

Marzena ŁAGODA¹

WIELOKRYTERIALNA OPTYMALIZACJA ZUŻYCIA ENERGII W DOMU JEDNORODZINNYM Z MODYFIKACJĄ PREFERENCJI ENTROPIĄ

W artykule omówiono przykłady rozwiązań pozwalających obniżyć zużycie energii w domu jednorodzinnym. Wybrano 7 wariantów pozwalających zoptymalizować pobór energii oraz 6 kryteriów, które opisują wyznaczone rozwiązania. Dokonano wyboru wartości ważności przyjętych kryteriów oraz subiektywnie ustalono dla nich cztery warianty preferencji. Następnie zgromadzono dane w tabeli i znormalizowano je, aby móc wykorzystać metodę sumy ważonej, pozwalającą na wyznaczenie najlepszego rozwiązania. W kolejnym kroku użyto metody entropii i wykorzystano przyjęte wcześniej subiektywnie preferencje do wyznaczenia sposobu pozwalającego na zoptymalizowanie energii elektrycznej w domu jednorodzinnym.

Słowa kluczowe: optymalizacja, zużycie energii, entropia, preferencje

1. Wstęp

Obecnie produkuje się coraz więcej urządzeń elektrycznych, które są nabywane przez społeczeństwo, aby ułatwić codzienne czynności, a także iść z duchem czasu i podążać za nowinkami technologicznymi. Jednakże niewiele jest osób, które interesują się zużyciem energii przez te urządzenia. Ograniczenie zużycia energii niesie za sobą nie tylko redukcję jej wytwarzania, ale pozwoli również zmniejszyć ilość szkodliwych substancji w powietrzu i żużla, który jest pozostałością w procesie spalania węgla. W niniejszej pracy podjęto się próby wyznaczenia najkorzystniejszego rozwiązania, pozwalającego obniżyć zużycie energii w domu jednorodzinnym. Artykuł pozwoli przybliżyć temat związany z redukcją poboru energii elektrycznej przez gospodarstwa domowe, umożliwi

¹ Autor do korespondencji: Marzena Łagoda, Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, email: marzena546@gmail.com

przeanalizowanie możliwych rozwiązań, które zostały poparte przez odpowiednie pomiary i obliczenia przeprowadzone w przykładowym domu jednorodzinnym. [1]

2. Wybrane metody i przyjęte założenia

Chcąc zmniejszyć ilość zużywanej energii elektrycznej w domu jednorodzinnym należy przyglądnąć się posiadanemu oświetleniu i pomyśleć o jego wymianie na żarówki elektrooszczędne, które będą pobierać mniej energii. Warto również zastąpić urządzenia o niskiej klasie energetycznej na wyższą, istotne jest również, aby zrezygnować z używania trybu stand-by. Te wszystkie czynności pozwolą obniżyć zużycie energii co przyczyni się do zmniejszenia kwoty należnej do zapłaty za prąd. Rozpatrując postawiony problem, wybrano 7 rozwiązań, które pozwolą uzyskać zakładany cel. Wybrane warianty rozwiązań:

1. Wymiana oświetlenia.
2. Wymiana urządzeń o niskiej klasie energetycznej na urządzenia o wyższej klasie.
3. Zrezygnowanie z używania trybu stand-by.
4. Wymiana oświetlenia i posiadanych urządzeń o niskiej klasie.
5. Wymiana oświetlenia i zaprzestanie używania trybu stand-by.
6. Wymiana posiadanych urządzeń o niskiej klasie i zrezygnowanie z używania trybu stand-by.
7. Wymiana oświetlenia, wymiana posiadanych urządzeń o niskiej klasie, zrezygnowanie z używania trybu stand-by.

Wyznaczono również kryteria, wedle których będą opisywane warianty rozwiązań. Kryteria oznaczone jako *i* są następujące:

- i1- ilość zaoszczędzonej energii
- i2- kwota zaoszczędzonych pieniędzy
- i3- ilość ekwiwalentna zredukowanego dwutlenku węgla
- i4- utylizacja
- i5- komfort
- i6- kwota zainwestowanych pieniędzy.

Kryteria 1,2,3 oraz 6 zostaną opisane przez wartości otrzymane dzięki wynikom obliczeń, sporządzonych na podstawie zgromadzonych danych z przeprowadzonych badań. Natomiast kryterium 4 zostanie opisane w skali od 0 do 3, gdzie wartość 0 oznacza, że dane rozwiązanie nie niesie za sobą konieczności utylizacji, 1- rozwiązanie pod względem utylizacji jest dobre, wartość 2 – rozwiązanie pod względem utylizacji jest przeciętne, wartość 3 – rozwiązanie pod względem utylizacji jest bardzo dobre. Kryterium 5 zostanie opisane w skali od 0 do 5. Przyjęto, że wartość 0 oznacza, że dane rozwiązanie nie przyczynia do poprawienia komfortu użytkowania, 1 – rozwiązanie pod względem komfortu jest mało atrakcyjne, 2 – rozwiązanie pod względem komfortu jest przeciętne,

wartość 3 – rozwiązanie pod względem komfortu jest dobre, wartość 4 – rozwiązanie pod względem komfortu jest dobre i w znaczny sposób poprawia komfort użytkowania, wartość 5 – rozwiązanie pod względem komfortu jest bardzo dobre. Następnie wybrano wartości ważności dla wcześniej wyselekcjonowanych kryteriów, które zebrano w tabeli 2.1.

Tabela 2.1. Wartości ważności kryteriów

Table 2.1. Criteria validity values

i	1	2	3	4	5	6
k_i [%]	25	10	25	10	15	15

Na potrzeby pracy wybrano również 4 zestawy preferencji, które zostały zastosowane w obliczeniach potrzebnych do wykonania używając metody entropii.

Tabela 2.2. Zestaw preferencji numer 1

Table 2.2. Preferences set number 1

j	1	2	3	4	5	6
ω_j [%]	5	40	15	12	18	10

Tabela 2.3. Zestaw preferencji numer 2

Table 2.3. Preferences set number 2

j	1	2	3	4	5	6
ω_j [%]	25	7	11	22	20	15

Tabela 2.4. Zestaw preferencji numer 3

Table 2.4. Preferences set number 3

j	1	2	3	4	5	6
ω_j [%]	25	14	5	26	10	20

Tabela 2.5. Zestaw preferencji numer 4

Table 2.5. Preferences set number 4

j	1	2	3	4	5	6
ω_j [%]	5	21	17	7	42	8

3. Przeprowadzone badania i obliczenia

Na potrzeby pracy poddano analizie przykładowy dom jednorodzinny, zbadało używane oświetlenie pod kątem mocy i oszacowano czas pracy dla każdego odbiornika. Wyniki zebrano w tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Rozmieszczenie żarówek w rozpatrywanym domu jednorodzinnym z podaną ich mocą, szacowanym rocznym czasem pracy i zużyciem energii elektrycznej

Tabel 3.1. Arrangement of light bulbs in the considered single-family house with their power, estimated annual working time and electricity consumption

	Pomieszczenie	Odbiornik en. el.	Moc Urządzenia/ [W]	Roczny czas pracy [h]	Roczne zużycie en. el. [kWh]
Piwnice	Kotłownia	Żarówka	40	55	2,2
	Korytarz	Żarówka	25	30,42	0,76
		Żarówka	40	12,17	0,49
	Pomieszczenie 1	Żarówka	40	12,17	0,49
	Pomieszczenie 2	Żarówka	60	6	0,36
Parter	Kuchnia	Żarówka LED	8	1825	14,6
		Żarówka LED x2	3	547,5	3,3
	Łazienka	Żarówka	25	30,42	0,76
		Żarówka	40	1095	43,8
		Żarówka LED	4	365	1,5
Wiatrołap	Żarówka	60	6	0,36	
	Żarówka	40	6	0,24	
	Pokój 1	Żarówka x3	40	10	0,4
	Korytarz	Żarówka	40	60,83	2,43
Piętro	Pokój 1	Żarówka x3	40	60,83	7,3
		Żarówka LED	3	730	2,2
	Pokój 2	Żarówka x2	40	182,5	14,6
		Żarówka	25	182,5	4,6
	Pokój 3	Żarówka x 5	40	30,42	6,08
	Korytarz	Żarówka	40	60,83	2,43
Poddasze	Pokój 1	Żarówka	25	12,17	0,3
		Żarówka	40	6	0,24
	Pokój 2	Żarówka	25	730	18,25
		Żarówka	40	730	29,2
	Żarówka LED	8	1460	11,7	
	Korytarz	Żarówka	40	23,2	0,93
SUMA (roczne zużycie energii E_{nl})					169,52

Następnie założono, że po modernizacji oświetlenia, jego rozmieszczenie w domu będzie wyglądało w sposób przedstawiony w tabeli 3.2.

Tabela 3.2. Rozmieszczenie żarówek LED po modernizacji

Table 3.2. Arrangement of LED bulbs after modernization

	Pomieszczenie	Odbiornik en. el.	Moc Urządzenia/ [W]	Roczny czas pracy [h]	Roczne zużycie en. el. [kWh]
Piwnice	Kotłownia	Żarówka LED	5,5	55	0,30
	Korytarz	Żarówka LED	2,2	30,42	0,07
		Żarówka LED	5,5	12,17	0,07
	Pom1	Żarówka LED	5,5	12,17	0,07
	Pom2	Żarówka LED	9	6	0,05
Parter	Kuchnia	Żarówka LED	8	1825	14,6
		Żarówka LED x2	3	547,5	3,3
	Łazienka	Żarówka LED	2,2	30,42	0,07
		Żarówka LED	5,5	1095	6,02
		Żarówka LED	4	365	1,5
	Wiatrołap	Żarówka LED	9	6	0,05
Żarówka LED		5,5	6	0,03	
Pokój1	Żarówka LED x3	5,5	10	0,17	
Korytarz	Żarówka LED	5,5	60,83	0,3	
Piętro	Pokój 1	Żarówka LED x3	5,5 3	60,83 730	1,03 2,2
		Żarówka LED			
	Pokój 2	Żarówka LED x2	5,5 2,2	182,5 182,5	2 0,40
		Żarówka LED			
Pokój 3	Żarówka LED x 5	5,5	30,42	0,84	
Korytarz	Żarówka LED	5,5	60,83	0,33	

Poddasze	Pokój 1	Żarówka LED	2,2	12,17	0,03
		Żarówka LED	5,5	6	0,03
	Pokój 2	Żarówka LED	2,2	730	1,6
		Żarówka LED	5,5	730	4,02
		Żarówka LED	8	1460	11,7
	Korytarz	Żarówka LED	5,5	23,2	0,13
SUMA (roczne zużycie energii E_{n2})					50,88

Podejmując decyzje o wymianie oświetlenia należy zakupić 21 żarówek LED, w tym 2 o mocy 9W w cenie 6,99zł każda, 14 żarówek o mocy 5,5W po 14,99 zł za sztukę oraz 5 żarówek o mocy 2,2 W w cenie 8,99 zł każda [3,4,5].

Przyglądnięto się również urządzeniom o niskiej klasie energetycznej, które wchodzi w wyposażenie domu. Zmierzone, ile energii pobierają w ciągu jednego dnia swojej pracy, a wyniki zebrano w tabeli 3.3.

Tabela 3.3. Przykładowe odbiorniki energii elektrycznej w domu jednorodzinnym, czas pracy w ciągu dnia oraz zużycie przez nie energii

Tabel 3.3. Examples of electricity receivers in a single-family house, daytime work time and energy consumption

Odbiornik energii elektrycznej	Czas pomiaru [h]	Zużycie energii dziennie [kWh]	Zużycie energii w ciągu roku [kWh]
Lodówka	24	0,793	289,45
Zamrażarka	24	0,829	302,5
Telewizor	4	0,193	70,45

Następnie wybrano urządzenia elektrooszczędne, które mogłyby zastąpić obecne i przyczynić się do zoptymalizowania poboru energii elektrycznej, przykłady takich odbiorników zaprezentowano w tabeli 3.4.

Tabela 3.4. Przykładowe energooszczędne odbiorniki energii elektrycznej

Tabel 3.4. Examples of energy-saving electricity receivers

Odbiornik energii elektrycznej	Koszt zakupu [zł]	Zużycie energii w ciągu roku [kWh]
Lodówka Liebherr CPel 4813 Comfort	1949,99	153
Zamrażarka Liebherr GP 1486 Premium	1939	101
Telewizor Philips LED 50PFS5823	1599,99	57

Założono również, że w przykładowym domu jednorodzinnym pozostawia się codziennie w trybie czuwania takie przedmioty jak: telewizor, wideo, DVD, router, komputer stacjonarny, drukarka, głośniki. Wszystkie te urządzenia pobierają w tym trybie energię, zostało to przedstawione w tabeli 3.5.

Tabela 3.5. Urządzenia pozostawione w trybie stand-by i ilość energii przez nie pobierana

Tabel 3.5. Equipment left in stand-by mode and the amount of energy it consumes

Odbiornik energii elektrycznej	Czas czuwania dziennie [h]	Zużycie energii dziennie [kWh]
Telewizor	7	0,035
Wideo	7	0,245
DVD	7	0,105
Router	12	0,096
Komputer stacjonarny	5	0,1
Drukarka	5	0,125
Głośniki	7	0,07

Mając na celu rozwiązanie problemu, jakim jest pobór energii przez urządzenia pozostawione w trybie stand-by, należy zakupić listwę zasilającą, do której zostaną podłączone grupy urządzeń. Przyjmując, że przedstawione sprzęty zostaną podzielone na dwie grupy, należy zakupić 2 listwy zasilające warte 31,24 zł [6].

Na podstawie zgromadzonych danych można wyznaczyć koszt energii elektrycznej przed i po modernizacji oświetlenia za pomocą wzoru (1), gdzie należy pomnożyć roczne zużycie energii E_n przez koszt jednej kWh.

$$C = E_n * 0,55 \text{ zł} \quad (1)$$

Następnie można wyliczyć ilość zaoszczędzonej energii, posługując się zależnością (2), a więc odejmując od rocznego zużycia energii przed modernizacją E_{n1} , ilość zużytej energii po modernizacji E_{n2} :

$$\Delta E_n = E_{n1} - E_{n2} \quad (2)$$

Kwotę zaoszczędzonych pieniędzy wyznacza się za pomocą wyrażenia (3), gdzie odejmuje się od kosztu energii przed modernizacją C_1 , koszt po modernizacji C_2 :

$$\Delta C = C_1 - C_2 \quad (3)$$

Jednym z wybranych kryteriów jest ilość ekwiwalentna zredukowanego dwutlenku węgla, chcąc wyznaczyć tą wartość, należy przyjąć, że wartość emitowanego CO₂ w czasie produkcji energii elektrycznej wynosi 812 kg/MWh oraz trzeba skorzystać z zależności (4) [2].

$$S = \Delta E_n * 812 \text{ kg/MWh} \quad (4)$$

W celu poznania kosztu zakupu wszystkich urządzeń należy zsumować cenę każdego z nich p_i , co opisuje wzór (5).

$$\Delta W_z = \sum p_i \quad (5)$$

Wykorzystując zgromadzone dane i wykonując odpowiednie obliczenia, opisano warianty rozwiązań według przyjętych kryteriów, wyniki zebrano w tabeli 3.6. Kryteria, które uznane za zysk oznaczono jako „A”, natomiast koszty jako „R”.

Tabela 3.6. Zestawienie wariantów opisanych przez kryteria

Table 3.6. Summary of variants described by criteria

Warianty	Kryteria					
	1 [kWh]	2 [zł]	3 [kg]	4 [-]	5 [-]	6 [zł]
1	118,64	65,26	96,34	2	2	268,79
2	351,4	193,38	285,34	1	1	5488,98
3	283,24	155,78	229,99	0	2	31,24
4	470,04	254,79	381,68	3	3	5757,77
5	401,88	258,64	326,33	2	4	300,03
6	634,64	349,16	515,33	1	3	5520,22
7	753,28	414,42	611,67	3	5	5789,01
	A	A	A	A	R	R

Następnie przekształcono wszystkie wartości do zysków, wykonano to posługując się wzorem (6).

$$A_{ii} = \frac{1}{R_{ii}} \quad (6)$$

Tabela 3.7. Zestawienie wariantów, dla których wszystkie kryteria są typu „zysk”

Table 3.7. Summary of variants for which all criteria are of the "profit" type

Warianty	Kryteria					
	1 [kWh]	2 [zł]	3 [kg]	4 [-]	5 [-]	6 [zł]
1	118,64	65,26	96,34	2	0,50	0,0037
2	351,4	193,38	285,34	1	1,00	0,0002
3	283,24	155,78	229,99	0	0,50	0,0320
4	470,04	254,79	381,68	3	0,33	0,0002
5	401,88	258,64	326,33	2	0,25	0,0033
6	634,64	349,16	515,33	1	0,33	0,0002
7	753,28	414,42	611,67	3	0,20	0,0002

W kolejnym kroku dokonano normalizacji danych, przy pomocy zależności (7). Wyniki zebrano w tabeli 3.8.

$$Y_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum A_{ij}} \quad (7)$$

Tabela 3.8. Wyniki normalizacji

Table 3.8. Normalization results

Warianty	Kryteria					
	1 [kWh]	2 [zł]	3 [kg]	4 [-]	5 [-]	6 [zł]
1	0,04	0,04	0,04	0,17	0,03	0,09
2	0,12	0,11	0,12	0,08	0,05	0,01
3	0,09	0,09	0,09	0,00	0,03	0,81
4	0,16	0,15	0,16	0,25	0,02	0,01
5	0,13	0,15	0,13	0,17	0,01	0,08
6	0,21	0,21	0,21	0,08	0,02	0,01
7	0,25	0,25	0,25	0,25	0,01	0,01

Wykorzystując metodę sumy ważonej, wykonano następujące obliczenia:

$$F_i = 25\%i_1 + 10\%i_2 + 25\%i_3 + 10\%i_4 + 15\%i_5 + 15\%i_6$$

Tabela 3.9. Wyniki otrzymane dzięki metodzie sumy ważonej

Tabel 3.9. Results obtained thanks to the weighted sum method

F _i	Warianty						
	1	2	3	4	5	6	7
	0,08	0,13	0,2	0,14	0,12	0,15	0,19

W kolejnym etapie obliczeń posłużono się metodą entropii, zwaną również metodą entropii Shannona. Jest ona wielokryterialnym sposobem służącym do oceny rozwiązań, która umożliwi wybranie najkorzystniejszego rozwiązania. Sposób ten wykorzystuje wagi przyjętych kryteriów, jeśli wszystkie są tak samo ważne lub wyznacza się je z uwzględnieniem preferencji. Na początku korzystania z tej metody obliczono entropię E_j oraz poziom jej zmienności Z_j . Entropię określa się za pomocą wzoru (8):

$$E_j = -\frac{1}{\ln n} * \sum_{i=1}^n A_{ij} \ln A_{ij} \quad (8)$$

gdzie: n - liczba wariantów.

Tabela 3.10. Wyniki obliczeń entropii

Tabel 3.10. Results of entropy calculations

E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆
0,94	0,94	0,94	0,88	0,93	0,4

Poziom zmienności został wyznaczony przy pomocy zależności (9):

$$Z_i = 1 - E_j \quad (9)$$

Otrzymane wartości zapisano w tabeli 3.10.

Tabela 3.11. Wyniki poziomu zmienności

Tabel 3.11. Results of variation level

Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆
0,06	0,06	0,06	0,12	0,07	0,6

Następnie określono stopień ważności w_i poszczególnych kryteriów, zostało to wykonane przy użyciu wzoru (10):

$$w_i = \frac{Z_i}{\sum_{i=1}^n Z_i} \quad (10)$$

Wyniki stopni ważności przedstawiono w tabeli 3.11.

Tabela 3.12. Wyniki stopnia ważności dla poszczególnych kryteriów

Table 3.12. Results of degree of importance for individual criteria

w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	w_6
0,06	0,06	0,06	0,13	0,07	0,62

Uwzględniając założone na początku subiektywnie preferencje ϖ_i , stopień ważności w_i^0 został określony za pomocą wzoru (11):

$$w_i^0 = \frac{w_i * \varpi_i}{\sum_{i=1}^n w_i * \varpi_i} \quad (11)$$

Wyniki zawarto w tabelach 3.12, 3.13, 3.14, 3.15.

Tabela 3.13. Wyniki otrzymane dla stopnia ważności z uwzględnieniem preferencji dla zestawu pierwszego

Table 3.13. The results obtained for the importance level, taking into account the preferences for the first set

w_1^0	w_2^0	w_3^0	w_4^0	w_5^0	w_6^0
0,02	0,19	0,07	0,12	0,10	0,49

Tabela 3.14. Wyniki otrzymane dla stopnia ważności z uwzględnieniem preferencji dla zestawu drugiego

Table 3.14. The results obtained for the importance level, taking into account the preferences for the second set

w_1^0	w_2^0	w_3^0	w_4^0	w_5^0	w_6^0
0,09	0,03	0,04	0,17	0,09	0,58

Tabela 3.15. Wyniki otrzymane dla stopnia ważności z uwzględnieniem preferencji dla zestawu trzeciego

Table 3.15. The results obtained for the importance level, taking into account the preferences for the third set

w_1^0	w_2^0	w_3^0	w_4^0	w_5^0	w_6^0
0,08	0,04	0,02	0,17	0,04	0,65

Tabela 3.16. Wyniki otrzymane dla stopnia ważności z uwzględnieniem preferencji dla zestawu czwartego

Table 3.16. The results obtained for the importance level, taking into account the preferences for the fourth set

w_1^0	w_2^0	w_3^0	w_4^0	w_5^0	w_6^0
0,03	0,11	0,09	0,08	0,27	0,43

Następnie wykonano obliczenia, aby wyznaczyć najlepsze rozwiązanie c_j opisanego problemu. Poszczególne wartości zostały wyliczone przy wykorzystaniu wzoru (12):

$$c_j = \sum_{i=1}^n A_{ij} * w_j^0 \quad (12)$$

Wyniki zebrano w tabelach 3.17, 3.18, 3.19, 3.20.

Tabela 3.17. Wyniki rozwiązań c dla pierwszego wariantu

Table 3.17 Results of c solutions for the first variant

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
0,09	0,08	0,44	0,09	0,11	0,08

Tabela 3.18. Wyniki rozwiązań c dla drugiego wariantu

Table 3.18 Results of c solutions for the second variant

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
0,1	0,07	0,5	0,08	0,1	0,06

Tabela 3.19. Wyniki rozwiązań c dla trzeciego wariantu

Table 3.19 Results of c solutions for the third variant

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
0,01	0,05	0,55	0,08	0,1	0,05

Tabela 3.19. Wyniki rozwiązań c dla czwartego wariantu

Table 3.19 Results of c solutions for the fourth variant

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5	c_6
0,1	0,12	0,41	0,09	0,1	0,09

Na podstawie otrzymanych wartości c_j wyznaczono najlepsze rozwiązania następująco:

Dla pierwszego zestawu:

$$\text{Max } (c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7) = c3$$

Dla drugiego zestawu:

$$\text{Max } (c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7) = c3$$

Dla trzeciego zestawu:

$$\text{Max } (c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7) = c3$$

Dla czwartego zestawu:

$$\text{Max } (c1, c2, c3, c4, c5, c6, c7) = c3$$

4. Podsumowanie

Celem niniejszej pracy było wyznaczenie sposobu, który umożliwi najkorzystniej zredukować pobór energii w domu jednorodzinnym. Wybrano 7 wariantów, które pozwalają zoptymalizować ilość zużycia energii elektrycznej, wyselekcjonowano 6 kryteriów, które posłużyły do opisu wszystkich wariantów. Kryteria dotyczyły: ilości zaoszczędzonej energii, kwoty zaoszczędzonych pieniędzy, ilości ekwiwalentu zredukowanego dwutlenku węgla, utylizacji, komfortu, kwoty zainwestowanych pieniędzy. Do tak wybranych kryteriów wykonano pomiary zużycia energii przez oświetlenie oraz poszczególne odbiorniki w przykładowym domu jednorodzinnym. Następnie wybrano wartości ważności przyjętych kryteriów oraz ustalono cztery warianty preferencji, które zostały wykorzystane w metodzie entropii do wyznaczenia stopnia ważności tychże kryteriów. Posiadając zgromadzone dane, poddano je normalizacji i zastosowano metodę sumy ważonej. W kolejnym etapie obliczeń posłużono się metodą entropii i otrzymano cztery zestawy wyników, w zależności od przyjętych preferencji.

Otrzymane wyniki dzięki metodzie sumy ważonej wskazują na to, że najlepszym rozwiązaniem, jest zaprzestanie używania trybu stand-by. Potwierdzają to wyniki otrzymane dzięki metodzie entropii. Dla wszystkich zbiorów preferencji otrzymano taki sam wynik jak dla metody sumy ważonej. Obliczenia potwierdzają, że przyjęte na początku preferencje są zgodne z założonymi wartościami ważności kryteriów.

Literatura

- [1] Strzyżewski J.: Elektryczność w budynkach. Vademecum. POLCEN, Warszawa 2014.
- [2] <http://www.rynekinstalacyjny.pl/artukul/id3856,emisja-co2-z-energii-elektrycznej-w-polsce> Dostęp:19.01.2020.

- [3] https://www.euro.com.pl/zarowki/philips-led-5-5-w-40-w-e27-.bhtml?gclid=EAIaIQobChMIrIz3_uW24QIVypAYCh1xrQyHEAQYCSABE-gLc5_D_BwE&gclsrc=aw.ds. Dostęp 18.10.2019.
- [4] https://www.euro.com.pl/zarowki/philips-led-classic-kulka-2-2-w-25-w-e27.bhtml?gclid=EAIaIQobChMI69-nr-W24QIV1-eaCh3wPgZyEAQYAyABEgKaHfD_BwE&gclsrc=aw.ds. Dostęp 18.10.2019.
- [5] https://epstryk.pl/product-poi-13482-Zarowka-Philips-LED-9W-60W-E27-2700K-biala-ciepila-A60-uniw.html?gclid=EAIaIQobChMI2rbUx-a24QIVEa-maCh2FsQ44EAQYAyABEgI98_D_BwE. Dostęp 18.10.2019.
- [6] https://www.mediaexpert.pl/listwy-i-filtry-zasilajace/listwa-savio-lz-01-1-5m,id-1269342?gclid=CjwKCAiA_MPuBRB5EiwAHTTtAd5QeuLkE-JelrdVEEgkzpslFkYB_jwA6cerXHms3oeNNaU5fnRoCQSMQAvD_BwE&gclsrc=aw.ds. Dostęp 19.10.2019.

MULTI-CRITERIAL OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN A SINGLE-FAMILY HOUSE WITH MODIFICATION OF ENTROPIA PREFERENCE

S u m m a r y

The article discusses examples of solutions that reduce energy consumption in a single-family home. 7 variants were selected to optimize energy consumption and 6 criteria, which describe the designated solutions. The validity value of the adopted criteria was chosen and four preference variants were subjectively determined for them. The data was then collected in a table and normalized to be able to use the weighted sum method to determine the best solution. In the next step, the entropy method was used and the subjective preferences adopted earlier, were used to determine the way to optimize electricity in a single-family home.

Keywords: optimization, energy consumption, entropy, preferences

DOI: 10.7862/re.2020.4

Przesłano do redakcji: styczeń 2020 r.

Przyjęto do druku: luty 2021 r.