

Kraków, 5.10.2021 r.

Dr hab. inż. Lidia Gawlik, prof. IGSMiE PAN
Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk
ul. Wybickiego 7A
31-261 Kraków

Recenzja

osiągnięcia naukowego dr inż. Anny Manowskiej
„Analiza perspektyw rozwoju górnictwa węgla kamiennego w Polsce w
świecie globalnych uwarunkowań”
stanowiącego podstawę ubiegania się o stopień doktora habilitowanego
w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych
w dyscyplinie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Podstawę formalną opracowania recenzji stanowi pismo nr RIE-BD/4/437/2020/2021 z dnia 17.08.2021 r. Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej – prof. dr hab. inż. Andrzeja Rusina, informujące mnie, że zostałam powołana do pełnienia funkcji recenzenta w postępowaniu habilitacyjnym wszczętym przez dr inż. Annę Manowską w dniu 19.03.2021.

Opinię sporządziłam na podstawie dostarczonych następujących dokumentów i materiałów:

- wniosek (po polsku i angielsku) z dnia 19.03.2021 r. dr inż. Anny Manowskiej o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego skierowany do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Śląskiej – za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej,
- kopia dyplomu uzyskania przez A. Manowską stopnia naukowego doktora nauk technicznych,
- dane do kontaktu,
- autoreferat Anny Manowskiej (w języku polskim i angielskim),
- wykaz osiągnięć naukowych Anny Manowskiej (w języku polskim i angielskim),
- zestaw publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, zatytułowane „**Analiza perspektyw rozwoju górnictwa węgla kamiennego w Polsce w świetle globalnych uwarunkowań**”.

Recenzję wykonałam w oparciu o art. 219 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie i nauce (t.j. Dz. U. 2020 poz. 85 z późn. zm.).

2. Sylwetka Habilitantki

Dr inż. Anna Manowska uzyskała tytuł doktora nauk technicznych w 2010 roku w dyscyplinie Górnictwo i Geologia Inżynierska na Politechnice Śląskiej na podstawie rozprawy doktorskiej: „*Prognozowanie wielkości sprzedaży węgla kamiennego dla grupy kopalń*”. Promotorem był dr hab. inż. Henryk Przybyła.

Dr inż. Anna Manowska jest pracownikiem Katedry Elektrotechniki i Automatyki Przemysłowej na Wydziale Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

3. Analiza i ocena aktywności naukowej Habilitantki

Zainteresowania naukowe Habilitantki, jej publikacje i prace w projektach są skupione wokół zagadnień związanych z górnictwem węgla kamiennego, uwarunkowaniami jego rozwoju oraz skutkami jego działalności. Ponadto działalność dydaktyczna na studiach I i II stopnia na kierunkach: Górnictwo i Geologia, Inżynieria Bezpieczeństwa oraz Automatyka i Informatyka Przemysłowa dotyczą zagadnień związanych z informatyką i analizą statystyczną, a zwłaszcza modelowania matematycznego, prognozowania, technologii informatycznej, sieci komputerowych, sterowania bezprzewodowego oraz struktur danych i technik programowania. Tę wiedzę systematycznie rozwija opanowując coraz to nowocześniejsze metody modelowania i projektowania i wykorzystuje w swej działalności naukowej. W obszarze zainteresowań Habilitantki są także zagadnienia związane ze zrównoważonym rozwojem i zmianami klimatycznymi. Ma w swym dorobku również kilka publikacji z obszaru przeróbki węgla i zagrożeń górniczych.

Brała udział w realizacji sześciu projektów badawczych finansowanych w drodze konkursu, w tym w projekcie międzynarodowym INTERREG V realizowanym z VSB w Ostrawie dotyczącym zarządzania kryzysowego w obszarach pogranicza. (Polska – Czechy), dwóch szkołach letnich o tematyce związanej z zarządzaniem kryzysowym, realizowanych w ramach międzynarodowego programu CEEPTUS, a także w dwóch projektach NCBiR:

- w projekcie „Uniwersytet Młodego Odkrywcy na Wydziale Górnictwa i Geologii Kopalnia Wiedzy – Pokłady Możliwości” zrealizowała moduł Działania, „Matematyczne Potyczki”,
- w projekcie „Podsadzki na bazie koksu do hydraulicznego szczelinowania węgla” w ramach wspólnego przedsięwzięcia INGA pełniła funkcję personelu zarządzającego oraz specjalisty ds. wzbogacania surowców mineralnych.

Bierze udział w dwóch obecnie realizowanych projektach: w projekcie ERASMUS, realizuje warsztaty dotyczące modelowania matematycznego, a w projekcie realizowanym wspólnie z czeskim partnerem: VSB – TU Ostrava, dotyczącym górniczego dziedzictwa w obszarze

przygranicznym Czech i Polski, finansowanym z Funduszu Wyszehradzkiego, pełni funkcję kierownika projektu i jednocześnie kierownika jednego z zadań.

Do dorobku Habilitantki należy zaliczyć liczne wystąpienia konferencyjne krajowe i zagraniczne, także wystąpienia i wykłady na zaproszenie spółek węglowych, a na szczególną uwagę zasługuje organizacja panelu oraz wykład w ramach międzynarodowego spotkania COP 24 w Katowicach w 2018 roku na zaproszenie Ministerstwa Środowiska.

Habilitantka zrecenzowała ponad 40 artykułów naukowych w czasopismach zagranicznych i polskich.

Oświadczyła, że ma w swoim dorobku 2 programy, które uznała za dorobek technologiczny – służący otoczeniu gospodarczemu:

- program do prognozowania zdarzeń niebezpiecznych - tępień w kopalniach węgla kamiennego (program powstał w ramach realizacji grantu dla młodych naukowców Systemowo – informacyjne modele oceny stanu zagrożenia wstrząsami górnictwami w kopalniach węgla kamiennego),
- program do prognozowania sprzedaży węgla kamiennego (program powstał w wyniku realizacji badań statutowych Prognozowanie zbytu i planowanie wydobywania a strategia produkcji węgla kamiennego polskiego górnictwa węgla kamiennego).

Nie jest jednak sprawą jasną, czy te programy są Jej autorstwa, czy też jest jednym z kilku autorów, oraz czy te produkty doczekały się wdrożenia.

Działalność naukowa dr inż. Anny Manowskiej wykracza poza macierzystą uczelnię. Od 2017 r. współpracuje z Akademią WSB z Wydziałem Zamiejscowym w Cieszynie oraz VSB-TU z Ostrawy.

Aktywność naukową Habilitantki oceniam dobrze. Uzyskany w uznanych bazach międzynarodowych Index Hirscha to: 5 – w bazie Web of Science i 4 w bazie Scopus również świadczy o Jej istotnej aktywności naukowej.

Jej działalność i dorobek zaliczam do dyscypliny naukowej: Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

4. Ocena osiągnięcia naukowego Habilitantki

Jako swoje osiągnięcie naukowe dr inż. Anna Manowska przedstawiła zestaw publikacji zatytułowany „**Analiza perspektyw rozwoju górnictwa węgla kamiennego w Polsce w świetle globalnych uwarunkowań**”, składający się z:

- monografii naukowej:
 - Anna Manowska (2021): Modelowanie zmian struktury miksu energetycznego Polski wynikających ze światowych megatrendów, Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, s.191. ISBN: 978-83-7880-721-6.
- dwóch artykułów naukowych:
 - Anna Manowska (2020): Using the LSTM network to forecast the demand for electricity in Poland. *Applied Sciences*, 10, 8455; doi:10.3390/app10238455.

- Anna Manowska (2020): Using the LSTM network to forecast the demand for hard coal. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*, 36(4):33–48, doi: 0.24425/gsm.2020.133945.

Podjęta tematyka w tym cyklu publikacji dotyczy oceny przyszłego zapotrzebowania na węgiel kamienny w Polsce.

Autorka postawiła kilka pytań wymagających opracowania metody prognozowania, a dotyczących przyszłego zapotrzebowania na surowce energetyczne, w tym na węgiel kamienny. Zaproponowała modele zbudowane z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych LSTM (*Long Short-Term Memory*). Prace badawcze zostały wykonane z wykorzystaniem metodyki i zaproponowanej w ogólnodostępnych programach biblioteki *TensorFlow*.

Monografia „**Modelowanie zmian struktury miksu energetycznego Polski wynikających ze światowych megatrendów**” stanowi podsumowanie i rozwinięcie wcześniej opublikowanej (w artykułach stanowiących cykl) metody badawczej zastosowanej w tej pracy do prognozowania miksu energetycznego Polski w scenariuszowych założeniach wynikających obserwowanych megatrendów.

Monografia składa się z 11 rozdziałów – w tym z wstępu i podsumowania, na 191 stronach tekstu. Zawiera 175 pozycji literaturowych, 80 rysunków i 31 tabel.

W rozdziale 2 przedstawiono cel główny podjętych badań, jakim jest prognoza zużycia węgla w horyzoncie do 2040 roku. Zdefiniowano również cele szczegółowe służące realizacji celu głównego:

- Analiza gospodarki surowcami energetycznymi została wykonana w rozdziale 3, gdzie bardzo ogólnie sklasyfikowano nośniki energii, również pod względem ich wartości opałowej oraz emisyjności. Podrozdział dotyczący ryzyka związanego z gospodarką paliwami i energią został ograniczony do analizy ryzyk w sektorze energetycznym. Recenzentka nie dopatrzyła się w tekście konkluzji zapowiadanych na rys. 2.1 w schemacie założeń badawczych pracy:
 - Uzyskanie poziomu emisyjności CO₂ z węgla na zbliżonym poziomie do gazu ziemnego i niższym niż biogazu (węgiel wykazuje wysokie emisje SO₂ i NO_x), choć takie wnioski można wyciągnąć z analizy załączonej tabeli 3.5, lecz Autorka ich nie sformułowała w tym rozdziale,
 - Identyfikacja obszarów ryzykownych wpływających na rozwój sektora górnictwa – te przedstawiono dla sektora energii ogólnie bez analizy w jakim stopniu ryzyka sektora elektroenergetycznego przenoszą się na ryzyka związane z wydobyciem węgla.
- Analiza bazy zasobowej Polski przedstawiona jest w rozdziale 4. Przedstawiono klasyfikację zasobów, kryteria bilansowości: węgla kamiennego, metanu, gazu ziemnego, ropy naftowej i energetyki odnawialnej. W podrozdziale dotyczącym wykorzystania kopalnych surowców energetycznych przedstawiono wielkości zasobów i ich krajowe wydobycie w 2018 roku. Omówiono również potencjał odnawialnych źródeł energii. Dwie

strony tekstu poświęcono projektom związanym z budową energetyki jądrowej w kraju. Zasadniczymi efektami badań związanymi z analizą bazy zasobowej jest:

- Analiza SWOT bazy paliwowo-surowcowej wykonana w podrozdziale 4.4, przedstawia w formie tabelarycznej wady i zalety różnych nośników energii (odnawialnych i nieodnawialnych), co jest mocno uproszczonym podejściem do analizy SWOT, gdzie należy wskazywać mocne i słabe strony oraz szanse i zagrożenia.
- Recenzentka nie doszukała się zapowiadanego efektu badań w postaci zapowiadanej na rys. 2.1: identyfikacji złóż węgla dostępnych na terytorium Polski bez dodatkowych inwestycji. Takiego podziału złóż nie ma i raczej nie jest możliwe wydobycie węgla bez inwestycji w roboty udostępniające i przygotowawcze.

Rozdział 5: Krajowy bilans paliwowo-energetyczny – stan obecny i perspektywy rozwoju omawia światowe trendy w produkcji energii ze wskazaniem na jej stały wzrost, przy jednoczesnym spadku produkcji w Unii Europejskiej, a następnie skupiono się na strukturze bilansu energetycznego w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem zmian w zakresie użytkowania węgla. Omówiono również przewidywania na przyszłość zawarte w dokumencie Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku (PEP2040), który jest uwarunkowany z jednej strony istniejącymi zasobami surowców rodzimych, z drugiej zaś zobowiązaniami wynikającymi z faktu, że Polska jest członkiem Unii Europejskiej.

Rozdział 6: Trendy wydobycia i sprzedaży węgla energetycznego na świecie i w Polsce pokazuje produkcję i zużycie węgla w różnych regionach świata w latach 2009–2019 i zmienność cen tego surowca na przestrzeni ostatnich 20 lat. Podrozdział 6.2 poświęcony jest problematyce jakości sortymentów węgla nabywanych przez różnych odbiorców oraz dywagacje na temat różnic w jakości węgla spalanych w energetyce w Polsce i na świecie. Autorka postuluje rozwój technologii wzbogacania węgla w kraju.

Rozdział 7 poświęcony jest zagadnieniom bezpieczeństwa energetycznego. Jest to trzeci ze zidentyfikowanych przez Autorkę celów szczegółowych (rys. 2.1). Efektem badań jest wykazanie, że dostęp do własnych zasobów węgla kamiennego jest kluczowym czynnikiem decydującym o wysokim poziomie bezpieczeństwa energetycznego Polski. Autorka udowadnia postawioną tezę przedstawiając wskaźnik zależności importowej Polski na tle innych krajów europejskich oraz wyznaczając wskaźnik dywersyfikacji dostaw (w Polsce najniższy spośród analizowanych krajów) oraz wskaźnik ryzyka dostaw zewnętrznych REES. W podrozdziale 7.2 Autorka zajęła się analizą obowiązujących Polskę regulacji unijnych w zakresie walki ze zmianami klimatu oraz szczegółowym omówieniem założeń leżących u podstaw dokumentu Polityka Energetyczna Polski. Wskazuje, że transformacja energetyczna Polski będzie bardzo kosztowna.

Rozdział 8 identyfikuje megatrendy, które mają dominujący wpływ na przemysł energetyczny. Są to:

- redukcja emisji i zmniejszenie znaczenia paliw kopalnych,
- rozwój technologii odnawialnych źródeł energii i możliwości technicznych wytwarzania energii,
- poprawa efektywności energetycznej.

Począwszy od strony 119 w recenzowanej monografii zaczyna się zasadnicza część, którą można oceniać w kategoriach osiągnięcia naukowego. Rozdział 9 poświęcony jest metodologii prognozowania zużycia surowców energetycznych. Podjęty problem naukowy dotyczy opracowania modelu matematycznego i identyfikacji zmiennych diagnostycznych mających wpływ na poziom zużycia węgla na rynku wewnętrznym. W podrozdziale 9.1 opisano model matematyczny w architekturze LSTM, oraz metody weryfikacji jego poprawności, natomiast w podrozdziale 9.2 opisano zastosowany algorytm, który posłużył do uczenia się sieci LSTM w układzie: zbiór danych uczących (70%) i zbiór danych testowych (30%). Powstały w ten sposób teoretyczne modele finalnego zużycia poszczególnych nośników energii: gazu ziemnego, ropy naftowej, węgla, biopaliw i odpadów stałych, energii słonecznej i wiatrowej, energii elektrycznej i ciepła. Modele zostały ocenione, metodami statystycznymi i uznano, że nadają się do prognozowania. Dokonano zatem prognozy każdego z nośników na lata 2020, 2030 i 2040 uzyskując prognozę miks zapotrzebowania na energię finalną. Autorka pisze (str. 143 pierwszy akapit):

„W miksie tym przyjęto założenie spełnienia wymagań Komisji Europejskiej do 2030. Oznacza to zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 40% w porównaniu z emisją z 1990 r., co najmniej 32-procentowy udział źródeł odnawialnych w zużyciu finalnym energii brutto i wzrost efektywności energetycznej o 32,5%.”

W żadnym miejscu publikacji nie wskazano w jaki sposób w modelu te założenia były uwzględnione. Natomiast z danych na rysunku 9.12 widać, że w 2030 roku zaprognozowane wielkości zapotrzebowania na energię finalną z OZE (w ktoe) to: energia słońca i wiatru = 112 + energia z biopaliw+odpadów stałych = 8215, co razem daje 8327 ktoe, a w strukturze miks (na poziomie ogółem wynoszącym w modelu 86,89 Mtoe) stanowi to około 9,6%. Tak więc model prognozy energii finalnej wywiedziony z procesu uczenia się LSTM został powielony na lata następne bez uwzględnienia opisanych założeń.

W dalszym ciągu tego rozdziału Autorka zajęła się metodologią prognozowania zużycia energii pierwotnej. W rozdziale 9.3.1 przedstawiła sposób budowy modelu zużycia węgla kamiennego. Opisała potencjalne zmienne niezależne, które mogą wpływać na zużycie węgla. Po szczegółowej analizie statystycznej z 11 zmiennych dotyczących zużycia: ropy naftowej, gazu ziemnego, energii wodnej, energii słonecznej, energii wiatrowej, biomasy, a także: emisji gazów cieplarnianych, produktu krajowego brutto, eksportu węgla, importu węgla oraz efektywności energetycznej okazało się, że w wyniku zbyt wysokiej korelacji z wielkością zużycia węgla wykluczono ze zmiennych objaśniających import i eksport węgla, PKB oraz emisję gazów cieplarnianych.

Testując innymi metodami wykluczono również efektywność energetyczną, jako że jej współczynnik zmienności był zbyt niski. Przy badaniu zmiennych metodą największego prawdopodobieństwa Autorka wskazała 5 najlepszych predyktorów dla zużycia węgla kamiennego: zużycie ropy naftowej, eksport węgla, zużycie gazu ziemnego, produkt krajowy brutto oraz zużycie OZE. Dalej Autorka przedstawiła model teoretyczny zużycia węgla kamiennego wykonany z wykorzystaniem sieci LSTM (rys. 9.18). Niestety, nawet po wielokrotnym przeczytaniu tego fragmentu publikacji Recenzentka nie była w stanie stwierdzić jakie ostatecznie zmienne objaśniające budowały ten model teoretyczny. Otwarte pozostaje

pytanie czy eksport węgla i PKB mogą stanowić zmienne objaśniające skoro ich współczynnik korelacji ze zużyciem węgla kamiennego jest wysoki? Czy zastąpienie kilku rodzajów energii odnawialnej jedną wielkością sumaryczną (zużycie OZE) nie spowodowało, że w badaniu korelacji między tą zmienną a wielkością zużycia węgla współczynnik korelacji byłby zbyt wysoki?

W rozdziale 9.3.2 Autorka zaprognozowała strukturę energii pierwotnej, do czego wykorzystała zbudowany wcześniej teoretyczny model wielkości zużycia węgla oraz korzystając z danych historycznych zbudowała modele teoretyczne zużycia ropy, gazu i energii OZE. W kolejnym kroku wykonała predykcję miks energii pierwotnej, na którą złożyły się wymienione powyżej 4 nośniki energii (węgiel, ropa, gaz i OZE). W tym miejscu nie opisano w jaki sposób i przy jakich założeniach wykonano tę prognozę. Autorka pisze (str. 155):

„Punktem wyjściowym modelu był zbudowany miks energii finalnej, który generuje przyszłe zapotrzebowanie na energię oraz inne surowce energetyczne. Miks ten opierał się na założeniach dotyczących czynników zewnętrznych, które pochodzą spoza sektora energetycznego. Wśród nich za najważniejsze należy uznać trendy makroekonomiczne.”

To z całą pewnością nie wyjaśnia jak te prognozy zostały wykonane!

W ostatnim merytorycznym rozdziale 10: Scenariusze zmian struktury miks energetycznego z uwzględnieniem megatrendów Autorka przedstawia 3 scenariusze, które mają obrazować możliwe zmiany miksów energetycznych. Scenariusze przedstawione są w sposób opisowy a wyjaśnienie w jaki sposób realizowane są te założenia w modelu jest bardzo skąpe i ogólnikowe. Dowiadujemy się tylko, że „W modelu zużycia węgla uwzględniono zmienne sterujące, do których należało zużycie gazu ziemnego, gazu ziemnego i OZE.” a dalej, że „Ze względu na fakt, że zestaw danych wejściowych do modelu nie zawiera zmiennych związanych z efektywnością energetyczną, emisją CO₂, zdecydowano się zawrzeć te informacje w prognozie struktury miks zużycia energii finalnej i będą one wprowadzone w modelu jako wagi korygujące”.

Brak szczegółowego omówienia tych zmiennych sterujących oraz wag korygujących nie pozwala na powtórzenie przeprowadzonych badań przez innych badaczy – a co za tym idzie obniża wartość poznawczą opracowanej przez Autorkę i przedstawionej metody prognozowania.

W artykule opublikowanym w 2020 roku w czasopiśmie *Gospodarka Surowcami Mineralnymi – Mineral Resources Management*” (wg MNiSW - 70 pkt) w 2020 roku: **„Using the LSTM network to forecast the demand for hard coal”** (Wykorzystanie sieci LSTM do prognozowania zapotrzebowania na węgiel kamienny), gdzie przy wykorzystaniu analizy składowych głównych oraz sieci neuronowych zbudowała model prognostyczny wielkości sprzedaży węgla kamiennego na rynku krajowym. W modelu uwzględniła założenia Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu (KPEiK) dotyczące zapotrzebowania na energię pierwotną i finalną zgodnie ze scenariuszem odniesienia oraz polityki energetycznej i klimatycznej. Model bazuje na sztucznych sieciach neuronowych i pamięci długotrwałej (LSTM).

W wyniku szczegółowych analiz statystycznych jako zmienne objaśniające zostały wybrane dane dotyczące: zużycia gazu ziemnego i energii odnawialnej oraz import węgla. Autorka zbudowała dobrze dopasowany model teoretyczny, który następnie posłużył do prognozowania zużycia węgla do roku 2030.

Z opracowanego modelu wynika, prognozowana wielkość sprzedaży węgla kamiennego na rynku krajowym obniży się o 19% w porównaniu z 2019 r. Wynika to ze wzrostu zużycia gazu ziemnego i odnawialnych źródeł energii, a także zwiększonego importu oraz ograniczenia spalania paliw stałych o wysokich współczynnikach emisji.

Artykuł analizuje ważny i aktualny problem poziomu zapotrzebowania na węgiel kamienny w świetle zmian transformacyjnych kraju. Opis metody jest przedstawiony poprawnie i w zrozumiałym sposób – w nieco odmiennej formie w porównaniu z rozwiniętą wersją, która jest publikowana w monografii. Przedstawiono Założenia są omówione a sposób ich realizacji jest klarownie opisany. Jedynym mankamentem jest to, że Autorka wspomina o dwóch scenariuszach w zakresie zapotrzebowania na energią pierwotną i finalną, z czego wywodzi, że wynik powinien być przedziałem wartości – natomiast wskazana w wyniku analizy wartość krajowej sprzedaży węgla podana jest jedną liczbą z przedziałem ufności, który wynika z dokładności prognozy a nie z przedziału wielkości w założeniach scenariuszowych Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu do 2030 roku.

W kolejnym artykule przedstawionym do oceny jako cykl publikacji jest opublikowany w 2020 r. w czasopiśmie Applied Sciences (wg MNiSW – 70 pkt): „**Using the LSTM network to forecast the demand for electricity in Poland**” (**Wykorzystanie sieci LSTM do prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce**) którego celem było określenie wielkości popytu na energię finalną. Zadanie zostało wykonane przy użyciu modelu opartego na sieci LSTM. Metoda została starannie opisana. Opisano również metody weryfikacji poprawności modelu. Do realizacji zadania posłużono się historycznymi seriami danych dotyczących zużycia energii elektrycznej w poszczególnych sektorach gospodarki kraju: przemysł, transport, mieszkalnictwo, usługi handlowe i publiczne, sektor: rolnictwo/leśnictwo/rybołówstwo. Uzyskano modele teoretyczne dla poszczególnych sektorów gospodarki, które miały dobre dopasowanie do danych rzeczywistych. Na tej podstawie dokonano predykcji zapotrzebowania na energię elektryczną dla każdego z sektorów, a poprzez ich złożenie uzyskano prognozę zapotrzebowania na energię elektryczną w horyzoncie 2040.

W artykule Autorka zajęła się również opisem zagadnienia bezpieczeństwa energetycznego Polski w kontekście zaostreżających się regulacji Unii Europejskiej, stopniem wypełnienia zobowiązań Polski w zakresie redukcji emisji CO₂. Omówiła strukturę paliwową produkcji energii elektrycznej ze wskazaniem węgla jako głównego paliwa. Na rysunkach przedstawiła serie danych historycznych dotyczących zapotrzebowania na energię elektryczną przez poszczególne sektory gospodarki. Artykuł jest starannie opracowany. Przedstawiony model może służyć sektorowi elektroenergetycznemu do wspierania procesu podejmowania decyzji w zakresie zarządzania energią.

Moje wątpliwości budzi fakt, że seria składająca się z 27 danych rocznych posłużyła do predykcji na 22 lata – do 2040 roku. O ile prognozy na lat 5 lub 10 mogą jeszcze mieścić się

w granicach błędu, to zdolności uczenia maszynowego raczej nie będą sięgać tak długiego okresu do przodu.

Opublikowany artykuł jest – moim zdaniem – pierwszym podejściem Autorki do prac związanych z prognozowaniem za pomocą sieci LSTM. W kolejnych badaniach zauważyła bowiem, że konieczne jest uwzględnienie pewnych korekt w postaci założeń co do kierunków zmian jakie zachodzą w gospodarce i otoczeniu, aby prognoza z większą dokładnością mogła się do nich dostosować.

W artykule dotyczącym prognozowania zapotrzebowania na węgiel kamienny zostały takie założenia wprowadzone w postaci zapotrzebowania na energię pierwotną i finalną, a w monografii udoskonaliła i rozwinęła metody budowy zarówno modeli teoretycznych (bazujących na danych historycznych), jak również wprowadza zmienne sterujące i wagi korygujące, które sterują wielkościami prognozowanymi w konkretnym kierunku.

Zastosowanie przez habilitantkę sztucznych sieci neuronowych (ANN), które jest coraz częściej stosowane do rozwiązywania problemów prognozowania w warunkach serii danych objaśniających o niewielkiej długości oraz danych niestacjonarnych, jest kierunkiem słusznym i stanowi o dokonaniu postępu w zagadnieniach związanych z prognozowaniem sektora energii. Wybór przez nią metody LSTM jest rozwiązaniem pozwalającym na uzyskiwanie precyzyjniejszych wyników. W tym aspekcie uważam, że Habilitantka wykonała dobry krok w kierunku rozwiązania problemu naukowego jakim jest długoterminowe prognozowanie zapotrzebowania na paliwa – czy też miks energetyczny.

Zmieniające się nieustannie możliwości funkcjonowania systemu energii w warunkach ograniczeń krajowych i unijnych, przy ciągłej restrukturyzacji i zmian systemowych, a także w warunkach zmian o charakterze innowacyjnym i technologicznym prowadzą do tego, że modele liniowe nie nadają się do takich prognoz, bo zbiór danych, które mogą być wykorzystane jest niewielki. Wobec tego pomysł wykorzystania sieci LSTM jest słuszny.

Zanim jednak przejdę do konkluzji, pozwolę sobie na wyrażenie kilku uwag, które dotyczą jakości pracy Habilitantki, jaką zaobserwowałam czytając (kilkakrotnie) monografię.

Otóż monografia ta jest wydana – ewidentnie – z pominięciem korekty autorskiej i redakcyjnej.

Na każdej ze stron można znaleźć jakieś uchybienia.

- Najpowszechniejszym błędem jest niepoprawne powołanie na literaturę. W zasadzie, ponad połowa cytowań jest niepoprawna. Aby dać przykład:

Str. 14: „Zgodnie z definicją ... ustawy Prawo energetyczne z 2005 r. [171]”, podczas gdy pozycja [171] w spisie literatury to: [171] Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej (t.j. Dz. U. z 2016 r. poz. 83).

Str. 36: podpis pod rysunkiem: „Kryteria bilansowości dla energetyki odnawialnej Źródło: [148]”, w spisie literatury: [148] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 sierpnia w sprawie ustanowienia Pełnomocnika Rządu ds. Polskiej Energetyki Jądrowej ...”

Takich przykładów jest bardzo wiele: np. powołanie na publikację z 2001 – gdy dane „cytowane” w monografii dotyczą roku 2019 – rysunek na str. 51, powołanie na publikację, której numer jest wyższy niż ostatnia publikacja w spisie literatury itp.;

- Inne powszechne występujące uchybienie to przepisane w zdaniach cyfr, które są zestawione w tabeli. (np. str. 37);
- Niepoprawna nazwa regionu wydobywania ropy i gazu: *Podgórze* zamiast *Przedgórze Karpat* (str. 39 i 41);
- Brak spójności danych w tekście z danymi tabelaryzowanymi: (str. 40: „*W Polsce złoża ropy naftowej występują w Karpatach – 29 złóż ...*” podczas gdy w tabeli 4.10 – str. 41 jest wpisane: 24 złoża;
- Bardzo nieprecyzyjne podpisy rysunków: np.:
Rys. 4.8: Struktura odnawialnych źródeł energii w Polsce w 2019 r. – struktura czego? Produkcji czy jednego z potencjałów - bo o tym była mowa w tekście powyżej,
Rys. 4.11 Rozmieszczenie instalacji fotowoltaicznych w Polsce (brak że według województw i nie wiadomo z którego roku są te dane – w powołaniu – prawo energetyczne – niemożliwe!),
Rys. 5.6. Ilość węgla w Europie (o co chodzi: :zasoby, produkcję, zużycie, handel ...?);
- Niepoprawne sformułowania: np.
Str. 70: „*to skutkowałoby wzrostem kosztów jednostkowych, wynikających z bardzo wysokich wydatków stałych*” - zamiast kosztów stałych;
Str. 82: „*Światowe rezerwy węgla ...*” zamiast zasoby węgla; „*bitum*” zamiast węgiel bitumiczny;
- Absurdalnie niepoprawny Rys. 5.10 (podpisy niezgodne z osią pionową, brak wyjaśnienia dla różnicy między słupkiem będącym sumą poszczególnych zużytych nośników a sumaryczną wielkością, która jest wykreślona linią);
- Tylko jeden rysunek (rys. 6.2) dotyczący produkcji i zużycia węgla jest w EJ, podczas gdy cała praca jest ktOE;
- Str. 113. „*Obecny potencjał rozwoju odnawialnych źródeł energii w Polsce pokazano na rys. 8.3*” a na rysunku pokazano ilość energii elektrycznej wytworzonej z OZE;
- Str. 114. Rys. 8.4: Wśród cen energii z OZE są takie wielkości jak LCOE 2017; LCOE 2020 – rysunek jest zupełnie nieczytelny;
- Str. 116: rys. 8.5 – wydajność energetyczną podano w [ktOE];
- Str. 123: rys. 9.1 Analiza miar rozproszenia: odchylenie standardowe podano w [ktOE];
- Str. 145: Rys. 9.15 przedstawia statystyki opisowe dla zmiennych objaśniających – jednostką na osi Y jest zużycie paliw [ktOE], a dane dotyczą (oprócz paliw) również emisja dwutlenku węgla. Produkt krajowy brutto czy efektywność energetyczna.

Aby już więcej nie wymieniać takich „drobiazgów” które utrudniają czytanie i zrozumienie tekstu, podsumuję tę sprawę w następujący sposób:

Autorka się nie przyłożyła do korekty i nie była wystarczająco staranna w precyzyjnym formułowaniu zdań. Odnoszę również wrażenie, że woli się posługiwać pismem rysunkowym a nie tekstem. Przykładem może być Rozdział 10, gdzie wyniki całej pracy badawczej opisane są na dziewięciu rysunkach z niewielkim komentarzem, w którym przepisano liczby w rysunkach.

W przeciwieństwie do monografii dwa pozostałe artykuły charakteryzują się dobrym poziomem edycyjnym i językowym a także merytorycznym.

5. Podsumowanie

Przy dużej dozie tolerancji dla jakości wydanej monografii, podsumuję jedynie stronę merytoryczną przedstawionych prac. Stwierdzam, że pomysł i sposób realizacji zadania badawczego polegającego na zastosowaniu sztucznych sieci neuronowych – sieci *Long-Short Term Memory* (LSTM)) jest dobry i stanowi wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Stwierdzam również, że monografia, która ostatecznie zamyka cykl badań Habilitantki ujmuje w sposób niezwykle ogólnikowy szereg zagadnień, zwłaszcza tych dotyczących sposobu modyfikacji modeli przy przejściu z weryfikacji do predykcji w warunkach wymuszonych. Nie zostało to opisane w sposób wystraczający. Wyniki nie zostały poddane dogłębnej analizie naukowej. Dlatego stwierdzam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe jedynie w dostatecznym stopniu spełnia wymagania jakie przewidziane są odpowiednimi przepisami.

Podpisała Lidia Gawlik