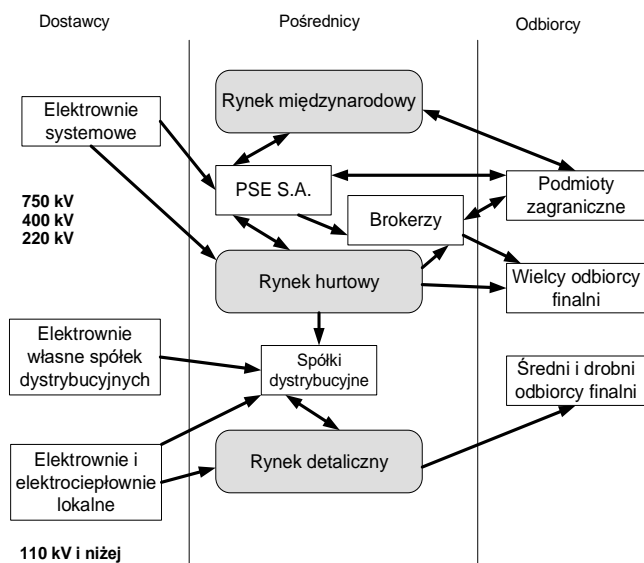
6. Struktura mechanizmów rynkowych

Bieżące ceny rynkowe nie ujmują wielu ważnych aspektów, od których zależy sprawne funkcjonowanie systemu elektroenergetycznego (rys. 4). Ceny rynkowe energii zależą od bardzo wielu czynników, np. od parametrów fizycznych energii, marketingu i relacji podaż/popyt. Jednak w ramach administracyjnego nadzoru Urząd Regulacji Energetyki URE poprzez taryfowanie kontroluje koszty i ceny w przedsiębiorstwach energetycznych [5].

Główne cechy krajowego sektora elektroenergetycznego, które wpływają na bezpieczeństwo to m.in.:

- krajowe i zagraniczne źródła energii,
- infrastruktura przesyłowa krajowych i międzynarodowych połączeń,
- dywersyfikacja dostaw energii,
- zróżnicowanie bazy paliwowej dla elektroenergetyki i ciepłownictwa,
- możliwości magazynowania paliw,
- warunki panujące na rynkach krajowych i zagranicznych,
- stan techniczny maszyn i urządzeń,

- rezerwa potencjału technicznego i surowcowego,
- dostępność do informacji techniczno-rynkowej.



Rys. 4. Struktura rynku energii elektrycznej

Dla bezpieczeństwa energetycznego istotne są również techniczne ograniczenia współpracy z sąsiednimi systemami i potencjalne możliwości wymiany energii dla potrzeb operacyjno-ruchowych w ramach systemów CENTREL i UCTE.

7. Bezpieczeństwo energetyczne Polski do 2030 roku

Rada Ministrów w dniu 10 listopada 2009 r. przyjęła dokument Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku, w którym wyznaczono kierunki rozwoju sektora energetycznego w Polsce, a także potwierdzono zasadność kontynuacji wcześniej przyjętych celów [3].

Podkreślone w dokumencie wysokie zapotrzebowanie na energię, nieadekwatny poziom rozwoju infrastruktury wytwórczej i transportowej paliw i energii, znaczne uzależnienie od zewnętrznych dostaw gazu ziemnego i niemal pełne od dostaw ropy naftowej, a także zobowiązania w zakresie ochrony środowiska wymuszają podjęcie działań zapobiegających pogorszeniu się sytuacji odbiorców energii

Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię, przedstawiona jako dokument towarzyszący Polityce Energetycznej Polski do 2030 roku, wskazuje na utrzymanie na zbliżonym poziomie wykorzystania węgla kamiennego oraz brunatnego, wzrost wykorzystania gazu ziemnego, zasobów energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych w dłuższej perspektywie, a także wykorzystanie w przyszłości paliwa jądrowego.

8. Polityka energetyczna Unii Europejskiej do 2050 roku

W „Planach działania w zakresie energii do roku 2050” przedstawiono długofalowe scenariusze oraz możliwości UE w zakresie obniżenia emisyjności, ukończenia budowy wewnętrznego rynku energii oraz wyeliminowania wysp energetycznych. Rozporządzenia w sprawie

transeuropejskiej infrastruktury energetycznej oraz integralności hurtowego rynku energii, a także decyzja o wymianie informacji o umowach międzyrządowych w dziedzinie energii między państwami członkowskimi, są głównymi instrumentami legislacyjnymi przyczyniającymi się do poprawy funkcjonowania wewnętrznego rynku energii.

Program Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska precyzuje wyzwania i zagrożenia, które zmuszają większość krajów do wypracowania spójnej koncepcji międzynarodowego bezpieczeństwa energetycznego, zmierzającej do zwiększenia ofert dostaw energetycznych w aspekcie wewnętrznym i zewnętrznym.

Parlament Europejski wyraził poparcie dla wspólnej polityki energetycznej uwzględniającej konkurencyjność, bezpieczeństwo i zrównoważony rozwój. Jednocześnie wskazał na konieczność współpracy przez państwa członkowskie w przyszłych wyzwaniach, a także na zaangażowanie wszystkich państw członkowskich UE w zakresie osiągnięcia wyznaczonych celów. Parlament Europejski wspiera również dywersyfikację źródeł energii i dróg dostaw. Ostatnie rezolucje Parlamentu Europejskiego dotyczą między innymi:

- poszukiwania i eksploatacji podmorskich złóż ropy naftowej i gazu ziemnego,
- planu działań w zakresie energii do roku 2050,
- efektywności energetycznej,
- współpracy z partnerami spoza UE i konkurencyjnych dostaw energii.

Większość ekspertów przyjmuje, że wysokość rezerw i zasobów surowców energetycznych można racjonalnie określić prognostycznie jedynie do 2030 roku [4], natomiast prognozy sięgające 2050 roku to ostrożne szacunki.

Wnioski

W gospodarce światowej wystąpiło szereg niekorzystnych zjawisk wymuszających nowe podejście do polityki energetycznej. Ceny surowców energetycznych i rosnące zapotrzebowanie na energię, a także awarie systemów energetycznych i zanieczyszczenie środowiska wymagają nowych rozwiązań w prowadzeniu polityki energetycznej.

Większość wariantowych prognoz dotyczących bilansu energetycznego Polski wykazuje rozbieżności między rozwojem gospodarczym i przewidywanym zapotrzebowaniem na energię, a możliwościami jego pokrycia z importu i krajowych zasobów. Powoduje to konieczność inwestowania w bardziej efektywne urządzenia i innowacyjne metody pozyskiwania energii [7].

Główne cele polityki energetycznej to stworzenie nowoczesnego systemu europejskich sieci infrastrukturalnych i strategii rozwoju poprzez promowanie czystej energii i przeciwdziałanie nadmiernej eksploatacji zasobów. Realizując te działania należy dążyć do wzrostu bezpieczeństwa energetycznego przy zachowaniu zasady zrównoważonego rozwoju gospodarczego kraju.

Autorka: dr hab. inż. Bogumiła Wnukowska, prof. Collegium Witelona, Uczelnia Państwowa, Wydział Nauk Technicznych i Ekonomicznych, E-mail: bogumila.wnukowska@pwr.edu.pl

LITERATURA

- [1] Freus M., Wnukowska B., Strategia funkcjonowania odbiorcy na rynku energii. *Politechnika Wrocławska*, Wrocław 2022.
- [2] Plan rozwoju w zakresie zapotrzebowania na energię elektryczną. PSE, Warszawa 2022.
- [3] Polityka energetyczna państwa jako sektorowa polityka administracyjna Polski do 2030 roku. *Ministerstwo Gospodarki* 2022.
- [4] Raporty, *cire.kse.pl*
- [5] Raporty, *ure.gov.pl*
- [6] Ustawa Prawo energetyczne z aktami wykonawczymi. Dz.U. z 2022 r.
- [7] Wnukowska B., Efektywność energetyczna. Wybrane zagadnienia. *Collegium Witelona, Uczelnia Państwowa* 2023.
- [8] Wnukowska B., Zagrożenia bezpieczeństwa energetycznego. *Konferencja Smart Industry IRG*, 2023.