

## **Algorytm A**

Uściślenie lokalizacji badanego budynku wymaga napisania przez Instytut łączności algorytmu, który będzie przypisywał nazwom miejscowości i/lub numerom kodu pocztowego, w których zlokalizowany jest budynek, odpowiednie stacje meteorologiczne z listy poniżej:

*Tabela 1. Lista stacji meteorologicznych*

Białystok	Legnica	Sandomierz
Bielsko Biała	Lesko	Siedlce
Bydgoszcz	Leszno	Słubice
Chojnice	Lębork	Sulejów
Częstochowa	Lublin	Suwałki
Elbląg	Warszawa	Szczecin
Gdańsk	Łeba	Szczecinek
Gorzów Wlkp.	Łódź	Śnieżka
Hel	Mikołajki	Świnoujście
Jelenia Góra	Mława	Tarnów
Kalisz	Nowy Sącz	Terespol
Kasprowy Wierch	Olsztyn	Toruń
Katowice	Opole	Ustka
Kętrzyn	Ostrołęka	Wieluń
Kielce	Piła	Włodawa
Kłodzko	Płock	Wrocław
Koło	Poznań	Zakopane
Kołobrzeg	Przemyśl	Zamość
Koszalin	Racibórz	Zielona Góra
Kraków	Resko	
Krosno	Rzeszów	

W celu ułatwienia przypisania konkretnych lokalizacji z danych ankietowych załączono odpowiednie dane meteorologiczne oraz współrzędne geograficzne niezbędne do wykonania obliczeń, przypisane do powyższej listy stacji, znajdują się w Załączniku nr 1 do Opisu. Są one również możliwe do pobrania niezależnie ze strony ministerstwa właściwego ds. budownictwa. Dane te to typowe lata meteorologiczne wygenerowane zgodnie z normą EN ISO 15927-4:2005 i są w pełni zgodne z danymi wykorzystywanymi w Polsce do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej na podstawie właściwego rozporządzenia. Typowe lata meteorologiczne wygenerowano na podstawie bazy danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

## Algorytm B - Sprawność źródeł

Tabela 3. Referencyjne sprawności wytwarzania dla różnych źródeł ciepła (J – budynki jednorodzinne, W – wielolokalowe)

Źródło ciepła, i	Sprawność wytwarzania $\eta_w$		Sprawność regulacji $\eta_r$		Sprawność przesyłu $\eta_p$	
	J	W	J	W	J	W
Kocioł na paliwa stałe	0,82	0,82	0,80	0,88	0,92	0,92
Kocioł gazowy	0,87	0,91	0,80	0,88	0,92	0,92
Kocioł olejowy	0,87	0,91	0,80	0,88	0,92	0,92
Ogrzewanie elektryczne	0,98	0,98	0,90	0,90	1,00	1,00
Sieć ciepłownicza	0,93	0,93	0,80	0,88	0,92	0,92
Pompa ciepła	3,00	3,00	0,90	0,88	0,92	0,92
Kominek	0,70	0,70	0,70	0,70	1,00	1,00
Piec, piecokuchnia, piec wolnostojący	0,70	0,70	0,70	0,70	1,00	1,00
Piec kaflowy	0,80	0,80	0,70	0,70	1,00	1,00

Jeśli nie podano sprawności wytwarzania  $\eta_{wi}$  w ankiecie (w obecnej wersji jej nie ma), to należy użyć sprawności z tabeli 3., które zostały opracowane na podstawie rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej.

Źródłom typu CG przypisywana jest sprawność  $\eta_{CG}$  liczona jako:

$$\eta_{CG} := \eta_w \cdot \eta_r \cdot \eta_p$$

Źródłom typu CWU przypisywana jest sprawność  $\eta_{CWU}$ , liczona jako:

$$\eta_{CWU} := \eta_w \cdot \eta_{ak} \cdot \eta_{reg} \cdot \eta_p$$

Sprawność wytwarzania jest identyczna jak w tabeli 3, pozostałym zmiennym przypisano wartości:

$$\eta_{ak} := 0,95$$

$$\eta_{reg} := 0,9$$

$$\eta_p := 0,8 \text{ dla J (Budynku Jednorodzinnego), } 0,7 \text{ dla W (Budynku Wielorodzinnego)}$$

W panelu menadżera stworzono analogiczną do tabeli 3 tabelę dla źródeł CWU, wartości te są więc możliwe do edycji dla każdego źródła.

Źródłom typu CG+CWU przypisywane są obie sprawności. W obliczeniach dla poszczególnych wariantów, przedstawiono która wartość została uwzględniona.

### **Algorytm C**

Metoda szacowania kubatury oraz powierzchni poszczególnych przegród opiera się na metodzie regresji określonej na podstawie próbki danych dla budynków, przygotowanie których opisano poniżej.

Wstępnie należy określić z ankiety typ budynku z tabeli 6, który posłuży do wyznaczenia współczynnika kształtu.

Do otrzymania ostatecznego wyniku w postaci wartości kubatury budynku, jak i powierzchni poszczególnych przegród należy przygotować zestaw danych będący tablicą dwuwymiarową 19x9, o strukturze przedstawionej w tabelach 4 i 5.

Tabela 4. Sposób przypisywania wartości wierszom tablicy

Wiersz	Wielkość	Źródło/sposób wyznaczania
1	Liczba kondygnacji, nk	ankieta
2	Wysokość kondygnacji, hk	ankieta W przypadku braku danej w ankiecie przyjąć $hk := 2,80$
3	Szerokość, s	Tabela 5
4	Długość, d	Tabela 5
5	Wysokość, h	$h := nk \cdot (hk + 0,3) + 0,3$
6	Kubatura, V	$V := \ln(h \cdot s \cdot d)$
7	Powierzchnia użytkowa, Auż	$Auż := \ln(nk \cdot s \cdot d \cdot 0,85)$
8	Powierzchnia ścian, As	$As := 2 \cdot s \cdot h + X_1 \cdot d \cdot h - A_o - A_{dr}$
9	Powierzchnia podłogi, Ap	$Ap := s \cdot d$
10	Powierzchnia okien, Ao	Jeżeli $(s \cdot d \cdot nk \cdot 0,85) \leq nk \cdot (s^5 \cdot 2 + d^5 \cdot X_1 - X_2 \cdot 5^5)$ to: $A := s \cdot d \cdot nk \cdot 0,85$ , w przeciwnym przypadku: $A := nk \cdot (s^5 \cdot 2 + d^5 \cdot X_1 - X_2 \cdot 5^5)$  Jeżeli $(s \cdot d \cdot nk \cdot 0,85 - s^5 \cdot 2 + d^5 \cdot X_1 - X_2 \cdot 5^5) \leq 0$ to: $B := 0$ w przeciwnym przypadku: $B := s \cdot d \cdot nk \cdot 0,85 - nk \cdot s^5 \cdot 2 + d^5 \cdot X_1 - X_2 \cdot 5^5$
		$A_o := 0,15 \cdot A + 0,03 \cdot B$
11	Powierzchnia dachu, Ad	$Ad := s \cdot d$
12	Powierzchnia drzwi, A <sub>dr</sub>	$A_{dr} := 4$
13	Powierzchnia przegród, A	$A := 2 \cdot s \cdot h + d \cdot h \cdot X_1 + 2 \cdot s \cdot d$
14	A/V	$A/V := \ln(A/(s \cdot d \cdot h))$
15	Udział ścian	$s\% := \ln(As/A)$
16	Udział podłogi	$p\% := \ln(Ap/A)$
17	Udział okien	$o\% := \ln(Ao/A)$
18	Udział dachu	$d\% := \ln(Ad/A)$
19	Udział drzwi	$dr\% := \ln(A_{dr}/A)$

gdzie:

 $X_1, X_2$  – mnożniki, wartość określono w tabeli 6

Tabela 5. Wartości szerokości i długości w zależności od typu budynku dla każdej kolumny tablicy

Przypadek	Zmienna	Kolumna								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
J	s	9	8	6	6	9	15	12	15	12
	d	12	8	12	15	15	15	15	18	12
W	s	12	24	36	18	12	9	18	18	18
	d	12	24	36	18	36	24	54	72	36

Aby złożyć tablicę do znalezienia współczynników regresji liniowej, należy wykonać obliczenia jak w tabeli 4 dla kolumn z tabeli 5.

Tabela 6. Wartości mnożników  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  określone na podstawie typu budynku z ankiety

$X_1$	$X_2$	$X_3$	J	W
0	0	2	Segment środkowy	Fragment budynku w zabudowie zwartej - środkowy
1	2	3	Segment skrajny	Fragment budynku w zabudowie zwartej - skrajny
2	4	4	Budynek wolnostojący	Budynek wolnostojący

Następnie, dla określonych w tabeli 7. wartości z tak utworzonej tablicy, wykorzystując dziewięć punktów (opisanych w kolumnach od 1 do 9 w Tabeli 5), zastosować regresję liniową, aby znaleźć współczynniki liniowe a i b dla równania ogólnego:

$$y = a \cdot x + b$$

Obliczenia wykonać dla każdej relacji (funkcji) z Tabeli 7 z tablicy złożonej z obliczeń wykonanych wg Tabeli 4 dla zestawów parametrów określonych Tabeli 6.

Należy wczytać wartość powierzchni użytkowej z ankiety, dalej oznaczona jako  $A_u$ .

W efekcie realizacji algorytmu powinno powstać siedem różnych (niezależnych) par współczynników liniowego równania regresji a i b dla każdej relacji (funkcji) opisanej w Tabeli 7. Może zachodzić, że pary a i b będą miały identyczne wartości dla dachu i podłogi.

Tabela 7. Uzyskanie pożądaných wyników

Nazwa	Funkcja	Zmienne	Wynik
Kubatura w funkcji powierzchni użytkowej	$V = f(A_u)$	$y = V$ $x = A_u$	$V' := A_u^{a_1} \cdot e^{b_1}$
Stosunek A/V w funkcji kubatury	$k_{A/V} = f(V)$	$y = k_{A/V}$ $x = V$	$k_{A/V}' := V'^{a_2} \cdot e^{b_2}$
Udział ścian w funkcji stosunku A/V	$s\% = f(k_{A/V})$	$y = s\%$ $x = k_{A/V}$	$s\%' := k_{A/V}'^{a_3} \cdot e^{b_3}$
Udział podłogi w funkcji stosunku A/V	$p\% = f(k_{A/V})$	$y = p\%$ $x = k_{A/V}$	$p\%' := k_{A/V}'^{a_4} \cdot e^{b_4}$

Udział okien w funkcji stosunku A/V	$o\% = f(k_{A/V})$	$y = o\%$ $x = k_{A/V}$	$o\%' := k_{A/V}' \wedge a_5 * e \wedge b_5$
Udział dachu w funkcji stosunku A/V	$d\% = f(k_{A/V})$	$y = d\%$ $x = k_{A/V}$	$d\%' := k_{A/V}' \wedge a_6 * e \wedge b_6$
Udział drzwi w funkcji stosunku A/V	$dr\% = f(k_{A/V})$	$y = dr\%$ $x = k_{A/V}$	$dr\%' := k_{A/V}' \wedge a_7 * e \wedge b_7$

### Algorytm D

Na podstawie określonego w ankiecie kształtu budynku dobrać współczynnik kształtu  $w_K$  na podstawie tabeli 8. Jeżeli brak danych, przyjąć wartość 1. (na podstawie wersji ankiety ustalonej z Izłą Kominiarzy. Dorobione zostaną rysunki poglądowe do łatwego określenia kształtu budynku).

Tabela 8. Współczynnik kształtu  $w_K$

Jednolokalowy		Wielolokalowy	
bud. jednobryłowy, parterowy z płaskim stropodachem lub poddaszem nieużytkowym (nieogrzewanym)	1,375	bud. prostokątny, jednobryłowy bez uskoków, min. 2 - kondygn. z poddaszem użytkowym	0,8
bud. dwu lub wielobryłowy, parterowy z płaskim stropodachem lub poddaszem nieużytkowym (nieogrzewanym)	1,5	bud. prostokątny, jednobryłowy bez uskoków, min. 2 - kondygn. z płaskim stropodachem lub poddaszem nieużytkowym	1
bud. o zwartej budowie, jednobryłowy, parterowy, z poddaszem użytkowym	0,875	bud. prostokątny, jednobryłowy z uskokami, min. 2 - kondygn. z poddaszem użytkowym	1,2
bud. o zwartej budowie, jednobryłowy, wielokondygn. z płaskim dachem lub poddaszem nieużytkowym	1	bud. prostokątny, jednobryłowy z uskokami, min. 2 - kondygn. z płaskim stropodachem	1,4
bud. dwu lub wielobryłowy, parterowy z poddaszem użytkowym	1,125	bud. wielobryłowy, min. 2 - kondygn. z poddaszem użytkowym	1,6
bud. dwu lub wielobryłowy, wielokondygn. z płaskim dachem lub poddaszem nieużytkowym	1,25	bud. wielobryłowy, min. 2 - kondygn. z płaskim stropodachem lub poddaszem nieużytkowym	1,8

Tabela 9. Zebranie parametrów potrzebnych do dalszych obliczeń

Parametr	Wartość	Jednostka
Kubatura przestrz. ogrzewanej, $V'$	Z tabeli 7	$[m^3]$
Kubatura wentylowana, $V_w$	$V_w := A_u * h_k$	$[m^3]$
Łączna pow. przegród, $A'$	$A' := k_{A/V}' * V'$	$[m^2]$
Ściany zewnętrzne $A_{SZ}$	$A_{SZ} := S\%' * A' * w_K$	$[m^2]$
Okna zewnętrzne $A_{OK}$	$A_{OK} := o\%' * A' * w_{OK} * w_K$	$[m^2]$

Drzwi zewnętrzne $A_D$	$A_D := dr_{\%}' * A'$	$[m^2]$
Dach/Stropodach $A_{PD}$	$A_{PD} := d_{\%}' * A'$	$[m^2]$
Podłoga $A_{PG}$	$A_{PG} := p_{\%}' * A'$	$[m^2]$

gdzie:

$W_{OK} :=$	1	J
	1,2	W

Na podstawie roku budowy (dana z ankiety) dobrać współczynniki U jak w tabeli 10. według tabeli 11. i tabeli 12.

UWAGA: Jeśli rok budowy > 2000, to przyjmować grubość ocieplenia  $H = 0$ .

Tabela 10. Sposób wyznaczania współczynników U

Przegroda	Oznaczenie
Ściany zewnętrzne	$U_{SZ}' := 1 / (1/U_{SZ} + H_{SZ}/100/0,04)$
Okna zewnętrzne	$U_{OK}$
Drzwi zewnętrzne	$U_D$
Dach/Stropodach	$U_{PD}' := 1 / (1/(U_{PD}) + H_{PD}/100/0,04)$
Podłoga	$U_{PG}' := 1 / (1/(U_{PG}) + H_{PG}/100/0,04)$

Tabela 11. Wsp. U dla przegród w zależności od roku budowy, na podstawie aktualnego rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

Rok budowy	<1939	1939	1950	1958	1965	1975	1983	1992	1998	2009	2014	2017	2021
Dach/Stropodach, $U_{PD}$	1,4	1,2	1,2	0,87	0,87	0,7	0,45	0,3	0,3	0,25	0,2	0,18	0,15
Ściany zewnętrzne, $U_{SZ}$	1,7	1,7	1,4	1,16	1,16	1,16	0,75	0,6	0,35	0,25	0,25	0,23	0,2
Okna zewnętrzne, $U_{OK}$	4,2	3,2	3,2	3,2	3,2	2,6	2,6	2,6	1,4	1,4	1,3	1,1	0,9
Drzwi zewnętrzne, $U_D$	3	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	1,7	1,7	1,7	1,5	1,3
Podł. na gruncie/strop piwn., $U_{PG}$	1,4	1,4	1,2	1,2	1	0,8	0,6	0,6	0,5	0,45	0,3	0,3	0,3

Należy umożliwić wprowadzanie zmian tabeli 11., gdyż z biegiem czasu wydawane będą kolejne rozporządzenia (chodzi o lata po 2021 r).

Oznaczenie grubości ociepleń poszczególnych przegród należy przyjmować na podstawie danych z Tabeli 12. Dane te są przyjmowane na podstawie ankiety, jako grubość dodatkowego ocieplenia wykonanego po zakończeniu budowy budynku.

Tabela 12. Grubości ocieplenia

Przegroda	Grubość [cm]
Grubość ocieplenia podłogi na gruncie lub stropu nad piwnicą / garażem	$H_{PG}$

Grubość ocieplenia dachu/stropodachu	$H_{PD}$
Grubość ocieplenia ścian	$H_{SZ}$

Następnie program dobiera współczynniki btr w zależności od tego czy budynek jednorodzinny czy wielorodzinny jak w tabeli 13.

Tabela 13. Współczynnik btr dla przegród

Przegroda	J	W
Ściany zewnętrzne, $btr_{SZ}$	0,90	0,96
Dach/Stropodach, $btr_{PD}$	0,92	0,98
Podł. na gruncie/strop piwn., $btr_{PG}$	0,50	0,50

Uwzględnienie wpływu mostków cieplnych na obliczenia strat ciepła.

Obliczyć mnożniki K jak poniżej:

Mnożnik K	K1	K2
Sposób wyznaczania	<p>Jeżeli (<math>U_{SZ} \geq 0,6</math>) to  <math>K1 := 1</math>          Jeżeli (<math>0,3 \leq U_{SZ} &lt; 0,6</math>) to  <math>K1 := 0,3</math>          Jeżeli (<math>U_{SZ} &lt; 0,3</math>) to  <math>K1 := 0,1</math></p>	<p>Jeżeli (<math>U_{PD} \geq 0,45</math>) to  <math>K2 := 1</math>          Jeżeli (<math>0,25 \leq U_{PD} &lt; 0,45</math>)          to  <math>K2 := 0,3</math>          Jeżeli (<math>U_{PD} &lt; 0,25</math>) to  <math>K2 := 0,1</math></p>

Po czym wyznacza długości mostków cieplnych I według tabeli 14.

Tabela 14. Mostki cieplne

Okna i drzwi	Balkony		Wieżce
$I_{OD} := A_{OK}/2,25 * 6 + A_D/2,4 * 5,2$	$I_B := 3$	J	$I_W := (A_u/n_K)^{0,5} * X_3 * n_K$
	$I_B := A_u/90 * 3$	W	

gdzie:

$X_3$  - określone na podstawie tabeli 6.

Na podstawie powyższych program liczy wartość współczynnika strat ciepła przez przenikanie według wzoru:

$$H_{tr} := (A_{SZ} * U_{SZ} * btr_{SZ}) + (A_{OK} * U_{OK}) + (A_D * U_D) + (A_{PD} * U_{PD} * btr_{PD}) + (A_{PG} * U_{PG} * btr_{PG}) + K1 * (I_{OD} * 0,45 + I_B * 0,95 + I_W * 0,30) + K2 * (I_W * 0,30) [W/K]$$

Następnie należy wyznaczyć współczynnik strat ciepła przez wentylację. Wpierw należy obliczyć strumień wymienianego powietrza według metody poniżej:

$$\text{Jeżeli } (0,4784 * V_W - 42,285 < 100) \text{ to}$$



$$V_{WENT} := 0,0278$$

w przeciwnym przypadku

$$V_{WENT} := (0,4784 * V_W - 42,285)/3600$$

oraz

$$V_{inf} := V_W * 0,05 * 2 / 3600$$

Wtedy:

$$H_{WENT} := 1200 * (V_{WENT} + V_{inf})$$

### Algorytm E

Należy wykorzystać dane meteorologiczne dostarczone przez Wykonawcę lub pobrać niezależnie ze strony ministerstwa właściwego ds. budownictwa. Zbiór danych powinien wyglądać następująco:

Tabela 15. Przykładowa struktura tablicy danych meteorologicznych; dane zależne od stacji meteorologicznej zależnej od lokalizacji budynku.

$N_{Mi}$	$M_i$	$MDBT_i$	$I_{N\_90i}$	$I_{E\_90i}$	$I_{S\_90i}$	$I_{W\_90i}$
31	1	$MDBT_1$	$I_{N\_90_1}$	$I_{E\_90_1}$	$I_{S\_90_1}$	$I_{W\_90_1}$
...	...	...	...	...	...	...
31	12	$MDBT_{12}$	$I_{N\_90_{12}}$	$I_{E\_90_{12}}$	$I_{S\_90_{12}}$	$I_{W\_90_{12}}$

Następnie wyznaczyć straty ciepła w poszczególnych miesiącach według metody poniżej dla każdego miesiąca:

Tabela 16. Metodyka wyznaczania składowych zapotrzebowania na ciepło dla każdego miesiąca

$i$	$Q_{tr, i}$	$Q_{ve, i}$	$Q_{sol, i}$	$Q_{int, i}$
1	$Q_{tr, 1} := H_{tr} * (t_{int} - MDBT_1) * N_{M1} * 24/1000$	$Q_{ve, 1} := H_{WENT} * (t_{int} - MDBT_1) * N_{M1} * 24/1000$	$Q_{sol, 1} := 0,75 * 0,75 * 0,90 * A_{OK} * (0,08 * I_{N\_90_1} + 0,12 * I_{E\_90_1} + 0,50 * I_{S\_90_1} + 0,30 * I_{W\_90_1}) / 1000$	$Q_{int, 1} := q_{int} * A_u * N_{M1} * 24/1000$
...	...	...	...	...

gdzie:

$q_{int} :=$	6,8	<b>J</b>
	7,1	<b>W</b>

$t_{int}$  – średnia temperatura wewnętrzna podana w ankiecie

Następnie należy wyznaczyć współczynniki:

$$T_{al} := (260000 * 1,402 * A_u / 3600) / (H_{tr} + H_{WENT})$$

$$a_H := 1 + T_{al} / 15$$

Tabela 17. Dalszy ciąg metodyki wyznaczania składowych zapotrzebowania na ciepło dla każdego miesiąca  $i$

$i$	$\gamma_{H,i}$	$\eta_{H,i}$	$Q_{H,i}$
1	Jeżeli $(Q_{tr,1} + Q_{ve,1}) > 0$ to $\gamma_{H1} := (Q_{int,1} + Q_{sol,1}) / (Q_{ve,1} + Q_{tr,1})$ w przeciwnym wypadku $\gamma_{H,1} := 0$	Jeżeli $(\gamma_{H,1} > 0)$ oraz $(\gamma_{H,1} \neq 1)$ to $\eta_{H,1} := (1 - \gamma_{H,1}^{a_H}) / (1 - \gamma_{H,1}^{a_H+1})$ w przeciwnym wypadku $\eta_{H,1} := a_H / (a_H + 1)$	Jeżeli $(Q_{tr,1} + Q_{ve,1}) - \eta_{H1} * (Q_{sol,1} + Q_{int,1}) < 0$ to $Q_{H,1} := 0$ W przeciwnym wypadku $Q_{H,1} := Q_{tr,1} + Q_{ve,1} - \eta_{H,1} * (Q_{sol,1} + Q_{int,1})$
...	...	...	...

Na sam koniec należy zsumować wartości  $Q_{H,i}$  dla każdego miesiąca. Jest to zapotrzebowanie na energię użytkową na ogrzewanie wyrażone w kWh/rok:

$$Q_H = \sum_i Q_{H,i}$$

Następnie wyznaczamy długość sezonu grzewczego według algorytmu opisanego poniżej.

Najpierw należy obliczyć wartość  $\gamma_{H,lim}$ :

$$\gamma_{H,lim} := (a_H + 1) / a_H$$

Tabela 18. Algorytm obliczania długości sezonu grzewczego, część A

$i$	$\gamma_{H,beg,i} := 0,5 * (\gamma_{H,i} + \gamma_{H,(i-1)})$	$\gamma_{H,end,i} := 0,5 * (\gamma_{H,i} + \gamma_{H,(i+1)})$	$\gamma_{H1,i} := \text{minimum}(\gamma_{H,beg,i}, \gamma_{H,end,i})$	$\gamma_{H2,i} := \text{maximum}(\gamma_{H,beg,i}, \gamma_{H,end,i})$
1	$0,5 * (\gamma_{H,1} + \gamma_{H,12})$	$0,5 * (\gamma_{H,1} + \gamma_{H,2})$	$\text{minimum}(\gamma_{H,beg,1}, \gamma_{H,end,1})$	$\text{maximum}(\gamma_{H,beg,1}, \gamma_{H,end,1})$
...	...	...	...	...

Tabela 19. Algorytm obliczania długości sezonu grzewczego, część B

$i$	$f_{H1,i} := 0,5 * (\gamma_{H,lim} - \gamma_{H1,i}) / (\gamma_{H,i} - \gamma_{H1,i})$	$f_{H2,i} := 0,5 + 0,5 * (\gamma_{H,lim} - \gamma_{H,i}) / (\gamma_{H2,i} - \gamma_{H,i})$	$f_{H,i} :$ jeżeli $(\gamma_{H2,i} < \gamma_{H,lim})$ $f_{H,i} := 1$ jeżeli $(\gamma_{H1,i} > \gamma_{H,lim})$ $f_{H,i} := 0$ jeżeli $(\gamma_{H,i} > \gamma_{H,lim})$ $f_{H,i} := f_{H1,i}$ w przeciwnym wypadku $f_{H,i} := f_{H2,i}$
1	$0,5 * (\gamma_{H,lim} - \gamma_{H1,1}) / (\gamma_{H,1} - \gamma_{H1,1})$	$0,5 * (\gamma_{H,lim} - \gamma_{H1,1}) / (\gamma_{H,1} - \gamma_{H1,1})$	jeżeli $(\gamma_{H2,1} < \gamma_{H,lim})$ $f_{H,1} := 1$ jeżeli $(\gamma_{H1,1} > \gamma_{H,lim})$ $f_{H,1} := 0$ jeżeli $(\gamma_{H,1} > \gamma_{H,lim})$ $f_{H,1} := f_{H1,1}$ w przeciwnym wypadku $f_{H,1} := f_{H2,1}$
...	...	...	...

gdzie  $i = (1, ..., 12)$  i wyraża numer miesiąca, a wartości są zapętlone, tj. w kolejnych iteracjach w przypadku indeksu  $(i - 1)$  przy  $i$  równym 1 indeks ten wyniesie 12, a w przypadku  $(i + 1)$ , gdy  $i = 12$  indeks wyniesie 1.

Ostatecznie należy określić liczbę dni sezonu grzewczego w każdym miesiącu według tabeli 20.

Tabela 20. Algorytm obliczania długości sezonu grzewczego, część C

i	$N_{Mi}$	$f_{H,i}$	$N_{M,H,i} := N_{Mi} * f_{H,i}$
1	31	$f_{H,1}$	$N_{M1} * f_{H,1}$
2	28	$f_{H,2}$	$N_{M2} * f_{H,2}$
3	31	$f_{H,3}$	$N_{M3} * f_{H,3}$
4	30	$f_{H,4}$	$N_{M4} * f_{H,4}$
5	31	$f_{H,5}$	$N_{M5} * f_{H,5}$
6	30	$f_{H,6}$	$N_{M6} * f_{H,6}$
7	31	$f_{H,7}$	$N_{M7} * f_{H,7}$
8	31	$f_{H,8}$	$N_{M8} * f_{H,8}$
9	30	$f_{H,9}$	$N_{M9} * f_{H,9}$
10	31	$f_{H,10}$	$N_{M10} * f_{H,10}$
11	30	$f_{H,11}$	$N_{M11} * f_{H,11}$
12	31	$f_{H,12}$	$N_{M12} * f_{H,12}$

### Algorytm F

- Zapotrzebowanie na energię użytkową na potrzeby c.w.u.

$$Q_W := V_{wi} * A_u * 4,19 * (55 - 10) * 365 / 3600 \quad [\text{kWh/rok}]$$

gdzie:

$V_{wi} :=$	$1,40 * 0,75 = \mathbf{1,05}$	<b>J</b>
	$1,60 * 0,85 = \mathbf{1,36}$	<b>W</b>

- Roczny uzysk ciepła z kolektorów słonecznych

W przypadku istniejącej instalacji kolektorów słonecznych (ankieta) należy przeliczyć podaną liczbę kolektorów  $N_{KOL}$  na powierzchnię przyjmując, że jeden kolektor ma powierzchnię  $1,5 \text{ m}^2$ .

$$A_{KOL} := N_{KOL} * 1,5$$

$$Q_{KOL} := A_{KOL} * 460 \quad [\text{kWh/rok}]$$

$Q_{KOL}$  to energia użytkowa, której nie trzeba dostarczyć z pozostałych źródeł ciepła, dlatego wprowadzamy wartość  $Q_{W-KOL}$ , która oznacza energię użytkową, którą należy dostarczyć z pozostałych źródeł.

$$Q_{W-KOL} = Q_W - Q_{KOL}$$

## Algorytm G

Poniższa procedura służy do wyznaczenia udziału poszczególnych źródeł energii w bilansie energetycznym. Rozdział ten ma na celu opis zasady podziału energii ze względu na źródła.

W projektowaniu i opisie algorytmu obliczeniowego wyróżniono następujące, mogące wystąpić w rzeczywistości, opisane w formularzu ankietowym sytuacje, dotyczące układów i instalacji wytwarzających ciepło do celów ogrzewania CG i na potrzeby przygotowania ciepłej wody CWU i podzielono je na cztery oddzielne algorytmy opisujące następujące warianty:

### 1. Wśród źródeł występuje Pompa Ciepła, Ogrzewanie Elektryczne lub Sieć ciepłownicza

a) Źródła dzielone są na:

- Źródła CG, do których zalicza się źródła typu CG oraz CG+CWU
- Źródła CWU, do których zalicza się źródła typu CWU oraz CG+CWU

Obliczenia na potrzeby CG przeprowadzane są dla źródeł CG oraz CG+CWU

Obliczenia na potrzeby CWU przeprowadzane są dla źródeł CWU oraz CG+CWU

b) Spośród źródeł wybierane jest *źródło wiodące*: Pompa Ciepła (PC), Ogrzewanie Elektryczne (OE) lub Sieć ciepłownicza (SC):

- występuje tylko jedno źródło wiodące ( $PC > OE > SC$ )
- nie ma znaczenia typ źródła wiodącego (CG/CWU/CG+CWU)
- wszystkie inne źródła to *źródła pozostałe*

c) Wyznaczanie  $E_{u\_CG\_wiodące}$  i  $E_{u\_CG\_pozostałych}$

- Czy występuje źródło wiodące i jest typu CG lub CG+CWU:

- Tak:

$$E_{u\_CG\_wiodące} = u_{QH} * Q_H$$

gdzie:

$u_{QH}$  – udział zapotrzebowania na energię użytkową na ogrzewanie

$$u_{QH} = 0,5 \text{ dla OE}$$

$$u_{QH} = 0,7 \text{ dla PC}$$

$$u_{QH} = 1 \text{ dla SC}$$

- Nie:

$$E_{u\_CG\_wiodące} = 0$$

- Czy wśród pozostałych źródeł występują źródła CG lub CG+CWU?

- Tak:

$$E_{u\_CG\_pozostałych} = Q_H - E_{u\_CG\_Wiodących}$$

- Nie:

$E_{u\_CG\_wiodące}$  aktualizowane do  $Q_H$ :

$$E_{u\_CG\_wiodące} = Q_H$$

d) Wyznaczanie  $E_{u\_CWU\_wiodącego}$  i  $E_{u\_CWU\_pozostałych}$ :

- Czy występuje źródło wiodące i jest typu CWU lub CG+CWU:

- Tak:

$$E_{u\_CWU\_wiodące} = 225/365 * Q_W$$

- Nie:

$$E_{u\_CWU\_wiodące} = 0$$

- Czy wśród pozostałych źródeł występują źródła CWU lub CG+CWU?

- Tak:

$$E_{u\_CWU\_pozostałych} = Q_W - E_{u\_CWU\_Wiodących}$$

- Nie:

$E_{u\_CWU\_wiodące}$  aktualizowane do  $Q_W$ :

$$E_{u\_CWU\_wiodące} = Q_W$$

e) Przypisanie Energii użytkowej źródłom:

- Jeśli  $E_{u\_CG\_wiodące} > 0$  przypisywane do źródła wiodącego jako  $E_{u\_CG\_i}$
- Jeśli  $E_{u\_CG\_pozostałe} > 0$  przypisywane do pozostałych źródeł CG lub CG+CWU w równych częściach:

$$E_{u\_CG\_i} = E_{u\_CG\_pozostałe} / n_{cg}$$

gdzie  $n_{cg}$  = liczba źródeł CG lub CG+CWU nie będących źródłem wiodącym

- Jeśli  $E_{u\_CWU\_wiodące} > 0$  przypisywane do źródła wiodącego jako  $E_{u\_CWU\_i}$
- Jeśli  $E_{u\_CWU\_pozostałe} > 0$  przypisywane do pozostałych źródeł CWU lub CG+CWU w równych częściach:

$$E_{u\_CWU\_i} = E_{u\_CWU\_pozostałe} / n_{cwu}$$

gdzie  $n_{cwu}$  = liczba źródeł CWU lub CG+CWU nie będących źródłem wiodącym

f) Dla każdego źródła przeprowadzane obliczenia energii końcowej:

- Jeśli źródło typu CG:

$$E_{k\_CG\_i} = E_{u\_CG\_i} / \eta_{CG}$$

- Jeśli źródło typu CWU:

$$E_{k\_CWU\_i} = E_{u\_CWU\_i} / \eta_{CWU}$$

- Jeśli źródło CG+CWU:

$$E_{k\_CG\_i} = E_{u\_CG\_i} / \eta_{CG}$$

$$E_{k\_CWU\_i} = E_{u\_CWU\_i} / \eta_{CWU}$$

g) Obliczenia końcowe

- Zaktualizowane  $Q_W$  równe jest sumie  $E_{u\_CWU}$  wszystkich źródeł  $i$ :  $\sum E_{u\_CWU\_i}$
- Zaktualizowane  $Q_H$  równe jest sumie  $E_{u\_CG}$  wszystkich źródeł  $i$ :  $\sum E_{u\_CG\_i}$
- $Q_{kH}$  równe jest sumie  $E_{k\_CG}$  wszystkich źródeł  $i$ :  $\sum E_{k\_CG\_i}$
- $Q_{kW}$  równe jest sumie  $E_{k\_CWU}$  wszystkich źródeł  $i$ :  $\sum E_{k\_CWU\_i}$
- Dla każdego źródła, określane są jego udziały:
  - Na cele CG:  $U_{H\_i} = E_{k\_CG\_i} / (Q_{kH} + Q_{kW})$
  - Na cele CWU:  $U_{W\_i} = E_{k\_CWU\_i} / (Q_{kH} + Q_{kW})$
  - Całkowity Udział źródła:  $(E_{k\_CG\_i} + E_{k\_CWU\_i}) / (Q_{kH} + Q_{kW})$

2. Wśród źródeł nie występuje Pompa Ciepła, Ogrzewanie Elektryczne ani Sieć ciepłownicza, występują źródła spalające paliwa ale nie podano ilości paliw

Obliczenia przeprowadzane analogicznie do punktu pierwszego, z tą różnicą że nie występuje źródło wiodące i wszystkie źródła traktowane są jako pozostałe:

$$E_{u\_CG\_wiodącego} = 0$$

$$E_{u\_CWU\_wiodącego} = 0$$

$$E_{u\_CG\_pozostałych} = Q_H$$

$$E_{u\_CWU\_pozostałych} = Q_W$$

Źródłom CG lub CG+CWU przypisywane jest w równych częściach  $E_{u\_CG\_pozostałych}$  (równe  $Q_H$ )

$$E_{u\_CG\_i} = E_{u\_CG\_pozostałe} / n_{cg} \text{ równoznaczne z } Q_H / n_{cg}$$

Gdzie  $n_{cg}$  - liczba źródeł CG lub CG+CWU nie będących źródłem wiodącym

Źródłom CWU lub CG+CWU przypisywane jest w równych częściach  $E_{u\_CWU\_pozostałych}$  (równe  $Q_W$ ):

$$E_{u\_CWU\_i} = E_{u\_CWU\_pozostałe} / n_{cwu} \text{ równoznaczne z } Q_W / n_{cwu}$$

Gdzie  $n_{cwu}$  = liczba źródeł CWU lub CG+CWU nie będących źródłem wiodącym

Pozostałe obliczenia analogicznie jak w punkcie 1.

3. Wśród źródeł nie występuje Pompa Ciepła, Ogrzewanie Elektryczne ani Sieć ciepłownicza, występują źródła spalające paliwa i podano ilości paliw

Tabela 2. Podział źródeł ciepła ze względu na grupy paliw

Grupa paliw	Paliwa	Źródła ciepła
Stałe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Węgiel orzech</li> <li>Węgiel kostka</li> <li>Węgiel groszek</li> <li>Węgiel miał</li> <li>Węgiel brunatny</li> <li>Drewno kawałkowe</li> <li>Pellet / brykiet drzewny</li> <li>Inna biomasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kocioł na paliwa stałe</li> <li>Kominek</li> <li>Piec, Piecokuchnia, Piec wolnostojący</li> <li>Piec kaflowy</li> </ul>
Gaz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gaz przewodowy (sieć)</li> <li>Gaz butla, zbiornik LPG lub LNG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kocioł gazowy</li> </ul>
Olej	<ul style="list-style-type: none"> <li>Olej opałowy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kocioł olejowy</li> </ul>
Energia elektryczna	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energia elektryczna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ogrzewanie elektryczne</li> <li>Pompa ciepła</li> </ul>
Ciepło sieciowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciepło sieciowe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sieć ciepłownicza/węzeł cieplny</li> </ul>

Określone typy źródeł mogą zużywać określone typy paliw zgodnie z tabelą 2. Istnieje więc możliwość przypisania każdemu źródłu zestawu typów i ilości paliw z pośród podanych w ankiecie. Jeśli jednak wśród źródeł występuje więcej niż jedno źródło spalające ten sam typ paliwa (na przykład źródła: Kocioł na paliwa stałe i piec, paliwa: Węgiel orzech, węgiel groszek, drewno), nie ma możliwości rozdziału konkretnych typów paliw na poszczególne źródła, ani przydzielenia części ilości zużywanego paliwa

Przedstawiony poniżej algorytm postępowania, podejmuje próbę rozwiązania tego problemu, poprzez określenie takich paliw, dla których możliwe jest jednoznaczne przypisanie do jednego typu energii – CG lub CWU – co umożliwia jednoznaczne określenie ilości i przeznaczenia energii generowanej przez te paliwa. Pozostała energia dzielona jest na pozostałe paliwa CWU i CG (które są spalane w źródłach o różnych typach i nie można do jednoznacznie przypisać ilości paliwa do typu źródła ) proporcjonalnie do ilości energii w tych paliwach.

Ponieważ zmienne o podobnych nazwach pojawiają się zarówno na poziomie grup paliw, paliw oraz źródeł, dla ułatwienia zmienne oznaczono kolorystycznie zależnie od tego czy są przypisane grupom paliw, paliwom czy źródłom

1. Każdemu paliwu przypisywane są źródła, w których może być wykorzystywane. Na podstawie typu przyporządkowanych źródeł, wydzielamy 4 grupy paliw:

- Paliwa Homo<sub>CG</sub>: Paliwa wykorzystywane tylko przez źródła typu CG
- Paliwa Homo<sub>CWU</sub>: Paliwa wykorzystywane tylko przez źródła CWU
- Paliwa Hetero<sub>CG</sub>: Paliwa wykorzystywane przez źródła CG+CWU i źródła CG
- Paliwa Hetero<sub>CWU</sub>: Paliwa wykorzystywane przez źródła CG+CWU i źródła CWU

Uwaga: w grupach paliw Hetero<sub>CG</sub> oraz Hetero<sub>CWU</sub> mogą się znaleźć te same paliwa, sytuacja taka występuje gdy dane paliwo może być zużywane przez źródło typu CG+CWU. Rozdzielenie pozwala na uwzględnienie sprawności zarówno  $\eta_{CG}$  jak i  $\eta_{CWU}$

2. Obliczenie  $E_p$  oraz początkowej energii użytkowej dla każdego paliwa

W ramach każdej grupy paliw dla każdego paliwa obliczane jest:

- $E_p = p_p * W_{up} * 277,7778$

Gdzie  $p_p$  to podana w ankiecie ilość paliwa, a  $W_{up}$  wartość opałowa paliwa z tabeli 23.

Tabela 23. Wzorcowe wartości opałowe dla różnych paliw oraz metoda obliczania energii końcowej

Rodzaj paliwa	Ilość $p_i$	Jednostka	Wartość opałowa $W_{ui}$	Jednostka	Energia, $E_i$ (kWh)
węgiel orzech	$p_i$	ton	20,7	GJ/ton	$E_i := p_i * W_{ui} * 277,7778$
węgiel kostka	$p_i$	ton	20,7	GJ/ton	$E_i := p_i * W_{ui} * 277,7778$
węgiel groszek	$p_i$	ton	20,7	GJ/ton	$E_i := p_i * W_{ui} * 277,7778$
węgiel miał	$p_i$	ton	20,7	GJ/ton	$E_i := p_i * W_{ui} * 277,7778$
węgiel brunatny	$p_i$	ton	20,7	GJ/ton	$E_i := p_i * W_{ui} * 277,7778$
drewno kawałkowe	$p_i$	Mp	15,6	MJ/kg	$E_i := p_i * W_{ui} * W_{mp/m^3} * \rho_d * 0,277778$
pellet / brykiet drzewny	$p_i$	ton	15,6	GJ/ton	$E_i := p_i * W_{ui} * 277,7778$



inna biomasa	$p_i$	ton	15,6	GJ/ton	$E_i := p_i * W_{ui} * 277,7778$
gaz przewodowy (sieć)	$p_i$	m <sup>3</sup>	36,62	MJ/m <sup>3</sup>	$E_i := p_i * W_{ui} * 0,277778$
gaz butla, zbiornik LPG lub LNG	$p_i$	m <sup>3</sup>	24000	MJ/m <sup>3</sup>	$E_i := p_i * W_{ui} * 0,277778$
olej opałowy	$p_i$	litr	39	MJ/l	$E_i := p_i * W_{ui} * 0,277778$

gdzie:

$w_{mp/m^3}$  – współczynnik konwersji metrów przestrzennych na metry sześciennie,

umożliwić zmianę (przyjąć jako zmienną), proponuje się przyjąć 0,68,

$\rho_d$  – średnia gęstość drewna, umożliwić zmianę (przyjąć jako zmienną), proponuje się przyjmować 750 kg/m<sup>3</sup>.

- $E_{u_0_p} = E_p * \eta_i$

Gdzie  $\eta$  Oznacza sprawność źródła:

- $\eta_{CG}$  dla paliw z grup Homo\_CG oraz Hetero\_CG
- $\eta_{CWU}$  dla paliw z grup Homo\_CWU oraz Hetero\_CWU

Jeśli danemu paliwu przypisano więcej niż jedno źródło, do obliczeń wykorzystywana jest ich uśredniona sprawność odpowiedniego typu.

### 3. Obliczenie całkowitej Energii użytkowej dla każdej z grup paliw

- $E_{u\_homo\_CG} = \sum E_{u_0_p}$
- $E_{u\_homo\_CWU} = \sum E_{u_0_p}$
- $E_{u\_hetero\_CG} = \sum E_{u_0_p}$
- $E_{u\_hetero\_CWU} = \sum E_{u_0_p}$

### 4. Obliczenie początkowego udziału paliw

- Dla każdego paliwa obliczany jest udział  $u_{E_p}$  wyrażony jako stosunek  $E_p$  paliwa do sumy  $E_p$  wszystkich paliw w danej grupie

$$u_{E_p} = E_p / \sum E_p$$

- Dla każdego paliwa obliczany jest udział  $u_{E_{u_0_p}}$  wyrażony jako stosunek  $E_{u_0_p}$  paliwa do sumy  $E_{u_0_p}$  wszystkich paliw w danej grupie

$$u_{E_{u_0_p}} = E_{u_0_p} / \sum E_{u_0_p}$$

### 5. Obliczenie całkowitej Energii użytkowej wynikającej z ilości podanych paliw i nośników

Ponieważ w grupach paliw Hetero\_CG oraz Hetero\_CWU mogą występować te same paliwa, wartości energii użytkowej dla tych grup są normalizowane:

- $E_{u\_hetero\_CG} = E_{u\_hetero\_CG} * E_{u\_hetero\_CG} / (E_{u\_hetero\_CG} + E_{u\_hetero\_CWU})$
- $E_{u\_hetero\_CWU} = E_{u\_hetero\_CWU} * E_{u\_hetero\_CWU} / (E_{u\_hetero\_CG} + E_{u\_hetero\_CWU})$
- $E_{u\_całkowite} = E_{u\_homo\_CG} + E_{u\_homo\_CWU} + E_{u\_hetero\_CG} + E_{u\_hetero\_CWU}$

6. Przeprowadzenie korekty zużycia energii i jej nośników do warunków normowych:

- a) wyliczenie dodatku do zapotrzebowania na energię użytkową  $dQ_W$ :

$$dQ_W := (Q_H + Q_W) - E_{u\_całkowite},$$

Jeżeli:  $dQ_W \geq 0$ , to  $dQ_W := dQ_W$ .

Jeżeli:  $dQ_W < 0$ ,  $dQ_W := 0$ .

- b) Aktualizacja  $E_{u\_całkowite}$  o  $dQ_W$  oraz obliczenie współczynnika  $k$

$$E_{u\_całkowite} := E_{u\_całkowite} + dQ_W$$

$$k := E_{u\_całkowite} / (Q_H + Q_W)$$

- c) Aktualizacja  $E_{u\_homo\_CWU}$  z uwzględnieniem współczynnika  $k$

$$E_{u\_homo\_CWU} := E_{u\_homo\_CWU} * k$$

- d) Aktualizacja  $E_{u\_homo\_CG}$  z uwzględnieniem współczynnika  $k$

$$E_{u\_homo\_CG} := E_{u\_homo\_CG} * k$$

- e) Aktualizacja  $E_{u\_hetro\_CWU}$ :

Jeżeli:  $Q_W * k - E_{u\_homo\_CWU} \leq 0$ , to:

$$E_{u\_hetro\_CWU} = 0$$

Jeżeli:  $Q_W * k - E_{u\_homo\_CWU} > 0$ , to:

$$E_{u\_hetro\_CWU} = Q_W * k - E_{u\_homo\_CWU}$$

- f) Aktualizacja  $E_{u\_hetro\_CG}$

$$E_{u\_hetro\_CG} := E_{u\_całkowite} - E_{u\_homo\_CG} - E_{u\_homo\_CWU} - E_{u\_hetro\_CWU}$$

Jeżeli:  $E_{u\_hetro\_CG} \leq 0$ , to:

$$E_{u\_hetro\_CG} = 0$$

7. Aktualizacja Energii użytkowej dla każdego z paliw

W ramach każdej z 4 grup paliw, należącym do nich paliwom przypisywana jest uaktualniona energia użytkowa, wyrażona jako iloczyn odpowiedniej dla grupy zaktualizowanej energii użytkowej i obliczonego wcześniej udziału  $u_{E_{u_0p}}$  danego paliwa.

Paliwom z grup  $E_{u\_homo\_CG}$  oraz  $E_{u\_hetro\_CG}$  przypisywana jest energia użytkowa na cele CG oznaczona jako  $E_{u\_CG}$ :

Dla paliw z grupy  $E_{u\_homo\_CG}$ :

$$E_{u\_CG\_p} = u_{E_{u\_0\_p}} * E_{u\_homo\_CG}$$

Dla paliw z grupy  $E_{u\_hetero\_CG}$ :

$$E_{u\_CG\_p} = u_{E_{u\_0\_p}} * E_{u\_hetero\_CG}$$

Paliwom z grup  $E_{u\_homo\_CWU}$  oraz  $E_{u\_hetero\_CWU}$  przypisywana jest energia użytkowa na cele CWU oznaczona jako  $E_{u\_CWU}$

Dla paliw z grupy  $E_{u\_homo\_CWU}$ :

$$E_{u\_CWU\_p} = u_{E_{u\_0\_p}} * E_{u\_homo\_CWU}$$

Dla paliw z grupy  $E_{u\_hetero\_CWU}$ :

$$E_{u\_CWU\_p} = u_{E_{u\_0\_p}} * E_{u\_hetero\_CWU}$$

## 8. Rozdzielenie paliw na poszczególne źródła

Paliwa przypisywane są źródłu w którym mogą być wykorzystywane.

Jeśli danemu paliwu przypisane jest więcej niż jedno źródło, przypisywane jest każdemu z nich z wartością energii użytkowej podzieloną przez liczbę źródeł.

Po wykonaniu tego kroku, wszystkie obliczenia wykonywane są już w ramach poszczególnych źródeł

## 9. Obliczenie Energii Końcowej paliw

W ramach poszczególnych źródeł dla każdego paliwa liczona jest Energia końcowa:

- Jeśli dane paliwo ma przypisaną Energię użytkową na cele CG  $E_{u\_CG\_p} > 0$ :

$$E_{k\_CG\_p} = E_{u\_CG\_p} / \eta_{CG}$$

$\eta_{CG}$  – sprawność CG źródła

- Jeśli dane paliwo ma przypisaną Energię użytkową na cele CWU  $E_{u\_CWU\_p} > 0$ :

$$E_{k\_CWU\_p} = E_{u\_CWU\_p} / \eta_{CWU}$$

$\eta_{CWU}$  – sprawność CWU źródła

- Dodatkowo dla każdego paliwa wyznaczana całkowita energia końcowa:

$$E_{k\_p} = E_{k\_CG\_p} + E_{k\_CWU\_p}$$

## 10. Obliczenie Energii użytkowej źródeł

Danemu źródłu przypisywana jest Energia użytkowa będąca sumą energii użytkowej poszczególnych paliw z rozdzieleniem na CG i CWU:

$$E_{u\_CG\_i} = \sum E_{u\_CG\_p}$$

$$E_{u\_CWU\_i} = \sum E_{u\_CWU\_p}$$

#### 11. Obliczenie Energii Końcowej źródeł

Danemu źródłu przypisywana jest Energia końcowa będąca sumą energii końcowej poszczególnych paliw z rozdzieleniem na CG i CWU:

$$E_{k\_CG\_i} = \sum E_{k\_CG\_p}$$

$$E_{k\_CWU\_i} = \sum E_{k\_CWU\_p}$$

$$E_{k\_i} = E_{k\_CG\_i} + E_{k\_CWU\_i}$$

#### 12. Obliczanie wskaźników do etykiety budynku

- Zaktualizowane  $Q_W$  równe jest sumie  $E_{u\_CWU}$  wszystkich źródeł:

$$Q_W = \sum E_{u\_CWU\_i}$$

- Zaktualizowane  $Q_H$  równe jest sumie  $E_{u\_CG}$  wszystkich źródeł:

$$Q_H = \sum E_{u\_CG\_i}$$

- $Q_{KW}$  równe jest sumie  $E_{k\_CWU}$  wszystkich źródeł:

$$Q_{KW} = \sum E_{k\_CWU\_i}$$

- $Q_{KH}$  równe jest sumie  $E_{k\_CG}$  wszystkich źródeł:

$$Q_{KH} = \sum E_{k\_CG\_i}$$

#### 13. Obliczenie udziału źródeł:

- Całkowity udział źródła:

$$U_i = E_{k\_i} / (Q_{KH} + Q_{KW}),$$

- Na cele CG:

$$U_{H\_i} = E_{k\_CG\_i} / (Q_{KH} + Q_{KW}),$$

- Na cele CWU:

$$U_{W\_i} = E_{k\_CWU\_i} / (Q_{KH} + Q_{KW})$$

#### 14. Obliczenie udziałów paliw:

- Jeśli paliwo ma przypisaną energię końcową na cele CG:

$$U_{H\_p} = E_{k\_CG\_p} / (Q_{KH} + Q_{KW}),$$

- Jeśli paliwo ma przypisaną energię końcową na cele CWU:

$$U_{W\_p} = E_{k\_CWU\_p} / (Q_{KH} + Q_{KW})$$

## Algorytm H

### 1. zapotrzebowanie na energię pomocniczą na potrzeby CG

Dla każdego źródła:

- Dobranie odpowiedniego urządzenia pomocniczego/grupy urządzeń pomocniczych na podstawie tabeli 21.
- Zapotrzebowanie obliczane według wzoru:

$$E_{\text{pom H}_i} = \sum (q_{\text{el}} * t_{\text{el}}) / 1000 * A_u * u_{\text{H}_i} \text{ [kWh/rok]}$$

Gdzie:

$u_{\text{H}_i}$  – udział źródła  $i$  w zaspokojeniu potrzeb związanych z ogrzewaniem pomieszczeń CG obliczony w ramach algorytmu G

*Tabela 21. Wartości zapotrzebowania na moc elektryczną do urządzeń pomocniczych*

Źródło	Rodzaj urządzenia pomocniczego	$q_{\text{el}}$	$t_{\text{el}}$
Wszystkie	Pompa obiegowa	0,7	6500
Kocioł na paliwa stałe Kocioł gazowy Kocioł olejowy	Napęd pompy i regulacja kotła	0,45	2200
Pompa ciepła	Pompa ciepła	0,8	1600
Sieć ciepłownicza	Węzeł cieplny	0,75	8760

### 2. zapotrzebowanie na energię pomocniczą na potrzeby przygotowania c.w.u

Dla każdego źródła:

- Dobranie odpowiedniego urządzenia pomocniczego/grupy urządzeń pomocniczych na podstawie tabeli 22.
- Zapotrzebowanie obliczane według wzoru:

$$E_{\text{pom W}_i} = \sum (q_{i\_el} * t_{i\_el}) / 1000 * A_u * u_{\text{W}_i} \text{ [kWh/rok]}$$

Gdzie:

$u_{\text{W}_i}$  – udział źródła na cele CWU obliczony w ramach algorytmu G

*Tabela 22. Wartości zapotrzebowania na moc elektryczną do urządzeń pomocniczych*

Powierzchnia ogrzewana, $A_u$		<250		>250	
Źródło	Rodzaj urządzenia pomocniczego	$q_{\text{el}}$	$t_{\text{el}}$	$q_{\text{el}}$	$t_{\text{el}}$
Wszystkie	Pompy cyrkulacyjne	0,07	5840	0,07	5840
Wszystkie	Pompa zasobnika	0,45	250	0,15	500

Kocioł na paliwa stałe	Napęd pomocniczy kotła	1,2	275	0,35	375
Kocioł gazowy					
Kocioł olejowy					
Pompa ciepła	Pompa ciepła	0,8	400	0,8	400

### 3. Końcowy wskaźnik rocznego zapotrzebowania na Energię Użytkową EU

Dla każdego źródła, Energia użytkowa w rozdzielaniu na cele CG oraz CWU (jeśli dane źródło wytwarza ciepło odpowiedniego typu) dzielona jest przez powierzchnię użytkową.

$$EU_{CG_i} = E_{u_{CG_i}} / A_u$$

$$EU_{CWU_i} = E_{u_{CWU_i}} / A_u$$

### 4. Końcowy wskaźnik rocznego zapotrzebowania na Energię Końcową EK:

Dla każdego źródła, Energia końcowa w rozdzielaniu na cele CG oraz CWU (jeśli dane źródło wytwarza ciepło odpowiedniego typu), aktualizowana jest o wartość energii pomocniczej (odpowiedniego typu – CG lub CWU) danego źródła i dzielona przez powierzchnię użytkową

$$EK_{CG_i} = (E_{k_{CG_i}} + E_{pom_{H_i}}) / A_u$$

$$EK_{CWU_i} = (E_{k_{CWU_i}} + E_{pom_{W_i}}) / A_u$$

### 5. Końcowy wskaźnik rocznego zapotrzebowania na Energię pierwotną EP:

Dla każdego źródła wyznaczana jest energia pierwotna w rozdzielaniu na potrzeby CG i CWU (jeśli dane źródło wytwarza ciepło odpowiedniego typu).

$$EP_{CG_i} = (E_{K_{CG_i}} * w_i) + (E_{pom_{H_i}} * w_E) / A_u$$

$$EP_{CWU_i} = (E_{K_{CWU_i}} * w_i) + (E_{pom_{W_i}} * w_E) / A_u$$

gdzie:

$w_i$  - współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej wyznaczony wg tabeli 24

$w_E$  – wskaźnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej dla napędów pomocniczych, jak dla energii elektrycznej wg tabeli 24.

Tabela 24. Współczynniki nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej  $w_i$

Źródło, i	$w_i$	Grupa paliw
Kocioł na paliwa stałe	1,1	stałe
Kocioł gazowy	1,1	gaz
Kocioł olejowy	1,1	olej
Ogrzewanie elektryczne	3	-
Sieć ciepłownicza	0,8	-
Pompa ciepła	3	-
Kominek	1,1	stałe
Piec, piecokuchnia, piec wolnostojący	1,1	stałe

Piec kaflowy	1,1	stałe
Urządzenia pomocnicze, $w_E$	3	-

### Algorytm I

Wyznaczenie rocznej emisji CO<sub>2</sub> opiera się na obliczeniu ich wielkości wg poniższego wzoru:

$$E_{CO_2} := (Q_{kW} + Q_{kH}) * w_{CO_2} + (E_{pom\ H} + E_{pom\ W}) * w_{CO_2\ pom},$$

gdzie:

$E_{pom\ H}$  – całkowita Energia pomocnicza na cele CG dla wszystkich źródeł

$E_{pom\ W}$  - całkowita Energia pomocnicza na cele CWU dla wszystkich źródeł

$w_{CO_2}$  - średni ważony wskaźnik emisji CO<sub>2</sub> dla źródeł energii

$$w_{CO_2} := \sum u_i * w_{CO_2i} / 1000 ,$$

gdzie:

$w_{CO_2i}$  - wskaźniki emisji CO<sub>2</sub> dla poszczególnych źródeł energii przyjmowanych wg tabeli 25.

$u_i$  – całkowity udział źródła i, wyznaczony w ramach algorytmu G

$w_{CO_2\ pom}$  - wskaźnik emisji CO<sub>2</sub> dla energii elektrycznej zużywanej na potrzeby pracy urządzeń pomocniczych wg tabeli 25.

*Tabela 25. Wskaźniki emisji CO<sub>2</sub>,  $w_{CO_2}$*

Źródło emisji, i	$w_{CO_2i} := w_{CO_2i, GJ} / 277,7778$ [kg/kWh]	$w_{CO_2i, GJ}$ [kg/GJ]
Kocioł na paliwa stałe	0,3510	97,5
Kocioł gazowy	0,1999	55,54
Kocioł olejowy	0,2786	77,4
Ogrzewanie elektryczne	0,765	
Sieć ciepłownicza	0,4176	
Pompa ciepła	0,765	
Kominek	0,403	112,0
Piec, piecokuchnia, piec wolnostojący	0,3510	97,5
Piec kaflowy	0,3510	97,5
Urządzenia pomocnicze, $w_{CO_2\ pom}$	0,765	

## Algorytm J

Do oszacowania kosztów wytwarzania energii na potrzeby ogrzewania CG i przygotowania ciepłej wody CWU w budynku należy w pierwszej kolejności wykorzystać informacje o wielkości zapotrzebowania na energię i jej nośniki, określone wg algorytmu G i obliczać wg przedstawionych poniżej zasad i wzorów:

- jednostkowy koszt energii i jej nośników na potrzeby ogrzewania wg zależności:

$$k_H := \sum (u_{H\_p} * k_{kwh\_i})$$

- jednostkowy koszt energii i jej nośników na potrzeby przygotowania ciepłej wody wg zależności:

$$k_W := \sum (u_{W\_p} * k_{kwh\_i})$$

- całkowity koszt energii i jej nośników na potrzeby ogrzewania wg zależności:

$$K_H := k_H * Q_{kH} + E_{pom\ H} * k_i ,$$

- całkowity koszt energii i jej nośników na potrzeby przygotowania ciepłej wody wg zależności:

$$K_W := k_W * Q_{kW} + E_{pom\ W} * k_i ,$$

- całkowity koszt energii i jej nośników na potrzeby ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody łącznie wg zależności:

$$K := K_H + K_W ,$$

gdzie:

$u_{H\_p}$  - wyznaczony w ramach algorytmu G udział paliwa  $p$  w zaspokojeniu potrzeb związanych z ogrzewaniem pomieszczeń CG

$u_{W\_p}$  - wyznaczony w ramach algorytmu G udział paliwa  $p$  w zaspokojeniu potrzeb związanych z przygotowaniem ciepłej wody CWU

$E_{pom\ H}$  – całkowita Energia pomocnicza na cele CG dla wszystkich źródeł

$E_{pom\ W}$  - całkowita Energia pomocnicza na cele CWU dla wszystkich źródeł

$k_{kwh\_i}$  – jest to koszt wytworzenia jednej kWh energii w źródle  $i$ , które należy określić na podstawie informacji o paliwach zawartych w ankiecie oraz informacji o kosztach jednostkowych podanych w tabeli 26.

$k_i$  - koszt wytworzenia jednej kWh energii dla źródeł pomocniczych

Tabela 26. Jednostkowe koszty wytworzenia ciepła

Paliwo/Źródło ciepła, i	Wartość opałowa, $W_{ui}$	Koszt jednostkowy, $k_i$	Jednostka $k_i$	Koszt GJ, $k_{GJ\_i}$ [zł/GJ]	Koszt kWh, $k_{kwh\_i}$ [zł/kWh]
węgiel orzech węgiel kostka węgiel groszek węgiel miał węgiel brunatny	20,7 GJ/t	800	zł/t	$k_i / W_u$	$k_{GJ\_i} / 277,7778$



Gaz ziemny	36,62 MJ/m <sup>3</sup>	1,8	zł/m <sup>3</sup>	$k_i / W_u \cdot 1000$	$k_{GJ\_i} / 277,7778$
Gaz płynny	24 MJ/l	3,25	zł/l	$k_i / W_u \cdot 1000$	$k_{GJ\_i} / 277,7778$
Olej opałowy	39 MJ/l	4	zł/l	$k_i / W_u \cdot 1000$	$k_{GJ\_i} / 277,7778$
Ogrzewanie elektryczne, urządzenia pomocnicze	-	0,6	zł/kWh	-	$k_i$
System ciepłowniczy	-	58	zł/GJ	58 zł/GJ	$k_{GJ\_i} / 277,7778$
Inna biomasa	15,6 GJ/t	275	zł/t	$k_i / W_u$	$k_{GJ\_i} / 277,7778$
Drewno kawałkowe	15,6 GJ/t	350	zł/t	$k_i / W_u$	$k_{GJ\_i} / 277,7778$
Pellet, brykiet drzewny	15,6 GJ/t	600	zł/t	$k_i / W_u$	$k_{GJ\_i} / 277,7778$
Pompy ciepła	-	0,6	zł/kWh	-	$k_i$

Uwaga: Jeśli występuje źródło spalające paliwo, ale w ankiecie nie określono typu paliwa, przyjmowane jest paliwo domyślne wg tabeli:

Grupy źródeł	Domyślne paliwo
Kocioł na paliwa stałe, Kominiek, Piec, Piecokuchnia, Piec wolnostojący, Piec kaflowy	Węgiel orzech
Kocioł gazowy	Gaz przewodowy
Kocioł olejowy	Olej opałowy

## Algorytm K

Na początku należy wyznaczyć liczbę stopniodni w następujący sposób:

Tabela 27. Metodyka obliczania liczby stopniodni

i	$N_{M, H, i}$	MDBT	Liczba stopniodni, $Sd_i$
1	$N_{M, H, 1}$	MDBT <sub>1</sub>	$(t_{int} - MDBT_1) * N_{M, H, 1}$
...	...	...	...

$$Sd := \sum_i Sd_i$$

### a) Wymiana stolarki okiennej

Jeżeli  $U_{OK} > U_{GR, OK}$  to wykonać poniższą analizę, jeśli nie, to przyjąć  $\Delta Q_{H, OK} := 0$  oraz  $\Delta K_{OK} := 0$

W obecnej sytuacji do szacowania potencjału efektywności energetycznej przyjąć  $U_{GR, OK} = 1,1$ , natomiast do prezentacji zaleceń dla właścicieli budynków przyjąć  $U_{GR} = 1,4$ . Wynika to stąd, że nie ma sensu zachęcać właścicieli budynków do wymiany okien dobrych na trochę lepsze.

- Oszczędność energii [kWh/rok]:

$$\Delta Q_{H, OK} := (8,64 * Sd * A_{OK} * (U_{OK} - U_{docelowe\_OK}) / 100000 + 2,94 * (1,10 - 0,9) * 1 * Sd * V_{WENT} * 3600 / 100000) / (Q_H / Q_{KH}) * 1000000000 / (1000 * 3600)$$

gdzie:

$U_{docelowe\_OK}$  – wartość współczynnika przenikania ciepła okien  $U_{OK}$  obowiązująca w dniu wykonywania analizy zgodnie z przepisami określonymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2017 poz. 2285).

Od roku 2019 do momentu zmiany wymagań można przyjmować  $U_{docelowe\_OK} = 0,9$ .

- Oszczędność kosztów [zł/rok]:

$$\Delta K_{OK} := \Delta Q_{H, OK} * k_H$$

- Całkowity koszt wymiany stolarki okiennej:

$$K_{OK} := A_{OK} * k_{OK}$$

gdzie:

$k_{OK}$  – koszt jednostkowy wymiany stolarki okiennej, umożliwić zmianę (określić jako zmienną), proponuje się przyjmować 650 zł/m<sup>2</sup> stolarki okiennej do wymiany.

- Prosty okres zwrotu nakładów [lat]:

$$SPBT := K_{OK} / \Delta K_{OK}$$

- Redukcja emisji CO<sub>2</sub> [ton/rok]:

$$\Delta E_{OD} := \Delta Q_{H, OK} * w_{CO2} / 1000$$

### b) Ocieplenie dachu/stropodachu

Jeżeli  $U_{PD} \leq U_{GR, PD}$ , to pominąć analizę. Jeśli nie, to:

$$H_{PD}^* := 0,036 * 100 * (U_{PD}' - U_{docelowe\_PD}) / (U_{PD}' * U_{docelowe\_PD}) + 1$$

(wynik należy zaokrąglić w górę do pełnego centymetra)

gdzie:

$H_{PD}^*$  - grubość dodatkowej izolacji cieplnej wymaganej, aby  $U_{PD} = U_{docelowe\_PD}$ ,

$U_{docelowe\_PD}$  - wartość współczynnika przenikania ciepła dachu/stropodachu  $U_{PD}$  obowiązująca w dniu wykonywania analizy zgodnie z przepisami określonymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2017 poz. 2285). W roku 2019 wynosi 0,15,

$U_{GR, PD}$  - graniczna wartość, powyżej której wykonywanie analizy jest zasadne. Przyjmować  $U_{GR, PD} = 0,40$ .

Jeżeli istnieje ocieplenie o gr.  $H_{PD}$ , to należy wykonać dodatkowe docieplenie o wyliczonej grubości  $H_{PD}' := H_{PD}^*$ .

- Oszczędność energii [kWh/rok]:

$$\Delta Q_{H\_PD} := 8,64 * b_{trPD} * S_d * A_{PD} * (U_{PD}' - U_{docelowe\_PD}) / 100000 / (Q_H / Q_{kH}) * 1000000000 / (1000 * 3600)$$

- Oszczędność kosztów [zł/rok]:

$$\Delta K_{PD} := \Delta Q_{H\_PD} * k_H$$

- Całkowity koszt ocieplenia dachu:

$$K_{PD} := A_{PD} * k_{PD}$$

gdzie:

$k_{PD}$  – jednostkowy koszt ocieplenia dachu/stropodachu; umożliwić zmianę (przyjąć jako zmienną), proponuje się przyjmować 100 zł/m<sup>2</sup> brutto powierzchni użytkowej budynku.

- Prosty okres zwrotu nakładów [lat]:

$$SPBT := K_{PD} / \Delta K_{PD}$$

- Redukcja emisji CO<sub>2</sub> [ton/rok]:

$$\Delta E_{PD} := \Delta Q_{H\_PD} * w_{CO2} / 1000$$

#### c) Ocieplenie ścian zewnętrznych

Jeżeli  $U_{SZ} \leq U_{GR, SZ}$ , to pominąć analizę. Jeśli nie, to:

$$H_{SZ}^* := 0,036 * 100 * (U_{SZ}' - U_{docelowe\_SZ}) / (U_{SZ}' * U_{docelowe\_SZ}) + 1$$

(wynik należy zaokrąglić w górę)

gdzie:

$H_{SZ}^*$  - docelowa grubość izolacji cieplnej wymaganej, aby  $U_{SZ} = U_{docelowe\_SZ}$ ,

$U_{docelowe\_SZ}$  - wartość współczynnika przenikania ciepła ścian zewnętrznych  $U_{SZ}$  obowiązująca w dniu wykonywania analizy zgodnie z przepisami określonymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2017 poz. 2285). W 2019 wynosi 0,20,

$U_{GR, SZ}$  – graniczna wartość, powyżej której wykonywanie analizy jest zasadne. Przyjmować  $U_{GR, PD} = 0,40$ .

Jeżeli istnieje ocieplenie o gr.  $H_{SZ}$ , to należy wykonać dodatkowe docieplenie o grubości  $H_{SZ}' := H_{SZ}^*$ .

Współczynnik U po dociepleniu:

$$U_{SZ}^* := U_{docelowe\_SZ}$$

- Oszczędność energii [kWh/rok]:

$$\Delta Q_{H\_SZ} := 8,64 * b_{trSZ} * S_d * A_{SZ} * (U_{SZ}' - U_{docelowe\_SZ}) / 100000 / (Q_H / Q_{kH}) * 1000000000 / (1000 * 3600)$$

- Oszczędność kosztów [zł/rok]:

$$\Delta K_{SZ} := \Delta Q_{H\_SZ} * k_H \text{ (tutaj stare } k_H)$$

- Całkowity koszt ocieplenia ścian zewnętrznych:

$$K_{SZ} := A_{SZ} * k_{SZ}$$

gdzie:

$k_{SZ}$  – jednostkowy koszt ocieplenia ścian zewnętrznych; umożliwić zmianę (przyjąć jako zmienną), proponuje się przyjąć 180 zł/m<sup>2</sup> ściany.

- Prosty okres zwrotu nakładów [lat]:

$$SPBT := K_{SZ} / \Delta K_{SZ}$$

- Redukcja emisji CO<sub>2</sub> [ton/rok]:

$$\Delta E_{SZ} := \Delta Q_{H\_SZ} * w_{CO2} / 1000$$

#### d) Ocieplenie podłogi

Jeżeli  $U_{PG} \leq U_{GR, PG}$  to pominąć analizę. Jeśli nie, to:

$$H_{PG}^* := 0,036/100 * (U_{PG}' - U_{docelowe\_PG}) / (U_{PG}' * U_{docelowe\_PG}) + 1$$

(wynik należy zaokrąglić w górę)

gdzie:

$H_{PG}^*$  - docelowa grubość izolacji cieplnej wymaganej, aby  $U_{PG} = U_{docelowe\_PG}$ ,

$U_{docelowe\_PG}$  - wartość współczynnika przenikania ciepła podłogi  $U_{PG}$  obowiązująca w dniu wykonywania analizy zgodnie z przepisami określonymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2017 poz. 2285). W 2019 wynosi 0,30,

$U_{GR, PG}$  – graniczna wartość, powyżej której wykonywanie analizy jest zasadne. Przyjmować  $U_{GR, PG} = 0,60$ .

Jeżeli istnieje ocieplenie, to należy wykonać dodatkowe docieplenie o grubości  $H_{PG}' := H_{PG}^*$ .

Współczynnik U po dociepleniu:

$$U_{PG}^* := U_{docelowe\_PG}$$

- Oszczędność energii [kWh/rok]:

$$\Delta Q_{H\_PG} := 8,64 * b_{tr\_PG} * S_d * A_{PG} * (U_{PG}' - U_{PG}^*) / 100000 / (Q_H / Q_{KH}) * 1000000000 / (1000 * 3600)$$

- Oszczędność kosztów [zł/rok]:

$$\Delta K_{PD} := \Delta Q_{H\_PG} * k_H$$

- Całkowity koszt ocieplenia podłogi:

$$K_{PG} := A_{PG} * k_{PG}$$

gdzie:

$k_{PG}$  – jednostkowy koszt ocieplenia podłogi; umożliwić zmianę (przyjąć jako zmienną), proponuje się przyjąć 200 zł/m<sup>2</sup> podłogi.

- Prosty okres zwrotu nakładów [lat]:

$$SPBT := K_{PG} / \Delta K_{PG}$$

- Redukcja emisji CO<sub>2</sub> [ton/rok]:

$$\Delta E_{PG} := \Delta Q_{H\_PG} * w_{CO2} / 1000$$

Łączny koszt ocieplenia:

$$K_O := K_{PG} + K_{SZ} + K_{PD} + K_{OK}$$

#### e) Analiza opłacalności modernizacji instalacji grzewczej

Tabela 28. Sprawności źródeł po modernizacji

Źródło ciepła	Sprawność wytwarzania $\eta_{w\_ref}$	Sprawność regulacji $\eta_{r\_ref}$		Sprawność przesyłu $\eta_{p\_ref}$
		J	W	

Kocioł na paliwa stałe	0,90	0,80	0,88	0,92
Kocioł gazowy	0,98	0,80	0,88	0,92
Kocioł olejowy	0,98	0,80	0,88	0,92
Ogrzewanie elektryczne	0,98	0,90	0,90	1
Sieć ciepłownicza	0,93	0,80	0,88	0,92
Pompa ciepła	3	0,90	0,88	0,92
Kominek	0,70	0,70	0,70	1
Piec, piecokuchnia, piec wolnostojący	0,70	0,70	0,70	1
Piec kaflowy	0,80	0,70	0,70	1

Rozważa się wymianę wyłącznie kotłów na paliwa stałe o sprawności  $\eta_w \geq 0,90$ , które są źródłami wiodącymi (takimi, które mają największy udział  $u_i$  wyznaczony w punkcie F.). Przeanalizować wymianę takiego źródła na nowe tego samego rodzaju o sprawności  $\eta_{w\_ref}$  podanej w tabeli, zastępując nim wszystkie pozostałe źródła. Koszt takiej wymiany, to:

$$K_K := 0,9 * (H_{tr} + H_{WENT}) / 1000 * 40 * k_K \text{ [zł]}$$

gdzie:

$k_K$  – jednostkowy koszt wymiany źródła ciepła; umożliwić zmianę (przyjąć jako zmienną), proponuje się przyjąć 785 zł/kW (tabele kosztorysowe NFOŚiGW).

Należy sprawdzić czy stan techniczny instalacji jest gorszy niż „bardzo dobry” (średni, zły) – jeśli tak, wykonać analizę modernizacji instalacji CG, której koszt wynosi:

$$K_{inst\_H} := A_u * k_{inst\_H} \text{ [zł]}$$

gdzie:

$k_{inst\_H} :=$	180 [zł/m <sup>2</sup> ]	<b>J</b>
	160 [zł/m <sup>2</sup> ]	<b>W</b>

oraz instalacji CWU:

$$K_{inst\_W} := A_u * k_{inst\_W} \text{ [zł]}$$

gdzie:

$k_{inst\_H} :=$	100 [zł/m <sup>2</sup> ]	<b>J</b>
	70 [zł/m <sup>2</sup> ]	<b>W</b>

Jeżeli nie istnieje instalacja kolektorów słonecznych należy oszacować powierzchnię kolektorów i koszt instalacji:

$$A_{KOL}' := 0,65 * Q_{kW} [kWh] / 460$$

$$K_{KOL} := k_{KOL} * A_{KOL}$$

gdzie:

$k_{KOL}$  – jednostkowy koszt montażu kolektorów słonecznych, umożliwić zmianę (przyjąć jako zmienną), proponuje się przyjąć 2200 zł/m<sup>2</sup> kolektora.

Dodatkowo oszacować instalację pompy ciepła o sprawności  $\eta_{w\_ref}$ :

$$K_{PC} := (H_{tr} + H_{WENT}) / 1000 * 40 * k_{PC}$$

gdzie:

$k_{PC}$  – jednostkowy koszt instalacji pompy ciepła; umożliwić zmianę (przyjąć jako zmienną), proponuje się przyjąć 1500 zł/kW.

### **Algorytm L**

Na podstawowy przebieg audytu termoeenergetycznego składają się algorytmy B-K. Algorytm L służy do obliczania zapotrzebowania na ciepło w nowych warunkach, zgodnie z czterema wariantami modernizacji, które przedstawiono w tabeli poniżej. W związku z tym w ramach algorytmu L, ponownie wywoływane są niektóre spośród algorytmów B-K.

Rozważane warianty termomodernizacji:

- Wariant 1 należy rozważyć, jeśli wśród obecnych źródeł ciepła występuje kocioł na paliwa stałe, kominek, piec, piecokuchnia, piec wolnostojący lub piec kaflowy oraz jego sprawność wytwarzania jest niższa niż określono w Tabeli 28 (Sprawność źródeł po modernizacji). Jeśli warunek jest spełniony, wszystkie dotychczasowe źródła ciepła zastępowane są przez kocioł na paliwa stałe o sprawności z tabeli 28.
- Wariant 2 rozpatrywany jest jeśli spełnione są warunki dla wariantu pierwszego oraz nie istnieje instalacja kolektorów słonecznych. Jeśli warunek jest spełniony, wszystkie dotychczasowe źródła ciepła zastępowane są przez kocioł na paliwa stałe o sprawności z tabeli 28. Oraz instalację kolektorów słonecznych.
- Wariant 3 rozpatrywany jest jeśli nie istnieje instalacja pompy ciepła. Jeśli warunek jest spełniony, wszystkie dotychczasowe źródła ciepła zastępowane są przez pompę ciepła o sprawności z tabeli 28.
- Wariant 4 rozpatrywany jest jeśli nie istnieje instalacja pompy ciepła. Jeśli warunek jest spełniony, wszystkie dotychczasowe źródła ciepła zastępowane są przez pompę ciepła o sprawności z tabeli 28 oraz instalację kolektorów słonecznych.

W każdym z czterech wariantów:

- jeśli wśród dotychczasowych źródeł występowały tylko źródła typu CG, nowe źródło/źródła również są typu CG
- jeśli wśród dotychczasowych źródeł występowały tylko źródła typu CWU, nowe źródło/źródła również są typu CWU
- jeśli wśród dotychczasowych źródeł występowały źródła typu CG+CWU, nowe źródło/źródła są typu CG+CWU

Tabela 29. Opis wariantów modernizacji

Wariant	Opis	Dodatkowe zmiany danych wejściowych
1.	Standardowa termomodernizacja z wykonaniem ociepleń i wymianą kotła	źródło ciepła: Kocioł tego samego typu, co obecny o $E_u := Q_H + Q_W$ o sprawności referencyjnej z tabeli 28.
2.	Standardowa termomodernizacja z wykonaniem ociepleń, wymianą kotła i kolektorami słonecznymi	źródło ciepła: Kocioł tego samego typu, co obecny o $E_u := Q_H + Q_{W-KOL}$ o sprawności referencyjnej z tabeli 28. $A_{KOL} := A_{KOL}'$
3.	Standardowa termomodernizacja z wykonaniem ociepleń i pompą ciepła	źródło ciepła: Pompa ciepła o $E_u := Q_H + Q_W$ i sprawności referencyjnej z tabeli 28.
4.	Standardowa termomodernizacja z wykonaniem ociepleń, pompą ciepła i kolektorami słonecznymi	źródło ciepła: Pompa ciepła o $E_u := Q_H + Q_{W-KOL}$ i sprawności referencyjnej z tabeli 28. $A_{KOL} := A_{KOL}'$

### **Algorytm L: Algorytm D**

Przy pierwszym wywołaniu algorytmu D, współczynniki przenikania  $U$  są pobierane z Tabeli 11. ( Wsp.  $U$  dla przegród w zależności od roku budowy, na podstawie aktualnego rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie ) na podstawie wieku budynku. Są one dodatkowo modyfikowane z uwzględnieniem grubości zastosowanego ocieplenia, tak jak jest to przedstawione w tabeli:

Przegroda	Oznaczenie
Ściany zewnętrzne	$U_{SZ}' := 1 / (1/U_{SZ} + H_{SZ}/100/0,04)$
Okna zewnętrzne	$U_{OK}$
Drzwi zewnętrzne	$U_D$
Dach/Stropodach	$U_{PD}' := 1 / (1/(U_{PD}) + H_{PD}/100/0,04)$
Podłoga	$U_{PG}' := 1 / (1/(U_{PG}) + H_{PG}/100/0,04)$

W przypadku wywołania algorytmu D w ramach algorytmu L stosowane są docelowe współczynniki U, z pominięciem uwzględnionego przy pierwszym wywołaniu algorytmu D ocieplenia ścian.

Tabela 30. Nowe współczynniki U

Przegroda	Oznaczenie
Ściany zewnętrzne	$U_{\text{docelowe\_SZ}}$
Okna zewnętrzne	$U_{\text{docelowe\_OK}}$
Dach/Stropodach	$U_{\text{docelowe\_PD}}$
Podłoga	$U_{\text{docelowe\_PG}}$

Docelowe współczynniki U należy rozumieć jako wartości współczynnika przenikania ciepła obowiązujące w dniu wykonywania analizy zgodnie z przepisami określonymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2017 poz. 2285).

#### **Algorytm L: Algorytm E**

Ponowne wywołanie algorytmu D z zastosowaniem zmienionych współczynników U, wpływa na wartość obliczanej w ramach algorytmu D zmiennej  $H_{tr}$ . Zmienna  $H_{tr}$  wykorzystywana jest z kolei w algorytmie E, w którym wykorzystywana jest do obliczenia wartości  $Q_H$ . Konieczne jest ponowne wywołanie algorytmu E, z uwzględnieniem zmienionych wartości zmiennych generowanych przez ponowne wywołanie algorytmu D.

#### **Algorytm L: Algorytm F**

W przypadku wariantów termomodernizacji, w których rozpatruje się zainstalowanie kolektorów słonecznych (wariant 2 oraz wariant 4), konieczne jest ponowne wywołanie algorytmu F, ze względu na uwzględnienie w obliczeniach zmiennej  $Q_W$ , wartości  $Q_{KOL}$  ( $Q_{W-KOL} = Q_W - Q_{KOL}$ ). Powierzchnia instalowanych kolektorów określana jest jako:

$$A_{KOL}' := 0,65 * Q_{kW} [\text{kWh}] / 460$$

#### **Algorytm L: Algorytm G**

Dla każdego z rozpatrywanych wariantów modernizacji, z uwagi na zmianę dostępnych źródeł ciepła ponownie wywoływany jest algorytm G.

#### **Algorytm L: Algorytmy H, I, J, K**

Z uwagi na ponowne przeprowadzenie algorytmu G, konieczne jest wywołanie również kolejnych algorytmów.

#### **Efekty termomodernizacji**

Dla każdego wariantu należy pokazać efekty modernizacji według schematu poniżej. Wszystkie wartości sprzed rozdziału L oznaczono poniżej z indeksem „przed”, wartości bliźniacze obliczone w rozdziale L oznaczono natomiast z indeksem „po”. Obliczenia w rozdziale L należy wykonać dla każdego wariantu, który jest możliwy do wykonania, czego warunki określono na początku tego rozdziału.



Tabela 34. Sposób wyznaczania efektów modernizacji

Wariant	Zapotrzebowanie na energię końcową przed modernizacją	Zapotrzebowanie na energię końcową po modernizacji	Oszczędność energii, $\Delta Q$	Koszt modernizacji, K	Oszczędność kosztów, $\Delta K$	Prosty okres zwrotu nakładów	Redukcja emisji CO <sub>2</sub>
1.	$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}}$	$Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$	$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}} - Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$	$K_0 - K_K$	$\Delta Q * k_{kwh\_i}$	$K/\Delta K$	$\Delta Q * w_{co2i}$
2.	$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}}$	$Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$	$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}} - Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$	$K_0 - (K_K + K_{KOL})$	$\Delta Q * k_{kwh\_i}$	$K/\Delta K$	$\Delta Q * w_{co2i}$
3.	$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}}$	$Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$	$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}} - Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$	$K_0 - (K_K + K_{PC})$	$\Delta Q * k_{kwh\_i}$	$K/\Delta K$	$\Delta Q * w_{co2i}$
4.	$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}}$	$Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$	$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}} - Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$	$K_0 - (K_K + K_{PC} + K_{KOL})$	$\Delta Q * k_{kwh\_i}$	$K/\Delta K$	$\Delta Q * w_{co2i}$

$Q_{k(H+W)}_{\text{przed}}$  – stanowi sumę wartości  $Q_{KH}$  i  $Q_{KW}$  zwracanych przez pierwsze wywołanie algorytmu G

$Q_{k(H+W)}_{\text{po}}$  - stanowi sumę wartości  $Q_{KH}$  i  $Q_{KW}$  zwracanych przez ponowne wywołanie algorytmu G w ramach algorytmu L, dla rozpatrywanego w ramach danego wariantu zestawu nowych źródeł

$K_0$  – stanowi całkowity koszt termomodernizacji obliczony w ramach pierwszego wywołania algorytmu K

$K_K$  - koszt termomodernizacji obliczony w ramach algorytmu L, z uwzględnieniem zaktualizowanych właściwości termoizolacyjnych budynku (zmiany wynikają z ponownego wywołania algorytmu D w ramach algorytmu L)

$k_{kwh\_i}$  - cena jednostkowa dla źródła i określona w tabeli 26.

W przypadku wariantu 1 – gdy nowym źródłem jest kocioł na paliwa stałe:

- Jeśli w dotychczasowym układzie podano ilość i typ spalanych paliw - należy przyjąć ceny dla dotychczasowego paliwa wodącego (takiego, którego  $E_i$  było największe)
- Jeśli w dotychczasowym układzie nie podano ilości i typu spalanego paliwa – przyjmowana jest cena dla paliwa domyślnego dla kotła na paliwa stałe wg tabeli:

Grupy źródeł	Domyślne paliwo
Kocioł na paliwa stałe, Kominiek, Piec, Piecokuchnia, Piec wolnostojący, Piec kaflowy	Węgiel orzech
Kocioł gazowy	Gaz przewodowy
Kocioł olejowy	Olej opałowy

OSZACOWANIE WIELKOŚCI ZUŻYCIA		
Oceniany budynek		
Rodzaj budynku	Jednorodzinny / Wielorodzinny	
Adres budynku	Adres z ankiety	
Szacowany rok budowy budynku	Z ankiety; Jeśli podano przedział: mediana z przedziału	
Powierzchnia ogrzewana	$A_u$	

Obliczeniowa roczna ilość zużywanego nośnika energii przez budynek			
System techniczny	Rodzaj nośnika energii lub energii	Ilość nośnika energii lub energii	Jednostka/(m <sup>2</sup> rok)
Ogrzewania	1) nazwa źródła	dla źródła i: $E_{k\_CG\_i}$	$E_{k\_CG\_i} / A_u$
	n)		
Przygotowania ciepłej wody użytkowej	1) nazwa źródła	dla źródła i: $E_{k\_CWU\_i}$	$E_{k\_CWU\_i} / A_u$
	n)		

Podstawowe parametry techniczno-użytkowe budynku				
Liczba kondygnacji	3			
Kubatura budynku [m <sup>3</sup> ]	802,00			
Przegrody budynku	Nazwa przegrody	Opis przegrody	Współczynnik przenikania ciepła przegrody U [W/m <sup>2</sup> ·K]	
			uzyskany	wymagany <sup>15)</sup>
	1) SZ	Ściany zewnętrzne	$U_{SZ'}$	$U_{docelowe\_SZ}$
	2) OK	Okna zewnętrzne	$U_{OK}$	$U_{docelowe\_OK}$
	3) D	Drzwi zewnętrzne	$U_D$	$U_{docelowe\_D}$
	4) PD	Dach	$U_{PD'}$	$U_{docelowe\_PD}$
	5) PG	Podłoga	$U_{PG'}$	$U_{docelowe\_PG}$

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową EU [kWh/(m <sup>2</sup> rok)]			
	Ogrzewanie	Ciepła woda użytkowa	Suma
[kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	$EU_{CG\_i}$ (Alg. G pkt.3)	$EU_{CWU\_i}$ (Alg. G pkt.3)	suma
Udział [%]	odnieść do sumy	odnieść do sumy	
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię użytkową EU: suma kWh/(m <sup>2</sup> rok)			

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową EK [kWh/(m <sup>2</sup> rok)]			
Rodzaj nośnika energii lub energii	Ogrzewanie	Ciepła woda użytkowa	Suma
1) tabela 28	$EK_{CG\_i}$ (Alg. G pkt.4)	$EK_{CWU\_i}$ (Alg. G pkt.4)	suma
2)			
n)			
Suma [kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	suma	suma	
Udział [%]	odnieść do sumy	odnieść do sumy	
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię końcową EK: suma kWh/(m <sup>2</sup> rok)			

Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną EP [kWh/(m <sup>2</sup> rok)]			
Rodzaj nośnika energii lub energii	Ogrzewanie	Ciepła woda użytkowa	Suma
1) tabela 28	$EP_{CG\_i}$ (Alg. G pkt.5)	$EP_{CWU\_i}$ (Alg. G pkt.5)	suma
2)			
n)			
Suma [kWh/(m <sup>2</sup> rok)]	suma	suma	
Udział [%]	odnieść do sumy	odnieść do sumy	
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na energię pierwotną EP: suma kWh/(m <sup>2</sup> rok)			

Wskaźniki charakterystyki energetycznej	Oceniany budynek	Wymagania dla nowego budynku według przepisów techniczno-
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną	$EP = \sum EP_{CG\_i} + \sum EP_{CWU\_i}$ kWh/(m2 rok)	$EP = (EP_{rozp})$ kWh/(m2 rok)
Jednostkowa wielkość emisji CO <sub>2</sub>	$ECO2 = E_{CO2} + CO2/(m2 \text{ rok})$	

#### Zalecenia dotyczące potencjalnej termomodernizacji budynku

- 1) W celu zmniejszenia strat ciepła przez przegrody budynku zaleca się:
  1. Wymianę okien w budynku na okna o wsp.  $U = 0,9 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  i pow. ok.  $A_{OK}$  m<sup>2</sup>. Szacowany łączny koszt:  $K_{OK}$  zł."
  2. Ocieplenie Dach/Stropodach o pow. ok.  $A_{PD}$  m<sup>2</sup> - Styropian twardy, gr.  $H_{PD}^*$  cm i  $\lambda = 0,036 \text{ mK/W}$ . Szacowany łączny koszt ok.  $K_{PD}$  zł.
  3. Ocieplenie ścian zewnętrznych - Ocieplenie jednowarstwowe - metoda lekka-mokra lub lekka-sucha i pow. ok.  $A_{SZ}$  m<sup>2</sup> - Styropian twardy do bezspoinowych systemów ociepleń, gr.  $H_{SZ}^*$  cm i  $\lambda = 0,036 \text{ mK/W}$ . Szacowany łączny koszt:  $K_{SZ}$  zł.
  4. Ocieplenie pogłogi - Podłoga wielowarstwowa na gruncie i pow. ok.  $A_{PG}$  m<sup>2</sup> - Styropian do podłóg, gr.  $H_{PG}^*$  cm i  $\lambda = 0,038 \text{ mK/W}$ . Szacowany łączny koszt:  $K_{PG}$  zł.

Szacowany łączny koszt powyższych prac:  $K_O$  zł
- 2) W celu ocieplenia budynku zaleca się:
  1. Modernizację systemu grzewczego. Szacowany łączny koszt:  $K_{instH}^*Au$ 
    - a) wymianę wewnętrznej instalacji grzewczej (rurociągów rozprowadzających, armatury, grzejników, itp.),
    - b) wymianę źródła ciepła
  2. Modernizację systemu przygotowania ciepłej wody CWU. Szacowany łączny koszt:  $K_{instW}^*Au$ 
    - a) wymianę wewnętrznej instalacji ruroprowadzających, armatury, grzejników, itp.),
    - b) wymianę źródła ciepła.
  3. Wykonanie nowej instalacji kolektorów słonecznych o powierzchni  $AKOL'$  m<sup>2</sup>. Szacowany koszt instalacji wyniesie  $KKOL$  zł.

Szacowany łączny koszt powyższych prac:  $K_O$  zł

#### EFEKTY TERMOMODERNIZACJI

Standardowa termomodernizacja z wykonaniem ociepleń i wymianą kotła				
Oszczędność energii	Koszt	Oszczędność kosztów	Prosty okres zwrotu	Redukcja emisji CO <sub>2</sub>
$Q_k(H+W)_{przed} - Q_k(H+W)_{po}$	$K_O - K_K$	$\Delta Q * k_{kwh\_i}$	$K/\Delta K$	$\Delta Q * w_{co2i}$
Standardowa termomodernizacja z wykonaniem ociepleń, wymianą kotła i kolektorami słonecznymi				
Oszczędność energii	Koszt	Oszczędność kosztów	Prosty okres zwrotu	Redukcja emisji CO <sub>2</sub>
$Q_k(H+W)_{przed} - Q_k(H+W)_{po}$	$K_O - (K_K + K_{KOL})$	$\Delta Q * k_{kwh\_i}$	$K/\Delta K$	$\Delta Q * w_{co2i}$
Standardowa termomodernizacja z wykonaniem ociepleń i pompą ciepła				
Oszczędność energii	Koszt	Oszczędność kosztów	Prosty okres zwrotu	Redukcja emisji CO <sub>2</sub>
$Q_k(H+W)_{przed} - Q_k(H+W)_{po}$	$K_O - (K_K + K_{PC})$	$\Delta Q * k_{kwh\_i}$	$K/\Delta K$	$\Delta Q * w_{co2i}$
Standardowa termomodernizacja z wykonaniem ociepleń, pompą ciepła i kolektorami słonecznymi				
Oszczędność energii	Koszt	Oszczędność kosztów	Prosty okres zwrotu	Redukcja emisji CO <sub>2</sub>
$Q_k(H+W)_{przed} - Q_k(H+W)_{po}$	$K_O - (K_K + K_{PC} + K_{KOL})$	$\Delta Q * k_{kwh\_i}$	$K/\Delta K$	$\Delta Q * w_{co2i}$