

Marek KOTT

Politechnika Wrocławska

CHARAKTERYSTYKA ZUŻYCIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH

Efektywność energetyczna oraz gospodarstwo domowe są coraz częściej ze sobą zestawianymi pojęciami. Efektywność energetyczna dotyczy szeroko rozumianej polityki energetyczno-klimatycznej, jak również stanowi istotny czynnik wpływający na wysokość kosztów produkcji przedsiębiorstw (a tym samym na ich zyski) oraz wpływa na rozwój społeczno-gospodarczy. Sektor gospodarstw domowych charakteryzuje się dynamicznym wzrostem zużycia energii (od początku XXI wieku zużycie energii w Polsce w tym sektorze gospodarki narodowej wzrosło o ok. 25%). Zatem poprawa efektywności w sektorze gospodarstw domowych jest jednym z istotnych elementów budujących konkurencyjną, niskoemisyjną gospodarkę.

W ostatnich latach Komisja Europejska zwróciła szczególną uwagę na poprawę efektywności w sektorze gospodarstw domowych i poczyniła w tym kierunku wiele wysiłków, tj.: promowanie oszczędnego oświetlenia, dopłaty do przydomowych mikro-instalacji OZE, wymóg etykietowania energetycznego urządzeń AGD oraz szeroko rozumiana liberalizacja rynku energii elektrycznej.

W referacie zaprezentowano dane dotyczące zużycia energii elektrycznej przez sektor gospodarstw domowych w Polsce oraz w wybranych krajach UE. Określono główne czynniki wpływające na krajowy wskaźnik zużycia energii w badanym sektorze za pomocą modelowania ekonometrycznego.

1. Zużycie energii elektrycznej przez gospodarstwa domowe w Polsce i wybranych krajach europejskich

Gospodarkę narodową można podzielić na następujące sektory: przemysłowy, transportowy, rolniczy, usług oraz gospodarstw domowych. Skuteczna działalność polityczno-gospodarcza powinna opierać się na zdobywaniu informacji o tych sektorach. Zdobyte dane, efektywnie wykorzystane w procesie prognozowania i symulacji, mogą przyczynić się do tworzenia odpowiednich regulacji prawnych. Kluczowe zatem jest opracowanie, a następnie wdrożenie zrównoważonej polityki energetycznej, która jest jednym z najważniejszych zadań stawianych przed państwem.

Do celów porównawczych zestawiono dane dotyczące Polski oraz wybranych krajów UE, takich jak:

- Niemcy – kraj o podobnych warunkach klimatycznych i wysokorozwiniętej gospodarce,
- Czechy i Słowacja – państwa sąsiadujące o porównywalnych uwarunkowaniach gospodarczo-ekonomicznych,
- Hiszpania, którą można porównać do Polski pod względem liczby mieszkańców,
- Irlandia – o podobnej liczbie osób tworzących gospodarstwo domowe,
- Szwecja – o zbliżonym zużyciu energii elektrycznej do Polski i o znacznie ostrzejszym klimacie.

W tabeli 1 zestawiono podstawowe informacje o ww. państwach.

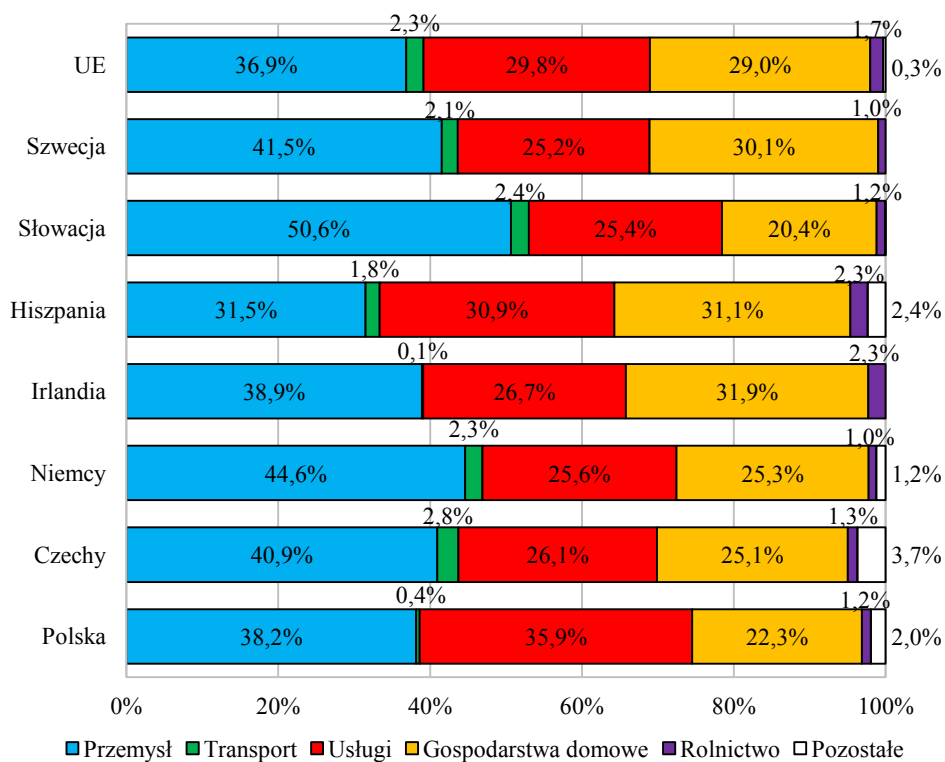
Tabela 1

Podstawowe informacje o państwach [1, 3]

| Kraj | Populacja | | Liczba gospodarstw domowych | | Finalne zużycie energii elektrycznej | |
|-----------|-----------|---------|-----------------------------|---------|--------------------------------------|---------|
| | mln | % | mln | % | TWh | % |
| EU | 506,1 | 100,00% | 211,2 | 100,00% | 2706,3 | 100,00% |
| Szwecja | 9,5 | 1,89% | 4,7 | 2,24% | 122,2 | 4,52% |
| Słowacja | 5,4 | 1,07% | 1,8 | 0,86% | 24,2 | 0,89% |
| Hiszpania | 47,3 | 9,34% | 18,1 | 8,55% | 227,4 | 8,40% |
| Irlandia | 4,6 | 0,91% | 1,6 | 0,79% | 24,1 | 0,89% |
| Niemcy | 80,4 | 15,89% | 40,7 | 19,25% | 512,8 | 18,95% |
| Czechy | 10,5 | 2,08% | 4,7 | 2,21% | 56,2 | 2,08% |
| Polska | 38,5 | 7,61% | 14,6 | 6,93% | 125,9 | 4,65% |

W 2014 roku w Polsce zużycie finalne energii elektrycznej wyniosło niespełna 126 TWh, co stanowiło 4,65% ogółu zużywanej energii elektrycznej w krajach UE. Dla porównania sektor gospodarstw domowych w Niemczech w tym samym okresie potrzebował 129 TWh energii elektrycznej. Krajowe finalne zużycie w sektorze gospodarstw domowych wyniosło 28 TWh (3,6% udziału w zużyciu energii w tym sektorze w UE).

Przytoczone dane wskazują na fakt, że krajowy profil zużycia energii elektrycznej uwzględniający sektorowy podział gospodarki narodowej różni się znacząco od typowego profilu krajów UE. Największe różnice można zauważyć w sektorach usług i gospodarstwach domowych (rys. 1.). W Polsce gospodarstwa domowe finalnie zużywają 22,3% energii elektrycznej, podczas gdy średnia unijna jest wyższa i wynosi 29%. Odwrotnie prezentuje się sytuacja w sektorze usług. Procentowe zużycie energii elektrycznej w tym sektorze w Polsce jest o 6% wyższe niż w krajach UE. Warto również zauważyć, że sektor transportowy na swoje potrzeby zużywa jedynie 0,4% energii elektrycznej. Świadczyć to może o stosunkowo niewielkim znaczeniu transportu szynowego w Polsce.

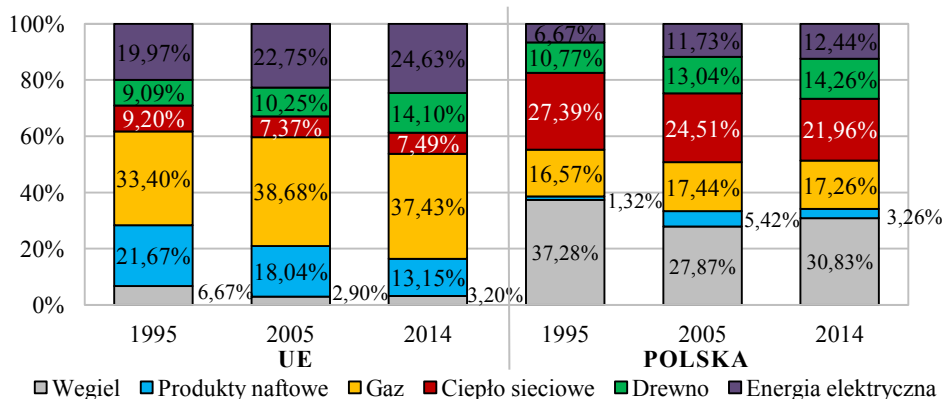


Rys. 1. Finalne zużycie energii elektrycznej w sektorach gospodarczych [4]

W 2014 roku energia elektryczna stanowiła 12,44% z całości zużytej energii w gospodarstwach domowych. Wartość ta jest o połowę mniejsza od średniej unijnej, która wynosi 24,5%. Dominującym nośnikiem energii w Polsce jest węgiel kamienny, który zaspokaja 31% zapotrzebowania na energię. Drugim, pod względem ważności nośnikiem jest ciepło sieciowe. Udział w zużyciu energii w gospodarstwach domowych ciepła sieciowego systematycznie od lat '90 XX wieku spada, ale i tak jest 3-krotnie wyższy od średniej krajów unijnych. Kolejnymi nośnikami energii, w hierarchii ważności, są gaz oraz drewno charakteryzujące się odpowiednio 17% i 14% udziałem w strukturze zużycia energii w sektorze gospodarstw domowych. Udział produktów naftowych w Polsce jest niewielki i wynosi nieco ponad 3%. Finalne zużycie nośników energii elektrycznej dla Polski na tle średniej krajów UE zostało przedstawione na rysunku 2.

W Polsce w 2014 roku było 14,6 mln gospodarstw domowych i stanowiły one niespełna 7% gospodarstw domowych w UE. Ponad 50% z nich charakteryzowało się powierzchnią nie przekraczającą 60 m² i kubaturą do 200 m³, którą zamieszkiwały najczęściej 2-3 osoby (średnia 2,8 osoby na gospodarstwo

domowe). Średnia wielkość gospodarstwa domowego w UE to 94 m², a średnia liczba mieszkańców to 2,3 osoby. W ciągu ostatniego dziesięciolecia w Polsce jest zauważalny systematyczny spadek średniej liczby osób w gospodarstwie domowym przy jednoczesnym powiększaniu się powierzchni tych gospodarstw.



Rys. 2. Finalne zużycie nośników energii w sektorze gospodarstw gospodarczych

Charakterystyka gospodarstw domowych, z punktu widzenia zużycia energii elektrycznej, została przygotowana w oparciu o wytyczne opisane w dokumencie opublikowanym przez Eurostat - *Manual for statistics on energy consumption in household*. Odbiorniki energii elektrycznej zgodnie z tą publikacją zostały podzielone na 6 grup:

- urządzenia do ogrzewania pomieszczeń,
- urządzenia do podgrzewania wody,
- urządzenia do gotowania posiłków,
- urządzenia do chłodzenia pomieszczeń,
- oświetlenie, sprzęt AGD i RTV,
- pozostałe, nie wymienione w innych grupach.

Udział procentowy wymienionych grup odbiorników został przedstawiony w tabeli 2. Porównując Polskę do średniej krajów UE można zauważyć znaczące różnice w procentowym udziale grupy urządzeń elektrycznych służących do ogrzewania pomieszczeń. W Polsce wskaźnik ten wynosi ok. 8% natomiast dla średniej krajów europejskich wynosi 20%. Wartość tego wskaźnika potwierdza fakt, że w Polsce w dalszym ciągu węgiel jest podstawowym nośnikiem energetycznym służącym do produkcji ciepła dla gospodarstw domowych (rys. 2 i tab. 2).

Grupą urządzeń, które zużywają najwięcej energii elektrycznej w gospodarstwie domowym w Polsce są sprzęt AGD i RTV. Udział tych urządzeń w zużyciu energii elektrycznej w Polsce wynosi 66%, a w UE to ok. 50%. Jedną z przyczyn wysokiej wartości tego wskaźnika w Polsce jest stosunkowo duży udział urządzeń o niższych klasach energetycznych [5].

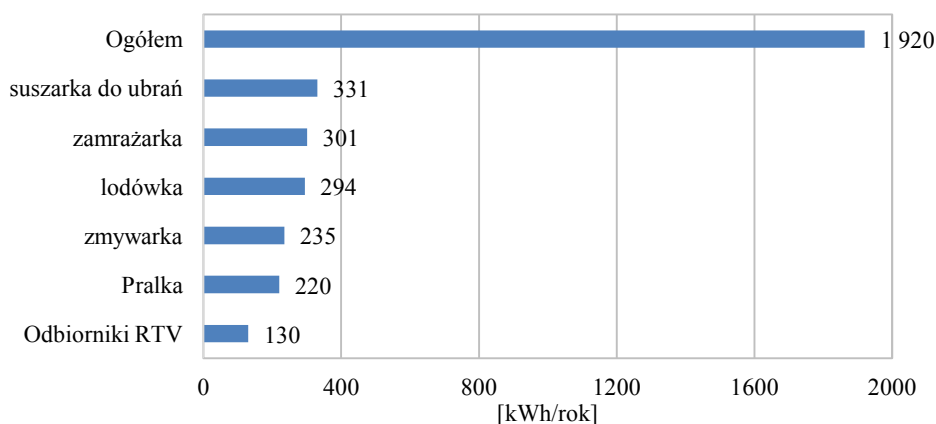
Tabela 2

Zużycie energii elektrycznej w sektorze gospodarstw domowych według odbiorników [2, 3]

| Kraj | Zużycie energii TWh | Procentowe zużycie energii elektrycznej w gospodarstwie domowym | | | | | |
|-----------|------------------------|---|--------------------|--------------------|------------|-------------|------------------------|
| | | Ogrzewanie | Przygotowanie wody | Gotowanie posiłków | Sprzęt AGD | Oświetlenie | Chłodzenie pomieszczeń |
| EU | 785,1 | 20,3% | 10,8% | 10,1% | 49,2% | 9,7% | - |
| Szwecja | 36,8,5 | 32,6% | 4,0% | 3,9% | 50,2% | 9,3% | - |
| Słowacja | 4,9 | 9,0% | 5,2% | 1,2% | 77,2% | 7,4% | - |
| Hiszpania | 70,7 | 23,2% | 12,3% | 3,2% | 48,1% | 10,8% | 2,3% |
| Irlandia | 7,7 | 14,3% | 21,6% | 12,9% | 44,0% | 7,2% | - |
| Niemcy | 129,6 | 6,4% | 13,9% | 16,6% | 53,8% | 9,3% | - |
| Czechy | 14,1 | 17,6% | 20,2% | 19,7% | 37,2% | 5,2% | - |
| Polska | 28,1 | 8,0% | 8,0% | 11,0% | 66,0% | 7,0% | - |

Etykietowanie odbiorników energii elektrycznej jest niezmiernie istotne z punktu widzenia poprawy efektywności energetycznej gospodarstw domowych. Informacje dostępne na etykietach dostarczają konsumentom rzetelnych oraz czytelnych informacji o nabywanych przez nich produktach AGD oraz źródłach światła.

Na podstawie etykiet energetycznych wybranych urządzeń AGD oraz danych empirycznych sporządzono wykres rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną przez średniej wielkości gospodarstwo domowe (rys. 3). Z wykonanych obliczeń wynika, że przechowywanie żywności stanowi niespełna 30% zużytej energii elektrycznej w gospodarstwie domowym. Na pranie i suszenie ubrań zużywa się 28% energii elektrycznej dostarczonej w ciągu roku. Kolejne urządzenia AGD to zmywarka (12%) i odbiorniki RTV (7%).



Rys. 3. Roczne zapotrzebowanie na energię elektryczną [1, 2, 3, 4]

Od początku transformacji lat '90 w Polsce, pomimo kilku globalnych przestojów i kryzysów ekonomicznych, widoczny jest stały rozwój społeczno-gospodarczy. Wpływa on wraz z postępowaniem technicznym na zużycie energii elektrycznej w sektorze gospodarstw domowych. W ciągu ostatnich 25 lat wykorzystanie energii elektrycznej zwiększyło się w tym sektorze o jedną czwartą, jednak wskaźnik ten pozostaje wciąż na jednym z najniższych poziomów spośród krajów Wspólnoty Europejskiej. Na tej podstawie można wnioskować, że ilość zużywanej energii w gospodarstwach domowych w Polsce będzie w ciągu najbliższych lat systematycznie wzrastać. Istotne jest więc określenie głównych czynników wpływających na zużycie energii w tym sektorze.

2. Modelowanie ekonometryczne zużycia energii elektrycznej w sektorze gospodarstw domowych

Modelowanie zużycia energii elektrycznej w sektorze gospodarstw jest procesem wielopłaszczyznowym i złożonym. Jednym ze sposobów na określenie głównych czynników wpływających na zużycie energii w sektorze gospodarstw domowych jest zastosowanie modelowania ekonometrycznego. Zmienną objaśnianą w takim modelu jest wskaźnik zużycia energii elektrycznej w badanym sektorze. Czynniki wpływające na ten wskaźnik zostały podzielone na trzy grupy: czynniki energetyczno-techniczne, czynniki finansowo-ekonomiczne oraz czynniki społeczne. Wybrane czynniki zostały zaprezentowane w pierwszej części referatu. W modelowaniu ekonometrycznym czynniki powinny spełniać kryteria merytoryczne: ujmować najistotniejsze własności analizowanych zjawisk, być precyzyjnie zdefiniowane, umożliwiać wzajemną kontrolę poprzez znajomość związków statystycznych i merytorycznych występujących między nimi oraz charakteryzować się zgodnością proporcji między liczbą zmiennych reprezentujących dany aspekt zjawiska a ich znaczeniem merytorycznym.

Czynniki spełniające wyżej wymienione kryteria mogą pełnić rolę zmiennych objaśniających w modelu ekonometrycznym. Liniowy model ekonometryczny z wieloma zmiennymi objaśniającymi ma postać:

$$Y = a_0 + \sum_{k=1}^K (a_k X_k) + \varepsilon \quad (1)$$

gdzie:

Y – zmienna objaśniana,

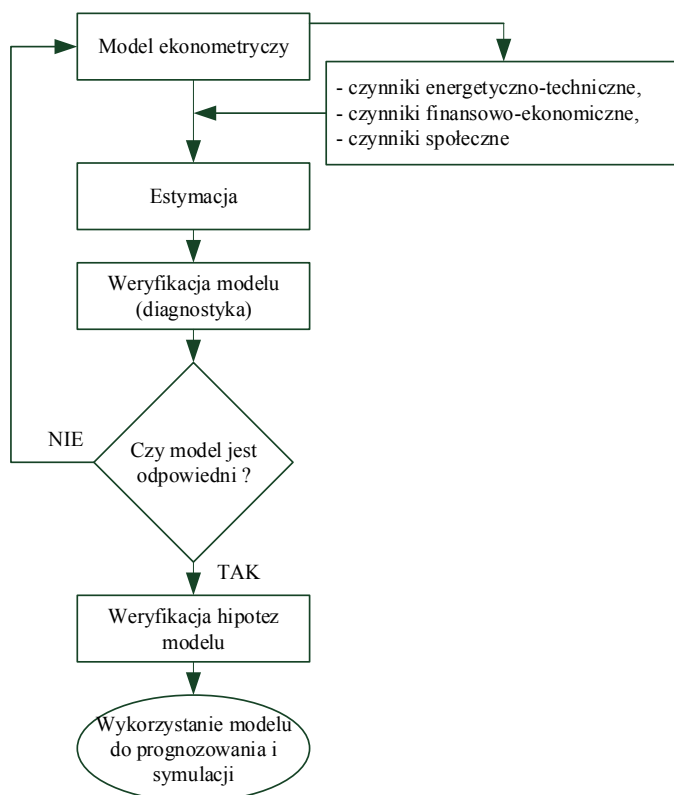
X_k – k -ta zmienna objaśniająca dla $k = 1, 2 \dots K$,

a_0, a_k – parametry strukturalne modelu dla $k = 1, 2 \dots K$,

ε – składnik losowy.

Do wyznaczenia poszczególnych parametrów modelu ekonometrycznego posłużono się klasyczną metodą najmniejszych kwadratów. Kolejne kroki w analizie ekonometrycznej zostały przedstawione na rysunku 4.

Do weryfikacji modelu ekonometrycznego wykorzystano szereg testów statystycznych, które umożliwia oprogramowanie GRET. Diagnostyka polegała na: ocenie współczynnika zmienności, ocenie istotności parametrów strukturalnych (test t-Studenta, test F-Snedecora), ocenie stopnia dopasowania modelu (czynnik determinujący R²), ocenie normalności rozkładu (test Jarque'a-Bery), ocenie liniowości postaci analitycznej modelu (test White) oraz ocenie współliniowości zmiennych objaśnianych.



Rys. 4. Schemat analizy ekonometrycznej

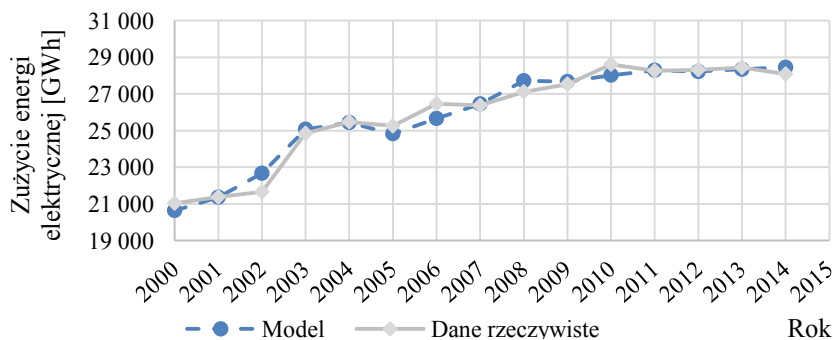
Parametry strukturalne skonstruowanego modelu ekonometrycznego zostały zaprezentowane w tabeli 3. Grupą czynników mających największy wpływ na wskaźnik zużycia energii elektrycznej są czynniki finansowo-ekonomiczne. Model uzupełnia zmienna objaśniająca o charakterze energetyczno-technicznym jaką jest procentowy wskaźnik wyposażenia gospodarstw w zmywarki do naczyń. Dla analizowanego okresu czasowego (lata 2000-2014) zmienne o charakterze społecznym nie miały istotnego wpływu na zmienną objaśnianą.

Tabela 3

Parametry strukturalne modelu zużycia energii elektrycznej w sektorze gospodarstw domowych

| Parametr | Wartość | Opis | Grupa czynników | Jednostka |
|----------|----------|--|-------------------------|------------------------------|
| a_0 | 44683,8 | stała | - | - |
| a_1 | 209,3 | Przeciętne miesięczne wydatki na 1 osobę na nośniki energii | finansowo-ekonomiczne | zł |
| a_2 | -173,6 | Przeciętne miesięczne wydatki na 1 osobę na wyposażenie gosp. domowego | finansowo-ekonomiczne | zł |
| a_3 | -1523,5 | Udział wydatków na użytkowanie mieszkania i nośniki energii w wydatkach ogółem | finansowo-ekonomiczne | % |
| a_4 | -27381,6 | Cena energia elektryczna dla gospodarstw domowych (taryfa G-11) | finansowo-ekonomiczne | zł/kWh |
| a_5 | -173,9 | Wyposażenie gospodarstw domowych w zmywarki do naczyń | energetyczno-techniczne | % ogółu gospodarstw domowych |

Na rysunku 5 zestawiono dane statystyczne zużycia energii elektrycznej przez gospodarstwa domowe [1] oraz wyniki uzyskane za pomocą modelu ekonometrycznego. Współczynnik determinacji R^2 dla prezentowanego modelu wyniósł 0,95.



Rys. 5. Zużycie energii elektrycznej w sektorze gospodarstw domowych

3. Podsumowanie

Zaprezentowana analiza porównawcza krajowego sektora gospodarstw domowych na tle wybranych krajów UE w kontekście polityki klimatyczno-energetycznej wykazała, że nadal istnieją różnice pomiędzy Polską, a wysokorozwiniętymi krajami Europy Zachodniej (Niemcy, Szwecja, Hiszpania). Największe różnice dotyczą mixu zużywanych nośników energii, samego sposobu jej użytkowania oraz jakości urządzeń elektrycznych.

Na podstawie przedstawionego modelu ekonometrycznego można natomiast wywnioskować, iż na zużycie energii elektrycznej przez sektor gospodarstw domowych w Polsce mają głównie wpływ czynniki o charakterze finansowo-ekonomicznym.

W najbliższych latach w krajowych gospodarstwach domowych należy spodziewać się dalszego wzrostu liczby urządzeń elektrycznych [5]. Aby wraz ze wzrostem liczby, głównie małych urządzeń elektrycznych, nie wzrastało znacząco zużycie energii należy zastosować szereg narzędzi wpływających na poprawę efektywności energetycznej w tym dziale gospodarki, tj.:

- powszechny i szeroki dostęp do informacji o etykietach energetycznych sprzętu oświetleniowego, AGD i RTV, realizowany m.in. za pomocą medialnych kampanii informacyjnych oraz serwisów internetowych,
- wdrożenie systemu powszechnej edukacji składającej się ze szkoleń wpływających na wzrost świadomości społecznej związanej z racjonalnym użytkowaniem energii w sektorze gospodarstw domowych,
- wprowadzenie systemu szkoleń zawodowych (dla instalatorów i sprzedawców) podnoszących kwalifikacje i umiejętności w doradzaniu, doborze i wykorzystaniu energooszczędnych technologii przeznaczonych dla odbiorców indywidualnych,
- wprowadzenie szeregu uregulowań prawnych ukierunkowanych na promocję efektywnego wykorzystania energii przez użytkowników końcowym ze szczególnym uwzględnieniem odbiorców indywidualnych,
- stworzenie kompleksowego systemu dofinansowania środkami publicznymi przedsięwzięć dotyczących potencjału efektywnego wykorzystania energii i zastosowania odnawialnych źródeł energii w budynkach wielo i jednorodzinnych; realne umożliwienie gospodarstwom domowym pełnego uczestnictwa w rynku energii elektrycznej (stanie się *prosumentem*).

Literatura

- [1] Bank Danych Lokalnych. <https://bdl.stat.gov.pl/BDL/start> (6.03.2016).
- [2] Date base Odyssee-Mure. <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/energy-efficiency-database.html> (2.03.2016).
- [3] Eurostat: Date base (nrg10_a), <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database> (2.03.2016).
- [4] Eurostat: Energy balance sheets. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2015. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (2.03.2016).
- [5] Główny Urząd Statystyczny: Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2012 roku. Warszawa, 2014.
- [6] Komisja Europejska: Energy Union Package. Bruksela, 25.2.2015 http://ec.europa.eu/energy/en/publications#oib_tab (2.03.2016).