



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE
WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA

KATEDRA Ekonomii, Finansów i Zarządzania Środowiskiem

Projekt inżynierski

Oplacalność inwestycji w odnawialne źródła energii dla domu jednorodzinnego w porównaniu do systemu opartego na węglu kamiennym

Profitability of investing in renewable energy sources for a detached house compared to a system based on hard coal.

Autor:
Kierunek studiów:
Opiekun pracy:

Wiktor Franciszek Kwiaton
Zarządzanie i Inżynieria Produkcji
Doktor inżynier Mariusz Trela

Kraków, 2020

Wstęp	3
1. Techniczne aspekty funkcjonowania wybranych urządzeń służących ogrzewaniu i produkcji energii elektrycznej	4
1.1 Urządzenia bazujące na nieodnawialnych źródłach energii.....	4
1.1.1 Kocioł węglowy z podajnikiem na ekogroszek.....	4
1.2 Urządzenia bazujące na odnawialnych źródłach energii	9
1.2.1 Pompa ciepła.....	9
1.2.2 Panele fotowoltaiczne	16
2. Opis techniczny badanego obiektu	23
3. Analiza inwestycyjna	26
3.1 Dofinansowanie do rozwiązań bazujących na odnawialnych źródłach energii	26
3.1.1 „Mój prąd”	26
3.1.2 Ulga termomodernizacyjna	26
3.1.3 „Czyste powietrze”	28
3.2 Obliczenia bilansów finansowych dla wybranych urządzeń.....	30
3.2.1 Kocioł węglowy.....	31
3.2.2 Pompa ciepła.....	34
3.2.3 Panele fotowoltaiczne	36
4. Analiza wrażliwości	41
5. Zakończenie	50
6. Spis rysunków.....	52
7. Spis tabel	53
8. Bibliografia	54

Wstęp

W ostatnich latach mocno zauważalny zaczął być trend proekologicznego zachowania. Wpływ na taki stan rzeczy mają zarówno media, jak i świat, który nas otacza. Oddziałuje to na wiele sfer naszego życia, z których jedną jest system zarządzania i ogrzewania domu. Systemy ogrzewania można podzielić na wykorzystujące odnawialne źródła energii oraz takie, które bazują na nieodnawialnych źródłach.

W pracy tej zostały przeanalizowane dwa rodzaje systemów ogrzewania domu jednorodzinnego. Jednym z nich jest ogrzewanie za pomocą kotła węglowego, który wykorzystuje nieodnawialne źródło ciepła (węgiel kamienny). Drugi system opiera się na pompie ciepła, która będzie współpracowała z panelami fotowoltaicznymi. Obydwa systemy zostaną poddane analizie finansowej z punktu widzenia poniesionych kosztów oraz zysków w okresie 25. lat.

W pracy starano się przedstawić bilans finansowy różnych rozwiązań ogrzewania domu jednorodzinnego. Aby to pokazać, w pierwszej kolejności zostały zebrane niezbędne dane na temat eksploatacji domów jednorodzinnych poprzez indywidualne rozmowy z właścicielami różnych domostw oraz dane znalezione w Internecie. Wszystkie urządzenia wykorzystane w pracy zostały wybrane z istniejących sklepów wraz z ich aktualnymi cenami. Kolejnym etapem było sporządzenie odpowiednich obliczeń wykonanych za pomocą programu Microsoft Excel, by wyliczyć poniesione zyski i koszty z inwestycji w poszczególne rozwiązania zastosowane w domu. Celem pracy jest stwierdzenie, czy inwestycja w urządzenia bazujące na odnawialnych źródłach energii po 25-letnim okresie użytkowania wiąże się z mniejszymi nakładami finansowymi w porównaniu do stosowania systemu opartego na węglu kamiennym.

W pierwszym rozdziale wytłumaczone zostały zasady działania wszystkich urządzeń, które będą brane pod uwagę w dalszej analizie. W kolejnych rozdziałach zostały przedstawione podstawowe dane badanego domu jednorodzinnego, analizowane modele systemów ogrzewania oraz co się w nich zawiera, a także zostały wymienione oraz wyjaśnione rodzaje dofinansowań, które można wykorzystać do stworzenia wybranych modeli. Przedstawiono także analizę finansową wybranych struktur wchodzących w skład wymienionych systemów. W ostatnim rozdziale przeprowadzono analizę wrażliwości wybranych danych, które mogą kształtować się inaczej na przestrzeni badanego okresu oraz porównano otrzymane wyniki w różnych wariantach oraz wyciągnięto z nich wnioski.

1. Techniczne aspekty funkcjonowania wybranych urządzeń służących ogrzewaniu i produkcji energii elektrycznej

W rozdziale przedstawiono, jak działają wykorzystywane w pracy urządzenia, czym się charakteryzują. Ponadto, wyjaśnia ich rodzaje oraz specyficzną terminologię. Przedstawiony zostanie także sposób ich implementacji w domu.

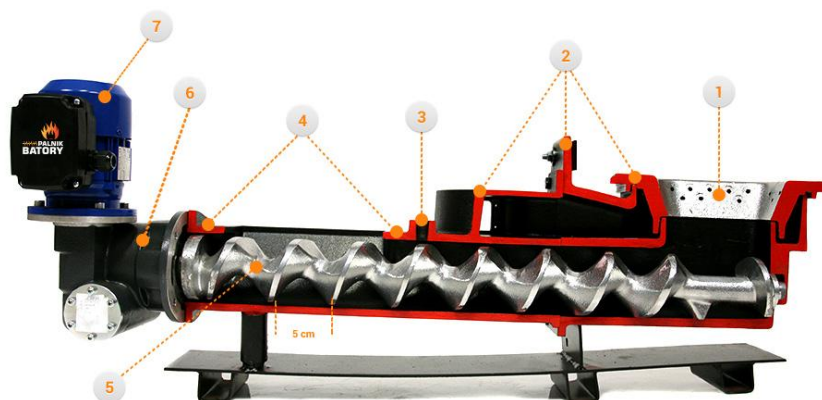
1.1 Urządzenia bazujące na nieodnawialnych źródłach energii

Urządzenie, które jest wykorzystywane w dalszej części pracy to kocioł węglowy wykorzystujący węgiel kamienny, który jest nieodnawialnym źródłem energii. Należy jednak zwrócić uwagę, że spotykane są także inne urządzenia ogrzewające dom, wykorzystujące nieodnawialne źródła energii, na przykład kocioł gazowy.

1.1.1 Kocioł węglowy z podajnikiem na ekogroszek

Kotły podajnikowe są jednym z rodzajów kotłów węglowych, prócz nich występują kotły spalania górnego, dolnego oraz górno-dolnego. Kotły górnego spalania charakteryzują się tym, że wylot spalin z paleniska do wymiennika odbywa się na suficie komory zasypowej, w przeciwieństwie do kotłów dolnego spalania, w których wylot spalin znajduje się u dołu paleniska. Same kotły podajnikowe także posiadają kilka rodzajów, różniących się głównie budową podajnika. Pierwszym z nich jest kocioł z palnikiem retortowym z podajnikiem ślimakowym. Powstały dwie generacje takich kotłów. Pierwsza z nich (retorta prosta) przystosowana jest tylko do spalania wysokiej klasy węgla (typu 31), który bardzo dobrze się spala, nie posiada kamieni, dodatkowego mialu, a także jest niekoksujący oraz niespiekający. Okazało się jednak, że nie było wystarczających dostaw takiego ekogroszku, co spowodowało znaczący wzrost ich cen. Wskutek rozprzestrzeniania się nowego typu kotłów powstał duży popyt na ekogroszek, przez co zdecydowano się na usprawnienie tej części, tworząc retortę II generacji. Charakteryzuje się ona głównie tym, że pozwala na spalanie węgla lekko koksującego i spiekającego się. W tym celu zostały wynalezione dwa rozwiązania, stosowane w takich kotłach, które to umożliwiły. Pierwszym z nich jest przeciwwzój na ślimaku, umieszczony pod paleniskiem. Sprawia to, że „żar jest rozluźniany i poruszany (a nie zbijany i przepychany przez kolano jak w retortach prostych), co pomaga spalać węgle spiekające

i miał”¹. Na rysunek 1 został przedstawiony schemat palnika retortowego wraz z podajnikiem ślimakowym, na którym można zauważyć zastosowany przeciwwzój. Znajduje się on pod palnikiem, który jest oznaczony na rysunku numerem 1, a sam ślimak jest oznaczony numerem 5.



Rysunek 1 Palnik retortowy z podajnikiem ślimakowym

Źródło: [Palnikbatory.pl](http://www.palnikbatory.pl), *Budowy palnika Batory*,

<http://www.palnikbatory.pl/media/images/publications/palnik1.jpg>

Drugie spotykane rozwiązanie to obrotowa korona palnika. Jest to „element, w którym znajdują się otwory napowietrzające palenisko”². Dzięki temu, że od czasu do czasu jest on obracany, daje to możliwość przemieszczenia żaru oraz rozbicia powstających spieków. Wygląd takiego elementu został przedstawiony na rysunku 2. Schemat z przekrojem pionowym całego kotła wraz z zainstalowanym palnikiem i ślimakiem znajduje się na rysunku 3.

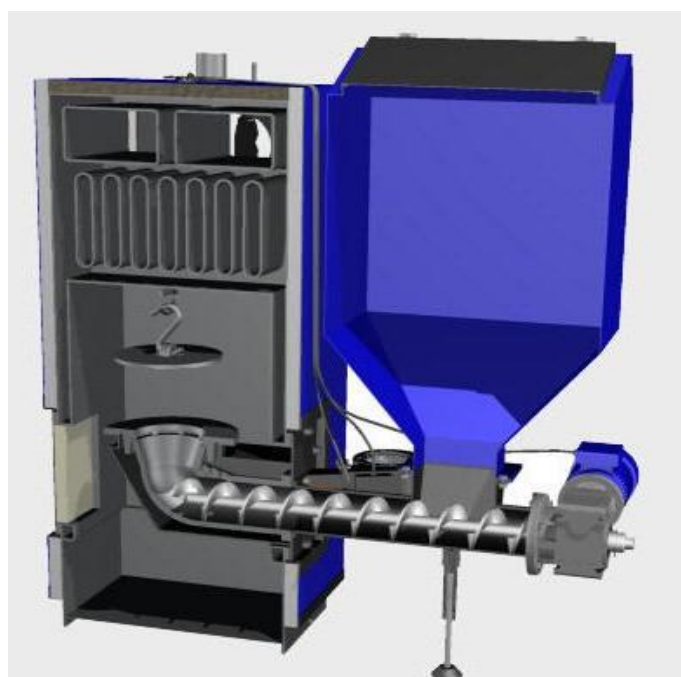
¹ Czyste Ogrzewanie ekonomiczne spalanie węgla i drewna, *Rodzaje kotłów węglowych*, pod adresem: https://czysteogrzewanie.pl/podstawy/rodzaje-kotlow-weglowych/#Kotly_podajnikowe

² Ibid.



Rysunek 2 Palnik retortowy II generacji z obrotową koroną napowietrzającą.

Źródło: Czyste Ogrzewanie ekonomiczne spalanie węgla i drewna, *Rodzaje kotłów węglowych*,
https://czysteogrzewanie.pl/podstawy/rodzaje-kotlow-weglowych/#Kotly_podajnikowe



Rysunek 3 Przekrój pionowy całego kotła z palnikiem retortowym.

Źródło: Vademecum dla uczniów technikum, *Kotły na biomase*, <http://www.instsani.pl/583/kotly-na-biomase>

Prócz kotłów z palnikiem retortowym istnieją jeszcze dwa rodzaje palników – rynnowy oraz tłokowy. Palnik rynnowy przedstawiony jest na rysunku 4. Nie posiada on zaokrąglonego kolana, jak w palniku retortowym, co umożliwia lżejszą pracę ślimaka, który przesuwa paliwo z jednego końca do drugiego. O ile w palniku retortowym spalanie

zachodziło współprądowo, a więc zarówno powietrze, jak i paliwo, jest podawane od dołu, w tym przypadku spalanie zachodzi poprzecznie. Dzieje się tak dlatego, że paliwo jest podawane w poziomie, a powietrze w pionie, przez otwory umieszczone w dolnej końcowej części rynny. Plusem takiego palnika nad poprzednim jest możliwość spalania gorszej jakości paliwa, ponieważ wszystko, co zostanie podane przez ślimak, nie będzie miało problemu w przejściu przez rynnę. Ponadto sam ślimak jest mniej obciążony, ponieważ nie musi „wyciskać” paliwa do góry, tylko przesuwają go w linii prostej. Zdecydowaną wadą takiego rozwiązania jest większa ilość substancji lotnych, które nie zostaną spalone, gdyż mogą uciekać w górę, nie spotykając się z żarem. Ostatnim rodzajem jest palnik tłokowy, który wyglądem nie różni się zbytnio od palnika rynnowego. Jediną zmianą jest to, że nie posiada ślimaka, który przeprowadza paliwo do rynny. Zamiast niego znajduje się tam tłok, który przesuwają paliwo. Dzięki temu posiada on jeszcze większą tolerancję na rodzaj paliwa, pozwalając na przesunięcie kiego i niewymiarowego opału. Znaczącą wadą tego paleniska jest duża ilość substancji lotnych, które nie będą miały kontaktu z żarem. Jest to zarazem rodzaj paleniska z kotłów podajnikowych, który będzie produkował, przez małą ilość spalanych substancji lotnych, najwięcej sadzy. Przy niskiej mocy, na przykład podczas ogrzewania wody, może dojść nawet do samoczynnego wygasania³.



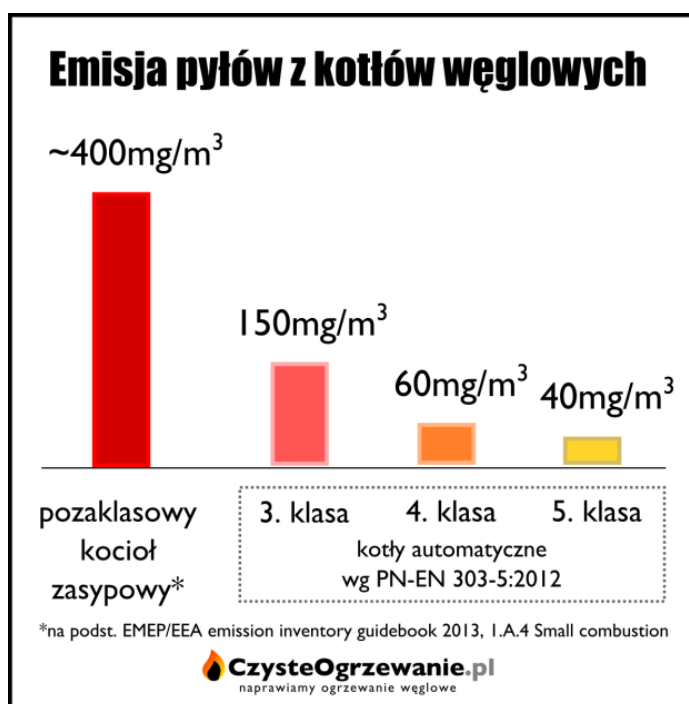
Rysunek 4 Palnik rynnowy

Źródło: Czyste Ogrzewanie ekonomiczne spalanie węgla i drewna, *Rodzaje kotłów węglowych*,
https://czysteogrzewanie.pl/podstawy/rodzaje-kotlow-weglowych/#Kotly_podajnikowe

³ Ibid.

Przy wyborze kotła z podajnikiem trzeba zwrócić uwagę nie tylko na jego moc oraz wielkość samego urządzenia, ale także na rodzaj palnika, który posiada. Dla nowoczesnego domu na pewno nie będzie dobrym rozwiązaniem kocioł tłokowy, który często pracuje z niską mocą, co prowadzi do problemów chociażby z samoczynnym wygasaniem. Dobrym rozwiązaniem będzie kocioł z palnikiem retortowym – mimo że żywotność ślimaka będzie mniejsza niż w przypadku palnika rynnowego, zapewni to lepsze spalanie węgla. Ponadto palniki retortowe dobrze spisują się przy pracy na niskich mocach.

W 2012 roku została wydana aktualna norma odnośnie emisji kotłów, a mianowicie PN-EN 303-5:2012. Wprowadzono w niej trzy klasy emisyjne, usuwając dwie, które istniały w pierwotnym wzorze. W ten sposób w normie znajdują się kotły klasy 3, 4 i 5. Czym wyższa klasa, tym niższa wartość emisji spalin. Na rysunku 5 została ukazana wizualizacja zmiany emitowanych pyłów dla różnych klas kotłów węglowych z podajnikiem⁴.



Rysunku 5 Porównanie kryteriów emisji pyłów z kotłów węglowych w zależności od klasy kotła

Źródło: Czyste Ogrzewanie, *Normy emisji dla domowych kotłów – Ecodesign i PN-EN 303-5:2012*,
<https://czysteogrzewanie.pl/podstawy/norma-pn-en-303-5-2012/>

⁴ Czyste Ogrzewanie ekonomiczne spalanie węgla i drewna, *Normy emisji dla domowych kotłów – Ecodesign i PN-EN 303-5:2012*, pod adresem: <https://czysteogrzewanie.pl/podstawy/norma-pn-en-303-5-2012/>

Od 2017 roku zaostrzono przepisy dotyczące dopuszczania kotłów na rynek konsumencki. Jedynie kotły węglowe 5. generacji od tego momentu mogły być produkowane i wypuszczane w obieg. Od 2020 roku zaczęła także obowiązywać dyrektywa Ecodesign, która wymaga od kotłów tego samego, co norma PN-EN 303-5:2012 dla kotłów 5. generacji, oraz kilka dodatkowych wymogów, w tym etykiety energetyczne⁵.

1.2 Urządzenia bazujące na odnawialnych źródłach energii

Przedstawione zostały cztery urządzenia, które korzystają z odnawialnych źródeł energii. Mimo że czasem występują dość znaczne różnice w sposobie funkcjonowania, wszystkie te urządzenia potrafią się uzupełniać i razem współpracować, zmniejszając w ten sposób sumaryczny negatywny wpływ na środowisko.

1.2.1 Pompa ciepła

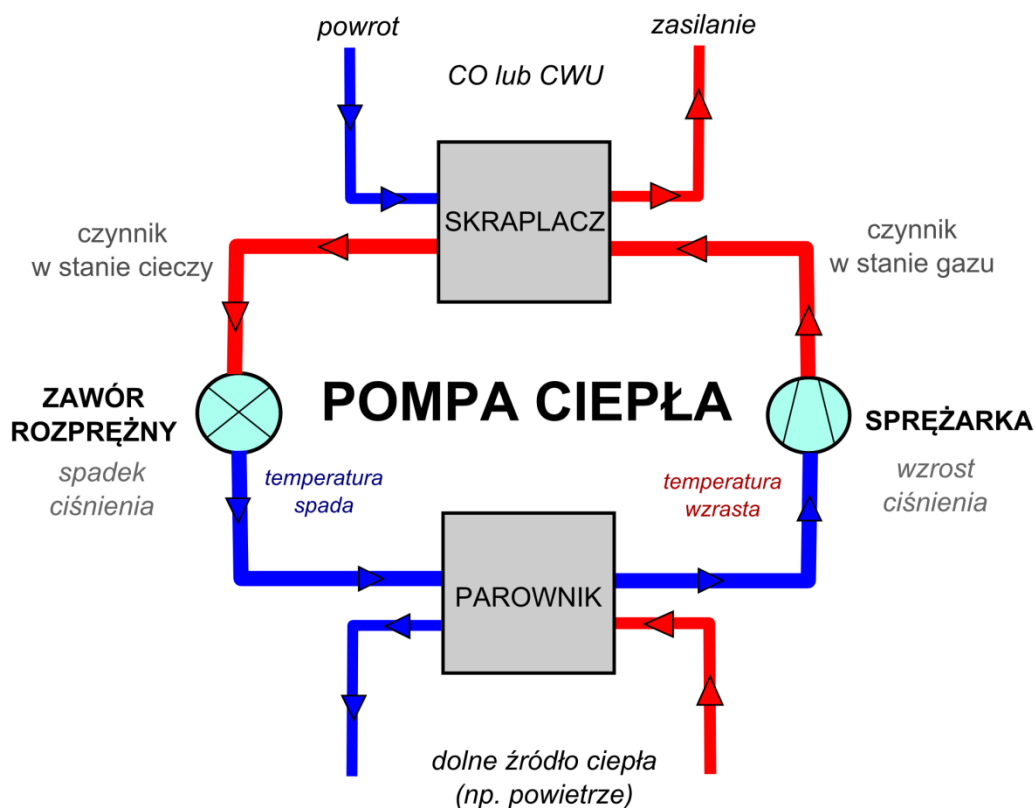
Pompa ciepła jest urządzeniem definiowanym jako maszyna cieplna lub urządzenie chłodnicze⁶. Wykorzystuje niskotemperaturową energię cieplną z odnawialnych źródeł. Jej zadaniem jest transport energii ciepła z miejsca o niższej temperaturze do miejsca o wyższej temperaturze. Przebieg tego procesu występuje wbrew normalnemu kierunkowi przepływu ciepła w przyrodzie dzięki wykorzystaniu energii mechanicznej lub cieplnej.

W przypadku pomp ciepła ważnymi pojęciami są trzy rodzaje obiegów: dolne i górne źródło ciepła oraz obieg termodynamiczny. Górne źródło ciepła to nic innego jak instalacja grzewcza, która bezpośrednio ogrzewa dom, między innymi grzejniki oraz rury, które doprowadzają i odprowadzają czynnik roboczy w obiegu, którym zazwyczaj jest woda. W ten sposób czynnik wysyłany do grzejników ma wyższą temperaturę od temperatury czynnika odbieranego przez pompę ciepła. Natomiast dolne źródło to część instalacji, która pobiera ciepło z powietrza lub gruntu. Dlatego też czynnik roboczy wysyłany z pompy ma niższą temperaturę niż temperatura powracającego czynnika roboczego. Obieg termodynamiczny znajduje się wewnątrz pompy ciepła⁷. Układ tego podziału ukazuje rysunek 6.

⁵Ibid.

⁶T. Mania, J. Kawa, *Inżynieria instalacji pomp ciepła*, Bydgoszcz, 2016, s. 9.

⁷W. Leśniak, M. Janczar-Smuga, W. Podgórski, M. Klinowski, *Nauki inżynierskie i technologie „Pompy ciepła – ekologiczne źródło energii odnawialnej*. 2012, s. 79.



Rysunek 6 Schemat budowy pompy ciepła z uwzględnieniem obiegów

Źródło: D. Czernik, *Schemat pracy pompy ciepła*, https://okieminzyniera.pl/pompa-ciepła-ciepło-z-ziemi-wody-lub-powietrza/pompa_ciepła_schemat2a/?cli_action=1596998795.586

Na powyższym schemacie (rysunek 6) widać w uproszczeniu budowę oraz działanie samej pompy ciepła, w której znajduje się obieg termodynamiczny. Parownik służy jako łącznik pomiędzy dolnym źródłem ciepła a pompą. Ciepło jest przekazywane do obiegu termodynamicznego. Dzięki przemianom termodynamicznym czynnik roboczy w pompie w niskiej temperaturze zmienia stan skupienia w gaz, a następnie wędruje do sprężarki. W tym miejscu następuje podniesienie ciśnienia i sprężenie gazu w celu wydzielenia dużej ilości ciepła, a co za tym idzie – podniesieniu temperatury gazu. Następnie ciepły gaz transportowany jest do skraplacza, który jest łącznikiem pompy ciepła z górnym źródłem ciepła, a więc instalacją centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej, jeśli pompa ciepła także jest odpowiedzialna za jej ogrzewanie. Po oddaniu znacznej ilości ciepła czynnik roboczy skrapla się i jest przekazywany do zaworu rozprężnego, w którym następuje spadek ciśnienia, w celu dozowania odpowiedniej ilości czynnika roboczego w układzie.

Ochłodzony oraz pod mniejszym ciśnieniem powraca do parownika, gdzie następuje kolejny cykl⁸.

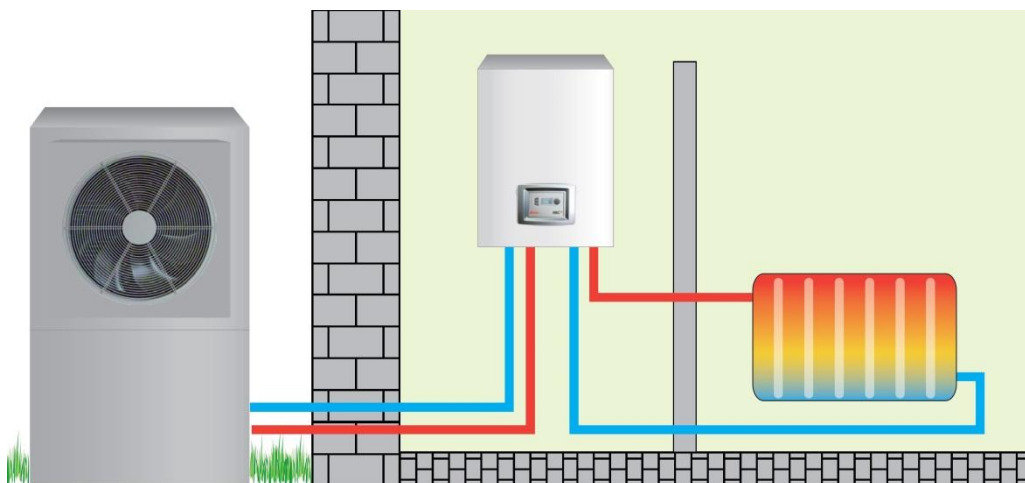
Typy pomp ciepła

Pompy ciepła można podzielić na kilka rodzajów w zależności od metody odzysku ciepła. Jedną z najczęściej spotykanych pomp ciepła jest pompa powietrze/woda, której schemat znajduje się na rysunku 7. Pierwsza część odnosi się do czynnika, który pobiera ciepło i transportuje go do obiegu termodynamicznego, a więc do pompy ciepła, zaś druga do czynnika roboczego znajdującego się w górnym źródle ciepła. W pierwszym przypadku, gdy ciepło jest pobierane z powietrza, mamy do czynienia z powietrzną pompą ciepła. W tej sytuacji ciepło jest pobierane bezpośrednio z powietrza, bez udziału dodatkowego czynnika roboczego w dolnym źródle. Następnie poprzez obieg termodynamiczny ciepło przekazywane jest do górnego źródła ciepła, w którym krąży woda. Może to być instalacja oparta na grzejnikach lub na ogrzewaniu płaszczyznowym. Spotykany też jest system nawiewowy, który zastępuje wodę w górnym źródle ciepła na powietrze, wtedy mamy do czynienia z pompą ciepła powietrze/powietrze. Innymi rodzajami pomp ciepła są woda/woda, solanka/woda oraz bezpośrednie parowanie/woda. Wszystkie trzy wiążą się z instalacją gruntowej pompy ciepła. Pierwsza z nich – woda/woda – polega na bezpośrednim pobieraniu ciepła z wody. Schemat instalacji tego typu przedstawiono na rysunku 8. W tym przypadku korzysta się z dwóch studni – chłonnej oraz zrzutowej. Ciepło jest pobierane prosto z wody i podobnie jak w powietrznej pompie ciepła, nie występuje dodatkowy czynnik roboczy⁹. W przypadku dwóch ostatnich rodzajów pomp ciepła różnica występuje jedynie w przypadku budowy na poziomie instalacyjnym, a sposób działania pozostaje podobny. Solanka występująca w jednym z nich to ułatwienie w nazewnictwie, ponieważ w ten sposób określany jest czynnik niezamarzający, jak na przykład roztwór glikolu propylenowego z wodą. Roztwór, wędrując w głąb ziemi, pobiera ciepło z gruntu, a następnie przesyła go z powrotem do obiegu termodynamicznego. W przypadku pompy bezpośrednie parowanie/woda solanka nie występuje, a obieg dolnego źródła i obieg termodynamiczny jest

⁸ A. T. Papliński, *Pompa ciepła. Budowa i zasada działania pompy ciepła*, pod adresem: <https://www.muratorplus.pl/technika/ogrzewanie/abc-pomp-ciepła-budowa-i-zasada-działania-pompy-ciepła-aa-38o9-za8Q-zQwx.html>

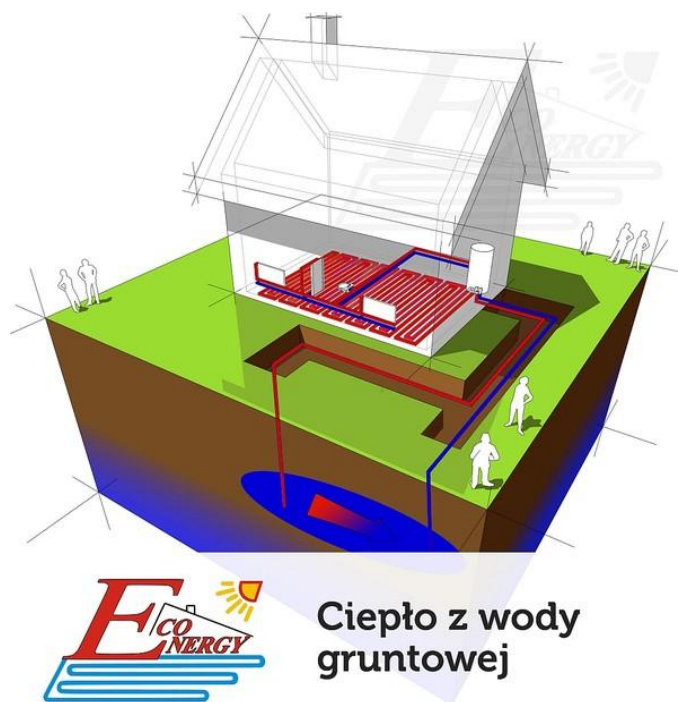
⁹ EcoEnergy, *Pompy ciepła grunt woda*, pod adresem: <http://ecoenergy.com.pl/pompy-ciepła-grunt-woda>

połączony i występuje w nich ta sama substancja. Eliminuje się wtedy jeden czynnik roboczy¹⁰.



Rysunek 7 Schemat działania pompy ciepła typu powietrze/woda

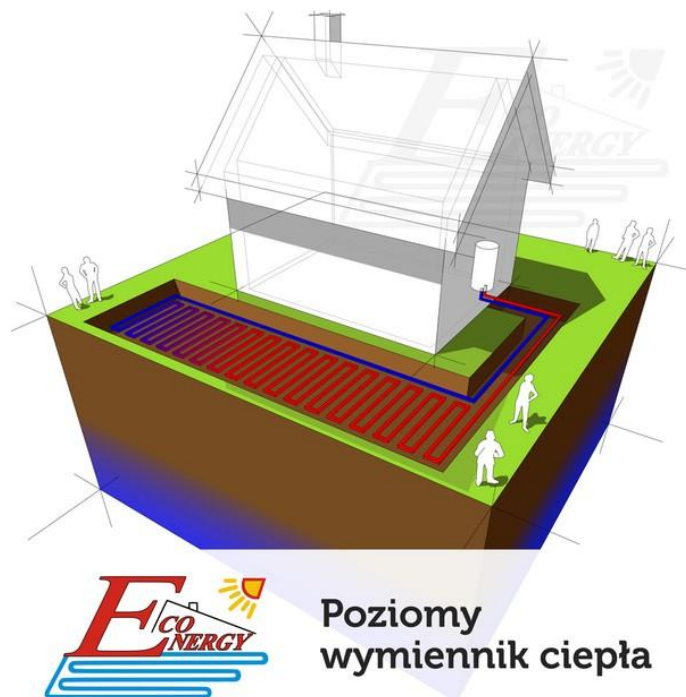
Źródło: P. Orzechowski, *OZE – pompy ciepła Auer*, <https://www.instalator.pl/2015/10/oze-pompy-ciepła-auer/>



Rysunek 8 Schemat działania pompy ciepła typu woda/woda

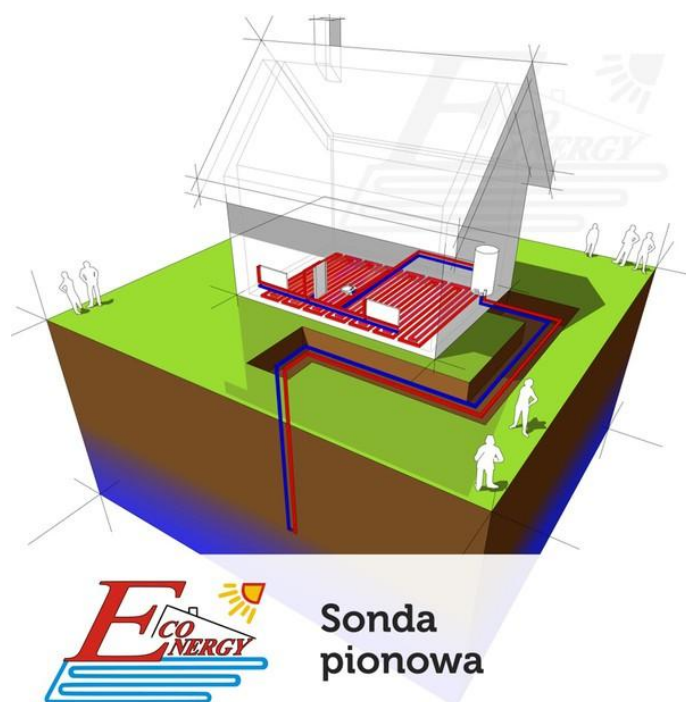
Źródło: EcoEnergy, *Pompy ciepła grunt – woda*, <http://ecoenergy.com.pl/pompy-ciepła-grunt-woda>

¹⁰ W. Leśniak, *Nauki inżynierskie i technologie „Pompy ciepła...”, op. cit., s. 80.*



Rysunek 9 Schemat działania pompy ciepła typu solanka/woda kolektor poziomy

Źródło: Ibid.



Rysunek 10 Schemat działania pompy ciepła typu solanka/woda kolektor pionowy

Źródło: Ibid.

W przypadku gruntowej pompy ciepła typu solanka/woda lub bezpośrednie parowanie/woda istnieją dwa sposoby instalacji dolnego źródła ciepła. Pierwszym z nich jest kolektor poziomy, przedstawiony na rysunku 9. Polega on na zakopaniu wężownic z rur poniżej strefy przemarzania gruntu, która w Polsce kończy się od 1 do 1,5 metra w głąb ziemi, zależnie od miejsca w kraju. Taka instalacja wiąże się z posiadaniem działki o znacznych rozmiarach, ponieważ wymaga ona dużej powierzchni, by działała efektywnie. Ponadto, przy jej budowie cały teren musi zostać rozkopany, co może być problematyczne w kwestii zasadzonych roślin. Drugim sposobem instalacji jest kolektor pionowy, który bazuje na głębokich, kilkunastometrowych odwiertach w ziemi, co jest ukazane na schemacie na rysunku 10. Instalacja ta wiąże się z większymi kosztami w porównaniu z kolektorem poziomym, ze względu na potrzebę użycia specjalistycznego sprzętu niezbędnego do wykonania odwiertów. Zaletą tego rozwiązania jest brak konieczności posiadania dużej działki oraz tylko nieznaczna jej dewastacja w porównaniu do instalacji poziomej. Trzeba także pamiętać, że przy takim przedsięwzięciu niezbędne jest wykonanie projektu prac geologicznych. Kolejną zaletą tego rozwiązania jest najbardziej stabilna temperatura ze wszystkich rozwiązań. Poniżej piętnastu metrów jest ona niezmienna przez cały rok, co daje możliwość lepszej eksploatacji. W okresie zimowym temperatura ta jest wykorzystywana do ogrzewania domu, a w okresie letnim źródło się regeneruje, gdyż przepływ temperatury tak głęboko w glebie następuje powoli. Trzeba natomiast w obydwu przypadkach stworzyć wystarczająco duże źródło dolne, by temperatura zdążyła się zregenerować przed następnym sezonem grzewczym¹¹.

W przypadku pomp ciepła wykorzystujących jako dolne źródło grunt jest także możliwość chłodzenia domu. Chłodzenie może się odbywać w sposób pasywny oraz aktywny. W przypadku chłodzenia pasywnego sprężarka nie jest wykorzystywana, a więc uzyskujemy wysoką sprawność energetyczną, dającą niskie koszty eksploatacji. Tym sposobem pomagamy także dolnemu źródłu ciepła szybciej i efektywniej się zregenerować poprzez dostarczanie ciepła z domu. Należy jednak uważać, by nie doprowadzić do zbyt dużego nagrzania kolektora w przypadku kolektorów poziomych, ponieważ może to doprowadzić do negatywnych skutków życia fauny i flory oraz do zjawisk pogarszających efektywność działania kolektora. Drugim rozwiązaniem jest chłodzenie aktywne, które polega na

¹¹ J. Antkiewicz, *Gruntowe pompy ciepła – podstawowe informacje i koszty*, pod adresem: <https://budujemydom.pl/instalacje/pompy-ciepla/a/23956-gruntowe-pompy-ciepla-podstawowe-informacje-i-koszty>

odwróceniu działania parownika oraz skraplacza w ten sposób, że centralne ogrzewanie odbiera zimno z pompy ciepła i chłodzi dom. Różnica polega na tym, że w tym przypadku sprężarka jest włączona i pompa ciepła zużywa więcej energii. Podczas tego zjawiska pompa ciepła wytwarza wodę lodową do chłodzenia pomieszczeń w domu, a ciepło wykorzystuje do ogrzewania cieplej wody użytkowej, gdy jej temperatura osiągnie wartość graniczną. Poprzez układ automatyki ciepło zostaje oddawane do dolnego źródła ciepła w celu szybszej i efektywniejszej regeneracji. Chłodzenie aktywne może być wykorzystywane tak długo, aż temperatura solanki nie osiągnie w tygodniu średnio 21 stopni Celsjusza lub do wartości szczytowej 27 stopni Celsjusza¹².

Wskaźniki pompy ciepła

Przy decyzji dotyczącej instalacji pompy ciepła należy zwrócić uwagę na kilka wskaźników, jakie opisują pompę ciepła i mają największe znaczenie przy jej eksploatacji. Pierwszym z nich jest moc pompy ciepła. Musi być ona dopasowana do budynku, w którym ma się znajdować. Wpływ na niezbędną moc będzie miało bardzo wiele czynników, takich jak grubość i jakość ocieplenia, czy rodzaj zastosowanej wentylacji. Odpowiednia moc pompy jest niezbędna, gdyż zbyt mała może doprowadzić do niemożności ogrzania domu, a zbyt duża do nadmiarowego zużycia energii. Kolejnym bardzo ważnym wskaźnikiem odnośnie pompy jest współczynnik COP (Coefficient of Performance). Określa on stosunek wyprodukowanej energii (Q_k) do ilości energii pobranej z sieci (P), przedstawiony przez poniższy wzór:

$$COP = \frac{Q_k}{P}$$

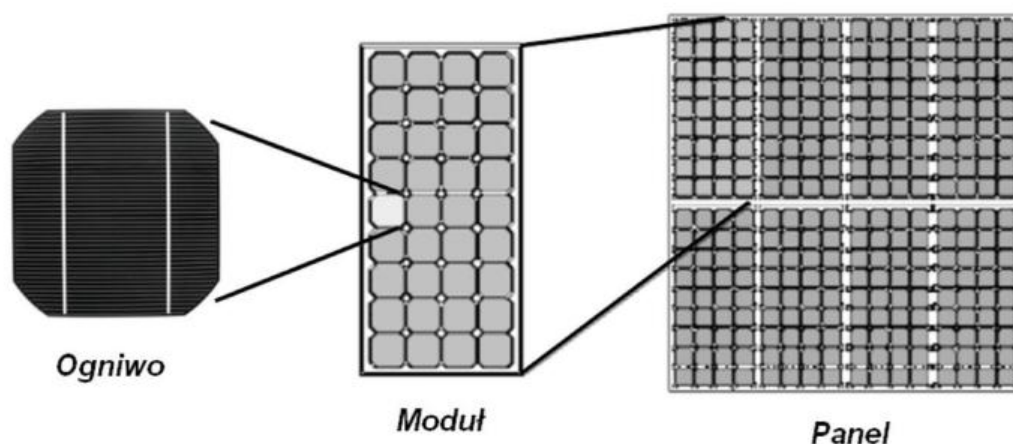
Dlatego też czym wyższy wskaźnik COP pompy ciepła, tym jest ona wydajniejsza. Drugim wskaźnikiem, który wprowadzono dyrektywą w 2009 roku, jest sezonowy współczynnik efektywności energetycznej SPF (Seasonal Performance Factor) lub SCOP (Seasonal Coefficient of Performance). Wskaźnik ten oblicza się identycznie jak COP, jednak w tym wypadku nie bierzemy danych laboratoryjnych, a dane rzeczywiste. Są one pobierane z domu, w którym dana pompa pracuje przez jeden rok. Następnie wyznacza się wartość wskaźnika. Znajomość wskaźnika SPF daje większe możliwości szacowania zużycia energii

¹² U. Piszczatowska, M. Żukowski, *Budownictwo i inżynieria środowiska*, „Charakterystyka aktywnych i pasywnych systemów chłodzenia za pomocą pomp ciepła”, 2010, s.241-242.

przez pompę ciepła, ponieważ wiadomo, jak będzie się zachowywać w naturalnych warunkach¹³. Należy zwrócić uwagę, że zarówno COP, jak i SPF, będzie różne w zależności od wymaganej temperatury, do jakiej potrzeba ogrzać czynnik roboczy, a także od rodzaju pompy ciepła. Najczęściej w przedstawionych parametrach danej pompy ciepła znajduje się współczynnik COP, który podaje efektywność podgrzewania czynnika roboczego do temperatury z przedziału [0°C, 35°C]. Niektórzy producenci podają także COP dla temperatur od 0°C do 45°C¹⁴.

1.2.2 Panele fotowoltaiczne

Urządzenia te mają za zadanie przemianę promieniowania słonecznego w energię elektryczną. Zazwyczaj instaluje się ich kilka lub kilkanaście, by uzyskać wymaganą moc całej instalacji do zaspokojenia potrzeb domu. Każdy pojedynczy panel posiada określoną przez producenta moc. Składa się on z modułów, które tworzą ogniwa, co przedstawiono na rysunku 11¹⁵.



Rysunek 11 Budowa modułu i panelu fotowoltaicznego

Źródło: W. Jaskółowski, J. Wiatr, *Zeszyty Naukowe SGSP*, „Instalacje fotowoltaiczne. Podstawy fizyczne działania. Ochrona odgromowa. Zasady neutralizacji zagrożeń porażenia prądem elektrycznym w czasie pożaru.”. 2016, nr 59/3/2016, s. 79-81.

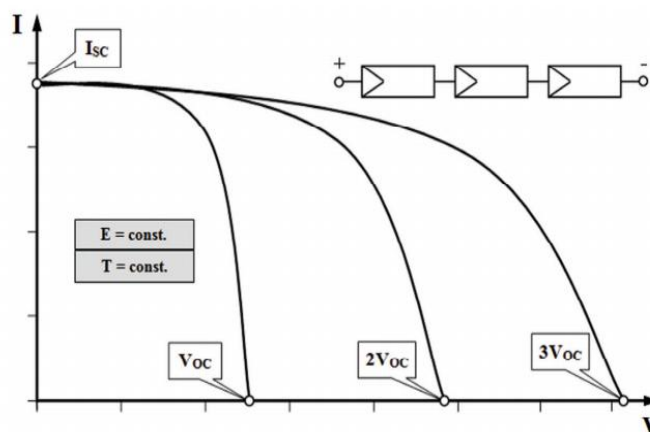
¹³ T. Bohdal, H. Charun, M. Sikora, *Rocznik ochrony Środowiska*, „Wybrane aspekty prawno – techniczne i ekologiczne stosowania sprężarkowych pomp ciepła”, 2015, s.467-469.

¹⁴ Pompy ciepła Dimplex Polska, pod adresem: <https://dimplex.pl/product/si-14tu/#szczegoly>

¹⁵ W. Jaskółowski, J. Wiatr, *Zeszyty Naukowe SGSP*, „Instalacje fotowoltaiczne. Podstawy fizyczne działania. Ochrona odgromowa. Zasady neutralizacji zagrożeń porażenia prądem elektrycznym w czasie pożaru”, 2016, nr 59/3/2016, s. 79-81.

Ogniwa fotowoltaiczne mogą być zbudowane z kilku rodzajów materiału. Jednym z częściej spotykanych są ogniwa wykonane z krzemu krystalicznego. Moduły mogą być łączone zarówno szeregowo, równolegle, jak i szeregowo-równolegle. W przypadku połączenia szeregowego otrzymuje się większe napięcie, jednak „najsłabsze ogniwo” będzie determinowało działanie całego ogniwa, obniżając jego jakość. W tym przypadku prąd jest stały, a napięcie jest sumą napięć modułów. Zupełnie inaczej jest w przypadku połączenia równoległego, gdzie napięcie jest takie samo, zaś prąd jest sumą prądów modułów. W przypadku połączenia szeregowo-równoległego moduły „mają charakterystyki, których kształt i punkty charakterystyczne zależą od liczby połączonych ze sobą modułów i sposobu ich połączenia.”. Porównanie szeregowego i równoległego sposobu łączenia modułów znajduje się na rysunkach 12-13¹⁶.

Instalowane panele na dachach domów jednorodzinnych posiadają najczęściej połączenie szeregowo ogniw. Dopiero w przypadku większych instalacji są one dodatkowo łączone równolegle. By przeciwdziałać problemowi zacieniania paneli, w konsekwencji obniżając ich napięcie, stosowane są diody. Stanowią one tak zwany „bypass”, a więc obejście. Polega ono na pominięciu zacienionych części paneli w celu niezmienniania napięcia układu^{17 18}.



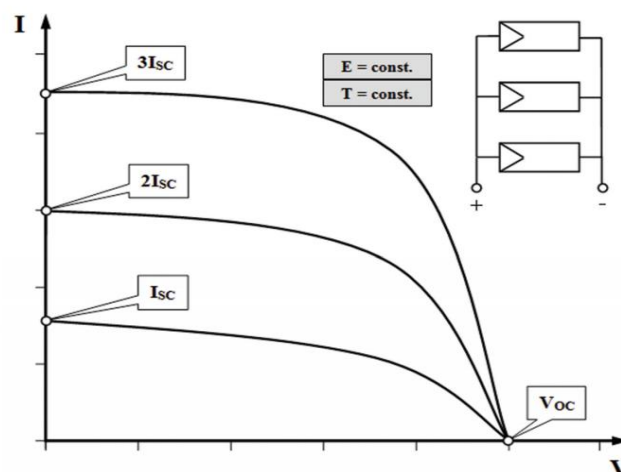
Rysunek 12 Charakterystyka prądowo-napięciowa o połączeniu szeregowym ogniw

Źródło: Ibid., s. 83

¹⁶ Ibid., s. 82-85.

¹⁷ Ibid., s.84.

¹⁸ P. Kowalski, Magazyn instalatora, *Fotowoltaika bez tajemnic (3)*, <https://www.instalator.pl/2016/03/fotowoltaika-bez-tajemnic-3/>



Rysunek 13 Charakterystyka prądowo-napięciowa o połączeniu równoległym ogniw

Źródło: Ibid., s. 84

Istnieje kilka rodzajów stosowanych na dzień dzisiejszy ogniw, wykorzystywanych w panelach fotowoltaicznych. Można je podzielić na cztery generacje, które znacząco różnią się wykorzystywanym materiałem do ich budowy. Są to ogniwa: krzemowe (mono- oraz multi- krystaliczne), cienkowarstwowe, organiczne i barwnikowe oraz sensybilizowane kropkami kwantowymi. Wcześniej wspomniane ogniwa krzemowe dzielą się na dwa rodzaje. Pierwszy z nich, charakteryzujący się większą wydajnością, to ogniwa krzemowe monokrystaliczne, natomiast drugi, posiadający mniejszą wydajność, to ogniwa multikrystaliczne. Dla odbiorców domów jednorodzinnych są to najczęściej spotykane rodzaje ogniw w panelach. Ich żywotność jest szacowana na 20 do 30 lat, później zaś są poddawane recyklingowi, w którym 97% materiałów z panelu może zostać odzyskanych do ponownego użytkowania. Najważniejsze parametry różnego rodzaju ogniw zostały ukazane w tabeli 1¹⁹.

Analizując dane w tabeli 1, łatwo zauważyć, że najczęściej stosowane panele na rynku komercyjnym nie posiadają aktualnie największej możliwej wydajności, która charakteryzuje ogniwa wielozłączowe GaInP/GaAs. Okazuje się, że dotychczas znalazły one zastosowanie jedynie w lotnictwie i kosmonautyce z powodu wysokiego kosztu produkcji²⁰. Należy

¹⁹ A. Żelazna, A. Zbyd, A. Pawłowski, *Czasopismo inżynierii lądowej, środowiska i architektury*, „Porównanie wybranych paneli fotowoltaicznych na podstawie bilansu materiałowo-energetycznego w ich cyklu życia”, lipiec – wrzesień 2014, s.559-562.

²⁰ E. Dumiszewski, P. Knypski, M. Wesołowski, W. Strupiński, *Przegląd elektrotechniczny*, „Wielozłączowe ogniwa słoneczne”, 2014, nr 5, s. 215.

zwrócić jednak uwagę, że są to dane z 2014 roku, jednak w Polsce nadal nie są one dostępne w ofertach firm instalujących panele fotowoltaiczne.

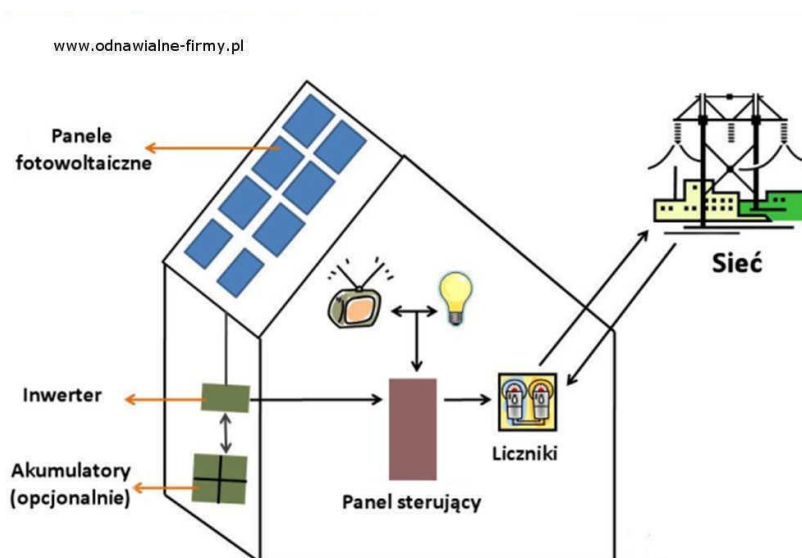
Tabela 1 Porównanie wydajności różnych rodzajów ogniw słonecznych

Rodzaj ogniwa słonecznego	Wydajność komercyjna	Wydajność laboratoryjna	Gęstość prądu zwarcia [mA/cm ²]	Napięcie obwodu otwartego [V]
Krzemowe				
Si monokrystaliczny	15% ^{a)} 22% ^{b)}	23% ^{a)} 24,7% ^{c)} 25% ^{f)}	35 ^{a)} 42,2 ^{c)} 42,7 ^{f)}	0,55 ^{a)} 0,7 ^{c)} 0,706 ^{f)}
Si multikrystaliczny	13% – 15% ^{a)} 14% – 18% ^{b)}	20,3% ^{c)} 20,4% ^{f)}	37,7 ^{c)} 38 ^{f)}	0,6 ^{c)} 0,66 ^{f)}
Cienkowarstwowe				
Si amorficzny	6% – 8% ^{a)} 7,1% ^{b)}	10,4% ^{b)} 9,5% ^{c)}	15 ^{a)} 17,5 ^{c)}	0,8 ^{a)} 0,86 ^{c)}
CdTe	8% ^{a)} 11,2% ^{b)}	16% ^{a)} 16,5% ^{b)} 16,5% ^{c)}	25,9 ^{c)}	0,8 ^{c)}
CIS/CIGS	13% ^{a)} 12,1% ^{b)}	17% ^{a)} 20,3% ^{b)} 18,8% ^{c)}	34 ^{c)}	0,7 ^{c)}
GaAs	23,3% ^{d)}	24,5% ^{c)} 28,8% ^{f)}	28,8 ^{c)} 29,6 ^{f)}	1 ^{c)} 1,05 ^{d)} 1,12 ^{f)}
Wielozłączowe				
GaInP/GaAs	30% – 38% ^{b)} 30,3% ^{d)}	30,3% ^{c)} 38% ^{f)}	14,22 ^{c)} 14,27 ^{f)}	2,48 ^{c)} 2,4 ^{d)} 3,06 ^{f)}
aSi/μcSi	9% ^{b)}	11,7% ^{c)}	2,99 ^{c)}	5,46 ^{c)}
Organiczne	6% ^{b)}	5,15% ^{c)} 8,5% ^{f)}	9,4 ^{c)} 15,87 ^{f)}	0,87 ^{c)} 0,8 ^{f)}
DSSC	2% – 4% ^{b)}	8% – 12% ^{b)c)} 10,4% ^{c)} 15% ^{f)}	21,8 ^{c)} 20 ^{f)}	0,729 ^{c)} 0,99 ^{f)}

Źródło: A. Żelazna, A. Zbyd, A. Pawłowski, *Czasopismo inżynierii lądowej, środowiska i architektury*, „Porównanie wybranych paneli fotowoltaicznych na podstawie bilansu materiałowo-energetycznego w ich cyklu życia”, lipiec – wrzesień 2014, s.559-562.

Instalacja fotowoltaiczna w budynkach jednorodzinnych może występować w dwóch systemach. Pierwszym z nich jest system autonomiczny, w którym zgromadzona energia jest magazynowana w prywatnych magazynach energii. Ten rodzaj jest jednak rzadko używany, ponieważ ceny prywatnych magazynów energii są wysokie i nieopłacalne z punktu widzenia

takiego konsumenta. Drugim często spotykanym rodzajem jest system dołączony do sieci elektrycznej. W tym przypadku nadmiar energii jest wysyłany do elektrowni, w której jest przechowywany i oddawany w momencie, gdy ta energia jest potrzebna. Poza panelami oraz magazynem energii, do prawidłowego funkcjonowania całej instalacji niezbędny jest inwerter (falownik). Jego zadaniem jest zamiana prądu stałego generowanego przez panele fotowoltaiczne na prąd zmienny, dostosowując go do instalacji zasilającej budynek²¹. Ponadto wymagany jest panel sterujący oraz licznik, jednak te elementy są potrzebne w budynku nawet wtedy, gdy korzystamy tylko z energii pobieranej od dostawcy prądu. Cały schemat takiego systemu został przedstawiony na rysunku 14.



Rysunek 14 Schemat instalacji fotowoltaicznej z przyłączem do sieci

Źródło: Odnawialne-Firmy, *Podział ogniw fotowoltaicznych, moduły i instalacje*, <https://www.odnawialne-firmy.pl/wiadomosci/pokaz/12,podzial-ogniw-fotowoltaicznych-moduly-i-instalacje>

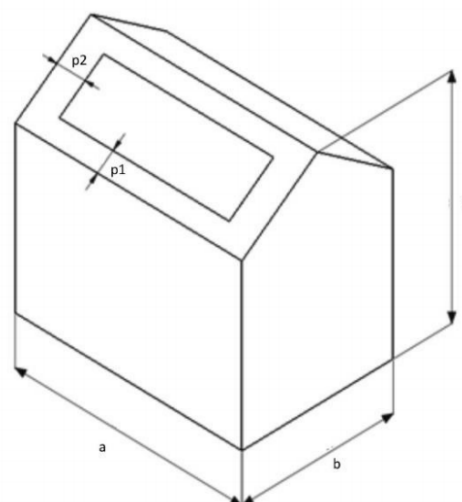
Należy zaznaczyć, że instalacja fotowoltaiczna nie powinna być założona na całym dachu. Istnieją prawne ograniczenia, które określają minimalne odległości od krawędzi dachu, które powinny zostać niezabudowane ze względu zwiększonego obciążenia wiatrem tych miejsc. Odległości te powinny wynosić co najmniej 20cm. By odpowiednio określić odległości, które

²¹ W. Jaskółowski, „Instalacje fotowoltaiczne...”, op. cit., s. 78-79.

powinny zostać zastosowane, powinno się je wyliczyć za pomocą wzorów, które znajdują się na rysunku 15. Wśród dwóch wyników dla P1 oraz P2 wybiera się niższy²².

$P1 = a/10$ lub $h/5$ (mniejsza wartość jest miarodajna)

$P2 = b/10$ lub $h/5$ (mniejsza wartość jest miarodajna)



Rysunek 15 Wzory oraz wizualizacja obliczenia minimalnych odległości od krawędzi dachu dla instalacji fotowoltaicznych

Źródło: Belos- PLP, *Instrukcja instalacji konstrukcji montażowej na dachach z pokryciem ceramicznym i betonowym dla modułów fotowoltaicznych*

Dla obliczenia uzyskiwanej energii dla instalacji fotowoltaicznej bardzo ważne jest jej ułożenie w kierunku południowym oraz kąt nachylenia dachu, na jakim się znajduje. Ma to wpływ na tak zwany współczynnik korekcyjny, którego wartość zależy od tych dwóch parametrów. Im wyższy współczynnik, tym większa efektywność instalacji fotowoltaicznej. Wartości te zostały przedstawione w tabeli 2. Na czarnym pasku w kolumnie wypisane są kąty nachylenia dachu, zaś w czarnym wierszu kąty odchylenia instalacji od południa. Najwyższe wartości współczynnika są osiągane przy idealnym położeniu instalacji w kierunku południowym oraz przy kącie nachylenia dachu między wartościami 30 oraz 40²³.

²² Belos-PLP, *Instrukcja instalacji konstrukcji montażowej na dachach z pokryciem ceramicznym i betonowym dla modułów fotowoltaicznych*, 1.01.2017

²³ Kompania Solarna, *Jak obliczyć uzysk energii z instalacji fotowoltaicznej*, pod adresem: <https://www.kompaniasolarna.pl/fotowoltaika/obliczyc-uzysk-energii-instalacji-fotowoltaicznej/>

Tabela 2 Fragment tabeli współczynników korekcyjnych dla instalacji fotowoltaicznej

Kąt	-90	-85	-80	-75	-70	-65	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04
10	0,99	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07
15	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,09	1,09	1,10
20	0,97	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,11	1,01
25	0,96	0,97	0,99	1,00	1,02	1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
30	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
35	0,93	0,95	0,97	0,99	1,00	1,02	1,04	1,05	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
40	0,91	0,93	0,95	0,97	0,99	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13
45	0,88	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,05	1,06	1,07	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12
50	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,04	1,06	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11
55	0,85	0,87	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,99	1,01	1,02	1,04	1,05	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,08
60	0,82	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,95	1,00	0,98	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06

Źródło: Kompania Solarna, *Jak obliczyć uzysk energii z instalacji fotowoltaicznej*,
<https://www.kompaniasolarna.pl/fotowoltaika/obliczyc-uzysk-energii-instalacji-fotowoltaicznej/>

2. Opis techniczny badanego obiektu

W poniższej pracy wszystkie obliczenia oraz dane odnoszą się do domu jednorodzinnego. Analiza jest przeprowadzana z punktu widzenia wybudowania nowego domu, nie zaś modernizacji użytkowanego. Budynek znajduje się w Rybniku, w województwie Śląskim. Średnie nasłonecznienie w Rybniku i okolicach wynosi 3 kWh/m^2 na dzień, co w przeliczeniu na rok daje 1095 kWh/m^2 ²⁴. Dom jest przeznaczony dla czteroosobowej rodziny. Dla lepszej wizualizacji wykorzystany zostanie projekt dostępny na stronie archon.pl, z którego zostaną wykorzystane niektóre dane²⁵.

Poniżej zostały wypisane założenia projektowe.

- Powierzchnia domu wraz z garażem i kotłownią, bez uwzględniania wysokości pomieszczeń: $267,58 \text{ m}^2$.
- Kubatura domu: $1148,78 \text{ m}^3$.
- Wymiary domu: wysokość 8,14 m, szerokość 10,4 m, długość 19,6 m.
- Wymiary dachu: wysokość 4,47 m, szerokość 10,4 m, długość 19,6 m. Dla instalacji fotowoltaicznej wykorzystywana będzie tylko jedna strona dachu, w związku z tym szerokość będzie wynosić w tym przypadku 5,2 m. W celu obliczenia szerokości prostokątnego pola, na którym może być położona instalacja fotowoltaiczna, wykorzystano twierdzenie Pitagorasa i otrzymano wynik 6,86 m. Przyjęto, że pod zabudowę paneli zostanie wykorzystana tylnia część dachu budynku, która jest zwrócona w stronę południową. Dla instalacji fotowoltaicznej należy pamiętać o minimalnych odległościach paneli od krawędzi dachu: P1 wynosi 1,96 m lub 1,63 m, natomiast P2 jest równe 1,04 m lub 1,63 m. W obydwu przypadkach wybieramy niższy wynik, więc finalnie $P1 = 1,63 \text{ m}$ oraz $P2 = 1,04 \text{ m}$. Wartości te określają odległości od krawędzi dachu, na których nie powinny być instalowane panele.
- Ocieplenie domu zostało wykonane w taki sposób, by spełniał on wymogi budynku niskoenergetycznego.

²⁴ Global Solar Atlas, pod adresem:

<https://globalsolaratlas.info/map?m=site&c=50.079837,18.516769,11&a=18.406906,50.03024,18.406906,50.187011,18.70079,50.187011,18.70079,50.03024,18.406906,50.03024>

²⁵ Projekty domów – Archon.pl, *Projekt domu w aurorach 10 (G2)*, pod adresem:

<https://www.archon.pl/projekty-domow/projekt-dom-w-aurorach-10-g2-m8d324b10e5f36>

- Przyjęto, że zapotrzebowanie na ciepło dla danego domu wynosi 35 W/m^2 ²⁶.
- Moc urządzenia grzewczego wynosi $35 \text{ W/m}^2 * 267,58 \text{ m}^2$, co w przybliżeniu daje 9366 W, a więc 9,366 kW. Dlatego też urządzenie grzewcze zainstalowane w domu musi mieć przynajmniej nieco ponad 9 kW, należy jednak uważać, by nie zakupić kotła o zbyt dużej mocy, gdyż wpłynie to negatywnie na jego działanie. Preferowana moc takich urządzeń jest określana po wybudowaniu domu w zależności od wielu czynników.
- Roczne zużycie energii przez rodzinę: 4000 kWh. Jest to wartość szacunkowa, sporządzona na podstawie kilku rozmów z właścicielami domów jednorodzinnych. Ostateczna wartość zależy zarówno od stopnia wykorzystywania energii przez posiadany sprzęt w domu, a także od nawyków i przyzwyczajeń, które panują w danej rodzinie.
- Kąt nachylenia dachu: 40 stopni.
- Tylna strona domu jest skierowana wprost na południe.

Do porównania sporządzone zostały dwa modele. Pierwszy to dom, w którym występuje kocioł węglowy piątej klasy z podajnikiem o mocy 12 kW na ekogroszek jako system centralnego ogrzewania. Należy zauważyć, że to model domu, który jest popularny w Polsce i występuje w wielu środowiskach, jednakże powoli pojawiają się dążenia w celu eliminacji tego sposobu ogrzewania domu²⁷. System współpracuje z ogrzewaniem podłogowym, tak samo jak w modelu drugim. Wykorzystany zostanie tutaj kocioł z palnikiem retortowym II generacji. Ocieplenie domu w obydwu modelach jest takie samo, gdyż zabezpiecza ono przed niepotrzebnymi stratami ciepła. W procesie automatyzacji występuje komputer, który monitoruje temperatury pomieszczeń i wysyła sygnał do kotła w celu zaprzestania zbyt intensywnego ogrzewania lub ponownego dogrzewania pokoi. Kocioł jest także odpowiedzialny za ogrzewanie ciepłej wody użytkowej przez cały rok. W celu przechowywania węgla opałowego w suchym miejscu została wybudowana większa kotłownia.

²⁶ A Siuta-Olcha, T. Cholewa, Ł. Guz, *Proceedings of ECOpole*, „Analiza porównawcza potrzeb energetycznych jednorodzinnych budynków mieszkalnych o różnym standardzie wykonania”, 2011, Vol.5 No.1. W tym artykule można znaleźć wymagania jakie powinien spełniać dom niskoenergetyczny.

²⁷ W. Treter, *Czyste ogrzewanie*, pod adresem: <https://czysteogrzewanie.pl/2020/02/przybywa-zakazow-palenia-weglem-i-drewnem/> Na danej stronie znajdują się przykłady zakazów palenia węglem, który mają zostać wprowadzone w najbliższych latach.

Drugi model opiera się na większym systemie niż poprzedni, a także charakteryzuje się większą automatyzacją. Zamiast kotła węglowego zastosowana została gruntowa pionowa pompa ciepła typu solanka/woda o mocy 10,9 kW, a ogrzewanie domu odbywa się poprzez ogrzewanie podłogowe. Cały system wspomagany jest również przez instalację fotowoltaiczną o mocy 10 kW. Wykorzystane zostaną panele z ogniwami wykonanymi z krzemu monokrystalicznego, produkujące energię na rzecz ogrzewania oraz użytku domowego. Zainstalowany system automatyzacji zbiera dane o pogodzie zarówno z prognoz, jak i z aktualnej temperatury otoczenia, w celu odpowiedniego działania pompy ciepła w zakresie ogrzewania domu. Tak działający mechanizm zapewnia optymalne ogrzewanie, ponieważ nagrzanie instalacji podłogowej, a także jej wychłodzenie, trwa kilka godzin. W ten sposób stwarza się możliwość rozpoczęcia ogrzewania szybciej, by w odpowiednim momencie ciepło zostało dostarczone do strefy użytkowanej przez domowników. Ogrzewanie ciepłej wody użytkowej także będzie podlegało procesowi automatyzacji, ponieważ woda ta będzie ogrzewana w czasie największego nasłonecznienia paneli fotowoltaicznych – w ten sposób zostanie zwiększona część energii użytkowanej od razu, nie wysyłając tej energii do elektrowni.

3. Analiza inwestycyjna

Rozdział przedstawia trzy programy dofinansowań, które można wykorzystać przy inwestowaniu w odnawialne źródła energii oraz założenia wraz z obliczeniami dla urządzeń wykorzystywanych w pracy.

3.1 Dofinansowanie do rozwiązań bazujących na odnawialnych źródłach energii

Łatwo można zauważyć, że świat stara się dążyć do tworzenia urządzeń sprzyjających środowisku, jednak mimo że są one dostępne na rynku konsumenckim, koszty ich implementacji są wysokie. By ułatwić zakup takich urządzeń, tworzone są programy, które mają wesprzeć finansowo zainteresowanych technologią wykorzystującą odnawialne źródła energii. W pracy zostaną wykorzystane trzy programy, które są dostępne w Polsce i zostaną omówione poniżej, w szczególności elementy tych programów wykorzystywanych w projekcie.

3.1.1 „Mój prąd”

Jest to program mający na celu zwiększenie ilości instalacji fotowoltaicznych znajdujących się w Polsce, a w efekcie większa produkcja energii elektrycznej uzyskiwanej z odnawialnego źródła energii. Budżet programu wynosi miliard złotych, obecnie trwa drugi nabór wniosków, które mogą składać osoby fizyczne wykorzystujące energię do celów własnych. Jeżeli wniosek zostanie rozpatrzony pozytywnie, można otrzymać do 5 tysięcy złotych bezzwrotnego dofinansowania, uwzględniając warunek, że kwota ta nie może wynosić więcej niż 50% kosztów kwalifikowanych mikroinstalacji. Instalacja musi posiadać moc od 2 kW do 10 kW. W odniesieniu do jednej instalacji fotowoltaicznej, nie ma możliwości połączenia tego dofinansowania z innymi dotacjami²⁸. Wyjątkiem w tym przypadku jest ulga termomodernizacyjna, z której także można skorzystać nawet w przypadku otrzymania dofinansowania z programu „Mój prąd”.

3.1.2 Ulga termomodernizacyjna

²⁸ Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, *Mój prąd Informacje szczegółowe o programie*, pod adresem: <https://mojprad.gov.pl/informacje-szczegolowe-o-programie-m%C3%B3j-pr%C4%85d/>

Polega na odliczeniu podatku od dochodów według skali podatkowej, stawki jednolitej lub opłacających ryczałt od przychodów ewidencjonowanych. Osoba, która ubiega się o ulgę, musi być właścicielem lub współwłaścicielem budynku mieszkalnego jednorodzinnego, który został oddany do użytku. By zostało przyznane odliczenie, należy wykonać prace mające na celu „ulepszenie, w wyniku którego następuje zmniejszenie zapotrzebowania na energię dostarczaną na potrzeby ogrzewania i podgrzewania wody użytkowej oraz ogrzewania do budynków mieszkalnych. Ulepszenie, w wyniku którego następuje zmniejszenie strat energii pierwotnej w lokalnych sieciach ciepłowniczych oraz zasilających je lokalnych źródłach ciepła, [...]. Wykonanie przyłącza technicznego do scentralizowanego źródła ciepła, w związku z likwidacją lokalnego źródła ciepła, w wyniku czego następuje zmniejszenie kosztów pozyskania ciepła dostarczanego do budynków mieszkalnych. Całkowita lub częściowa zamiana źródeł energii na źródła odnawialne lub zastosowanie wysokosprawnej kogeneracji”²⁹. W cytowanym dokumencie znajduje się także katalog, który wymienia, jakie dokładnie materiały, urządzenia i usługi mogą zostać wykorzystane w projekcie. Cały wydatek na dane przedsięwzięcie musi zostać zakończony w przeciągu trzech lat. Maksymalna kwota odliczenia może wynieść 53 000 zł na wszystkie wykonane czynności termomodernizacyjne. Nie podlegają uldze wszystkie kwoty uzyskane przez dofinansowania, a całość musi zostać odpisana od wydatków w przeciągu 6 lat. Podstawą do odliczeń są wystawione faktury³⁰.

Należy zwrócić uwagę, że aby skorzystać z danego programu, można jedynie poprzez wykonywanie prac modernizacyjnych w już wybudowanym i oddanym do użytku domu. Odnosząc to do naszego projektu, wykorzystanie danej ulgi byłoby niemożliwe, gdyby nie odniesienie do jednego elementu, który został wypisany w katalogu urządzeń kwalifikujących do skorzystania z dofinansowania. Urządzeniem tym są panele fotowoltaiczne. Rozwiązaniem umożliwiającym skorzystanie z tego programu jest oddanie domu do użytku, a dopiero później zainstalowanie całej instalacji fotowoltaicznej. W ten sposób koszty poniesione na tą inwestycję będzie można odliczyć od dochodu. Łącząc tą ulgę z programem „Mój prąd”, należy zauważyć, że kwota uzyskana z dofinansowania nie jest brana pod uwagę w trakcie obliczenia sumy odliczenia podatku.

²⁹ *Objaśnienia podatkowe z dnia 16 września 2019 r. , Nowe preferencje w podatku dochodowym od osób fizycznych wspierające przedsięwzięcia termo modernizacyjne, s.4.*

³⁰ *Ibid.*

3.1.3 „Czyste powietrze”

Ta forma jest podobna do programu „Mój prąd”, a więc jest to forma bezzwrotnego dofinansowania, jednakże w niektórych przypadkach występuje też dofinansowanie w formie pożyczki. Jak wskazuje rządowa strona internetowa, celem programu jest „Poprawa jakości powietrza oraz zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych poprzez wymianę źródeł ciepła i poprawę efektywności energetycznej budynków mieszkalnych jednorodzinnych”. Samo dofinansowanie występuje w dwóch wariantach: jeden dla wszystkich, a drugi dla osób z niskim dochodem, dla których została zwiększona suma dofinansowania. Program przewiduje trzy różne opcje. Pierwszą z nich jest „demontaż nieefektywnego źródła ciepła na paliwo stałe oraz zakup i montaż pompy ciepła typu powietrze-woda albo gruntowej pompy ciepła do celów ogrzewania lub ogrzewania i cwu”. Ponadto opcja ta zakłada kilka dodatkowych możliwości, na które można przeznaczyć otrzymane dofinansowanie, między innymi: nowa instalacja centralnego ogrzewania lub ciepłej wody użytkowej (zarówno demontaż starej, jak i zakup i montaż nowej), zakup i instalacja: kolektorów słonecznych, instalacji fotowoltaicznej, wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, okien lub drzwi zewnętrznych bram garażowych, oraz ocieplenia przegród budowlanych, a także wykonanie dokumentacji: audyt energetyczny (pod warunkiem wykonania ocieplenia przegród budowlanych), dokumentacja projektowa, ekspertyzy. Maksymalna dotacja pierwszej opcji wynosi 25 tysięcy złotych lub 30 tysięcy złotych wraz z instalacją fotowoltaiczną. Należy jednak zauważyć, że nie można tego dofinansowania łączyć z programem „Mój prąd”. Druga opcja dofinansowania jest bardzo podobna do pierwszej z tą różnicą, że źródło ciepła jest wymienianie na inne, niż te wymienione w pierwszej opcji, lub na kotłownię gazową. Dodatkowe możliwości na wydatki są identyczne, zaś kwota dofinansowania jest niższa o 5 tysięcy w obydwu przypadkach, a więc odpowiednio 20 i 25 tysięcy wraz z instalacją fotowoltaiczną. Trzecią opcją, która jest brana pod uwagę w tym projekcie, jest możliwość dofinansowania zakupu i montażu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, wymienionej w pierwszej możliwości, wykonania dokumentacji oraz zakup i montaż ocieplenia przegród budowlanych, okien, drzwi zewnętrznych, bram garażowych. W tej opcji jest także kilka możliwości, ale nie ma potrzeby spełnienia głównego przedsięwzięcia, by móc skorzystać z innej tak jak w przypadku pierwszej i drugiej możliwości dofinansowania. W tym ostatnim przypadku wielkość dofinansowania może wynosić do 10 tysięcy złotych. Aby skorzystać z danego programu, należy być osobą fizyczną, która jest „właścicielami/współwłaścicielami budynków mieszkalnych jednorodzinnych lub

wydzielonych w budynkach jednorodzinnych lokali mieszkalnych z wyodrębnioną księgą wieczystą, o dochodzie rocznym nieprzekraczającym kwoty 100 000 zł”.

Skorzystanie z jakiegokolwiek wymienionej powyżej formy dofinansowania prócz ograniczenia maksymalnej dotacji ma też ściśle określone maksymalne kwoty i maksymalny procent pokrycia kosztów przez dofinansowanie dla każdej możliwości osobno. Wszystkie te ograniczenia są ukazane w tabeli 3³¹.

Tabela 3 Maksymalne kwoty oraz intensywności dofinansowania w programie Czyste powietrze dla niektórych urządzeń

Nazwa kosztu	Podstawowy poziom dofinansowania Część 1) Programu	
	Maksymalna intensywność dofinansowania (procent faktycznie poniesionych kosztów)	Maksymalna kwota dotacji (zł)
Podłączenie do sieci ciepłowniczej wraz z przyłączem	50%	10 000
Pompa ciepła powietrze/woda	30%	9 000
Pompa ciepła powietrze/woda (o podwyższonej klasie efektywności energetycznej)	45%	13 500
Pompa ciepła typu powietrze/powietrze	30%	3 000
Grunтова pompa ciepła o podwyższonej klasie efektywności energetycznej	45%	20 250
Kocioł gazowy kondensacyjny	30%	4 500
Kotłownia gazowa	45%	6 750
Kocioł olejowy kondensacyjny	30%	4 500
Kocioł na węgiel	30%	3 000
Kocioł zgazowujący drewno	30%	6 000
Kocioł na pellet drzewny	30%	6 000
Kocioł na pellet drzewny o podwyższonym standardzie	45%	9 000
Ogrzewanie elektryczne	30%	3 000
Instalacja centralnego ogrzewania	30%	4 500
Instalacja ciepłej wody użytkowej		
Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła	30%	5 000
Mikroinstalacja fotowoltaiczna	50%	5 000

Źródło: Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Czyste powietrze – dofinansowania*, <http://czystepowietrze.gov.pl/wez-dofinansowanie/>

Powyższa tabela została pozbawiona drugiej części programu, przeznaczonej dla osób o niższym dochodzie w celu większej przejrzystości. Nie zostało to uwzględnione w projekcie, ponieważ nie zostaną wykorzystane przyznane dla tej grupy odbiorców zwiększone kwoty dofinansowań. W przypadku ubiegania się o więcej dotacji, maksymalna sumaryczna kwota, od której można ubiegać się o dofinansowanie, wynosi 53 tysiące złotych. Cały program trwa do 30 czerwca 2029 roku, a realizacja przedsięwzięcia musi zostać zakończona do 24 miesięcy od zawarcia umowy o dofinansowanie lub do daty zakończenia

³¹ Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Czyste powietrze – dofinansowania*, pod adresem: <http://czystepowietrze.gov.pl/wez-dofinansowanie/>

programu³². W przypadku nowo budowanych domów, można było skorzystać z dofinansowania do zakupu między innymi pompy ciepła, jednak po zmianie przepisów programu z 15 maja 2020 roku nie jest to już możliwe, zatem nie zostanie ono uwzględnione w tym projekcie³³.

3.2 Obliczenia bilansów finansowych dla wybranych urzędzeń

Wykorzystując informacje zawarte w poprzednich rozdziałach, została przeprowadzona analiza kosztów i zysków wskutek zainwestowania w dwa modele, przedstawione w rozdziale 3.

Wykorzystywane dane zostały zaczerpnięte zarówno z indywidualnych rozmów, przeprowadzonych z właścicielami domów jednorodzinnych, jak i z różnych źródeł internetowych, gdzie można było znaleźć między innymi pomiary zużycia energii przez pompy ciepła, czy też karty energetyczne.

Istotną kwestią w tym rozdziale jest zmiana wartości pieniądza w czasie. By odzwierciedlić to zjawisko, w projekcie zostało zastosowane dyskontowanie. Pozwala to na oszacowanie, ile wart jest przyszły pieniądz w danym czasie. By to obliczyć, wykorzystany zostanie następujący wzór³⁴:

$$PV = \frac{FV}{(1 + r)^n}$$

Gdzie:

PV – wartość bieżąca pieniądza

FV – wartość przyszła pieniądza

r – stopa dyskontowa

n – liczba okresów

Na stopę dyskontową w tym projekcie będzie wpływać inflacja ogólnokrajowa. Inflacja to proces zmiany poziomu cen dóbr i usług. Występuje ona powszechnie i może być zarówno

³² Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Zasady udzielania dofinansowania w ramach programu Czyste Powietrze*, 06.09.2018, wersja 1.5, s.9-15.

³³ Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Program Czyste Powietrze*, pod adresem: <http://czystepowietrze.gov.pl/ogolne/>, pytanie 13,

³⁴ P. Pabianiak, *Ocena efektywności projektów inwestycyjnych*, Business Concepts, 2016, s.74-77.

dodatnia, jak i ujemna. Wartość inflacji na przestrzeni kolejnych lat jest ciężka do określenia, gdyż wpływa na nią wiele czynników³⁵. Na podstawie zaobserwowanej inflacji w Polsce w latach 2004-2019 oraz danych przedstawionych przez GUS, średnia inflacja wynosiła w tym okresie 2,0%³⁶. Rada Polityki Pieniężnej określiła, że od 2004 roku będzie dążyć do zapewnienia inflacji na poziomie 2,5% z odchyleniem $\pm 1\%$. Uwzględniając także inflację w roku 2020, średnia inflacja od 2004 roku wyniosła 2,1%³⁷. W projekcie inflacja na przyszłe lata jest określona średnio na 2,5%, a więc jest to wartość, do której dąży Rada Polityki Pieniężnej.

Jeżeli chodzi o inflację poszczególnych elementów, które występują w tym rozdziale, takich jak cena węgla czy energii, jest to wartość trudna do określenia. Pojawiające się liczby są szacunkowe i mogą się zmienić pod wpływem różnych czynników, których nie można przewidzieć w perspektywie kolejnych 25 lat, ponieważ, jak wiadomo, przyszłość jest niepewna. Dobrane wartości powstały na podstawie oszacowania własnego, różnorodnych źródeł internetowych oraz informacji zebranych podczas rozmów z właścicielami domów jednorodzinnych. Na późniejszym etapie zostanie przeprowadzona analiza wrażliwości, która przedstawi kilka wariantów, jak zmieniłaby się opłacalność różnych inwestycji w zależności od różnych wartości inflacji.

3.2.1 Kocioł węglowy

Urządzenie, które wchodzi w skład pierwszego modelu inwestycyjnego – jest to jedyne urządzenie, które jest instalowane w tym domu. Poniżej przedstawione są założenia.

- Przykładowy kocioł: Metal Fach SEG EKO 12 kW³⁸. Należy zauważyć, że przeglądając parametry kotła, zalecany do ogrzania powierzchni ponad 260 m² należy zakupić kocioł o mocy 34 kW, jednak nie zostało przedstawione, dla jak ocieplonego budynku jest to zalecane. Dlatego też wybrany został kocioł z mocą 12 kW, który ma zapas około 30% wykorzystywanej maksymalnej mocy, którą powinien

³⁵ Ibidem, s.74-77.

³⁶ Główny Urząd Statystyczny, *Roczne wskaźniki cen towarów i usług konsumpcyjnych od 1950 roku*, pod adresem: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ceny-handel/wskazniki-cen/wskazniki-cen-towarow-i-uslug-konsumpcyjnych-pot-inflacja-roczne-wskazniki-cen-towarow-i-uslug-konsumpcyjnych/>

³⁷ Narodowy Bank Polski, *Rada Polityki Pieniężnej*, „Założenia Polityki Pieniężnej na rok 2021”, Warszawa, 2020, s. 4.

³⁸ Fuego.pl, pod adresem: <https://www.fuego.pl/metal-fach-seg-eko-12-kw.html>

wykorzystywać kocioł. Kocioł spełnia aktualne wymagania, które zostały opisane w rozdziale 1.1.

- Cena kotła: 9369 zł brutto. Zakładamy że zarówno bufor ciepła, jak i instalacja będą identyczne w obydwu modelach, dlatego koszt ten został pominięty. Jedyna różnica będzie w sposobie ogrzewania domu, w tym przypadku będzie to ogrzewanie grzejnikowe.
- Koszt montażu kotła: 1000 zł (dane na podstawie faktury z zakupu i montażu kotła węglowego).
- Cena węgla (ekogroszek): 655 zł/t brutto (dane na podstawie faktur zakupu węgla na przestrzeni ostatnich 5 lat).
- Liczba ton węgla zakupionych na rok: 4 t (dane na podstawie rozmów z właścicielami domów jednorodzinnych).
- Inflacja cen węgla: 2,5%. Mimo iż aktualnie można zauważyć tendencję spadku cen węgla kamiennego, na kolejne 25 lat zostało założone, że utrzyma się na takim samym poziomie, co założona ogólna inflacja, ponieważ dążenie do zaprzestania korzystania z węgla może doprowadzić do coraz mniejszego dostępu do kupna węgla, a tym samym zmniejszeniem konkurencyjności i możliwości wyboru niższej ceny³⁹.
- Stopa dyskontowa: 2,5%.
- Wykorzystywana energia przez kocioł węglowy jest pomijana w analizie.

³⁹ Z. Grudziński, A. Kowalczyk, *Zeszyty Naukowe*, „Ropa, gaz, węgiel – tendencja zmian cen”, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, 2016, nr 95, s.222. oraz własne spostrzeżenia na podstawie zebranych danych podczas rozmów z właścicielami domów jednorodzinnych.

Tabela 4 Analiza finansowa związana z piecem węglowym

Rok	Cena za tonę węgla z inflacji	Nakłady (zł)	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1	655 zł	10 369 zł	12 989 zł	-12 989 zł	-12 989 zł
2	671 zł		2 686 zł	-2 686 zł	-2 620 zł
3	688 zł		2 753 zł	-2 753 zł	-2 620 zł
4	705 zł		2 821 zł	-2 821 zł	-2 620 zł
5	723 zł		2 892 zł	-2 892 zł	-2 620 zł
6	741 zł		2 964 zł	-2 964 zł	-2 620 zł
7	760 zł		3 038 zł	-3 038 zł	-2 620 zł
8	779 zł		3 114 zł	-3 114 zł	-2 620 zł
9	798 zł		3 192 zł	-3 192 zł	-2 620 zł
10	818 zł		3 272 zł	-3 272 zł	-2 620 zł
11	838 zł		3 354 zł	-3 354 zł	-2 620 zł
12	859 zł		3 438 zł	-3 438 zł	-2 620 zł
13	881 zł		3 524 zł	-3 524 zł	-2 620 zł
14	903 zł		3 612 zł	-3 612 zł	-2 620 zł
15	925 zł		3 702 zł	-3 702 zł	-2 620 zł
16	949 zł		3 795 zł	-3 795 zł	-2 620 zł
17	972 zł		3 889 zł	-3 889 zł	-2 620 zł
18	997 zł		3 987 zł	-3 987 zł	-2 620 zł
19	1 022 zł		4 086 zł	-4 086 zł	-2 620 zł
20	1 047 zł		4 188 zł	-4 188 zł	-2 620 zł
21	1 073 zł		4 293 zł	-4 293 zł	-2 620 zł
22	1 100 zł		4 401 zł	-4 401 zł	-2 620 zł
23	1 128 zł		4 511 zł	-4 511 zł	-2 620 zł
24	1 156 zł		4 623 zł	-4 623 zł	-2 620 zł
25	1 185 zł		4 739 zł	-4 739 zł	-2 620 zł
				SUMA	-75 869 zł

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 4 przedstawione zostały wyliczenia, które wykorzystują wcześniej wypisane założenia. W pierwszej kolumnie znajdują się lata, w których przeprowadzana jest analiza. Następna kolumna nazywa się „cena za tonę węgla z inflacji” – jest to cena, która uwzględnia wzrost cen węgla na przestrzeni kolejnych lat. W pierwszym wierszu tej kolumny została wpisana założona cena węgla, a następne wiersze zostają wyliczone za pomocą formuły „= cena węgla z roku poprzedniego + (cena węgla z roku poprzedniego * inflacja ceny węgla)”. W kolumnie „nakłady” zostały zsumowane wydatki na kocioł oraz grzejniki wraz z kosztem ich montażu. Następnie zostały zsumowane całkowite koszty w danym roku, a w kolejnej kolumnie określony bilans finansowy, który w każdym roku jest ujemny, ponieważ nie ma możliwości zarobienia pieniędzy na takim przedsięwzięciu. W ostatniej kolumnie został przedstawiony zdyskontowany bilans finansowy, który określa, ile pieniędzy zyskano/stracono w danym roku z punktu widzenia wartości pieniądza w tym momencie. Jako że przyjęta została taka sama inflacja węgla, jak i stopa dyskontowa, a w samej analizie w następnych latach nie ma wiele czynników wpływających na koszty, w kolejnych latach zdyskontowany bilans wynosi tyle samo. Optymistycznie zostało założone, że żadna część podczas użytkowania kotła się nie zepsuje i nie będzie potrzeby jej wymiany. Bilans finansowy całego przedsięwzięcia w okresie 25 lat wynosi -75 869 zł.

3.2.2 Pompa ciepła

Jest to urządzenie, które wchodzi w skład zestawu zastosowanego w drugim modelu inwestycyjnym. W przeciwieństwie do kotła węglowego, nie jest to jedyne montowane urządzenie. Poniżej przedstawiono założenia.

- Przykładowa pompa ciepła: gruntowa pompa ciepła Dimplex SI 11 TU⁴⁰. Pompa nie zawiera wbudowanego zbiornika ciepłej wody, ponieważ pełnić go będzie bufor ciepła, który występuje w obydwu modelach. Moc pompy wynosi 10,9 kW.
- Cena pompy ciepła: 31 890 zł. Założono, że zarówno bufor ciepła, jak i instalacja, będą identyczne w obydwu modelach, dlatego koszt ten został pominięty. Jedyna różnica będzie w sposobie ogrzewania domu – w tym przypadku będzie to ogrzewanie podłogowe.
- Cena odwiertów oraz montażu: 44 600 zł⁴¹.
- Roczne zużycie energii przez pompę ciepła: 5512 kWh (na podstawie karty energetycznej dla średnich warunków klimatycznych)⁴².
- Koszt serwisu (raz na rok): 450 zł⁴³. Serwis zostanie przeprowadzony w celu przeglądu działania pompy ciepła oraz sprawdzenia, czy wszystkie elementy funkcjonują prawidłowo.
- Opłata za 1 kWh: 0,57zł (na podstawie własnych faktur).
- Inflacja cen energii: 3%. Jest to trudna do określenia wartość, jednakże aktualnie w Polsce jest zauważalny dość znaczny wzrost cen, szczególnie w 2020 roku, dlatego też została przyjęta wyższa inflacja niż inflacja ogólnokrajowa. W ten sposób wzrost cen energii będzie większy. Nie zostaje określony na wyższym poziomie, ponieważ zakłada się, że aktualny znaczny wzrost w przyszłości się ustabilizuje. Jeśli jednak przejście na energię uzyskiwaną z odnawialnych źródeł energii będzie bardzo kosztowne, można przypuszczać, że wtedy wzrost tych cen będzie wyższy niż

⁴⁰ Dimplex.pl, pod adresem: <https://dimplex24.pl/produkt/si-11tu#szczegoly>

⁴¹ GLOBEnergia, pod adresem: <https://globenergia.pl/ile-kosztuje-gruntowa-pompa-ciepła-z-wymiennikiem-pionowym-realne-koszty-odwiertow/>

⁴² Dimplex.pl, pod adresem: <https://dimplex24.pl/material-do-pobrania/pobierz/489>

⁴³ E-instalacje.pl, *Przegląd i serwisowanie pompy ciepła – komu je zlecać i ile to kosztuje*, pod adresem: <http://www.e-instalacje.pl/a/przegląd-i-serwisowanie-pompy-ciepła-komu-je-zlecac-i-ile-to-kosztuje-20440.html>

zakładane 3%, co zostało ujęte w analizie wrażliwości – jak większa zmiana wpłynie na wyniki finansowe przedsięwzięcia.

- Inflacja cen serwisu: 2%. Wartość zmiany ceny jest niższa niż inflacja ogólnokrajowa ze względu domniemanego coraz większego zainteresowania pompami ciepła i powszechniejszego ich wykorzystania, co pociągnie za sobą możliwość zmniejszenia kosztu wykonania przeglądu sprzętu.

Tabela 5 Analiza finansowa związana z pompą ciepła

Rok	Koszt serwisu z inflacją	Koszt energii z inflacją	Koszt zużycia energii z inflacją	Nakłady	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1		0,57 zł	3 135 zł	76 490 zł	79 625 zł	-79 625 zł	-79 625 zł
2	459 zł	0,59 zł	3 229 zł		3 688 zł	-3 688 zł	-3 598 zł
3	468 zł	0,60 zł	3 326 zł		3 794 zł	-3 794 zł	-3 611 zł
4	478 zł	0,62 zł	3 426 zł		3 903 zł	-3 903 zł	-3 625 zł
5	487 zł	0,64 zł	3 528 zł		4 016 zł	-4 016 zł	-3 638 zł
6	497 zł	0,66 zł	3 634 zł		4 131 zł	-4 131 zł	-3 651 zł
7	507 zł	0,68 zł	3 743 zł		4 250 zł	-4 250 zł	-3 665 zł
8	517 zł	0,70 zł	3 856 zł		4 373 zł	-4 373 zł	-3 678 zł
9	527 zł	0,72 zł	3 971 zł		4 499 zł	-4 499 zł	-3 692 zł
10	538 zł	0,74 zł	4 090 zł		4 628 zł	-4 628 zł	-3 706 zł
11	549 zł	0,77 zł	4 213 zł		4 762 zł	-4 762 zł	-3 720 zł
12	560 zł	0,79 zł	4 340 zł		4 899 zł	-4 899 zł	-3 734 zł
13	571 zł	0,81 zł	4 470 zł		5 040 zł	-5 040 zł	-3 748 zł
14	582 zł	0,84 zł	4 604 zł		5 186 zł	-5 186 zł	-3 762 zł
15	594 zł	0,86 zł	4 742 zł		5 336 zł	-5 336 zł	-3 776 zł
16	606 zł	0,89 zł	4 884 zł		5 490 zł	-5 490 zł	-3 791 zł
17	618 zł	0,91 zł	5 031 zł		5 649 zł	-5 649 zł	-3 805 zł
18	630 zł	0,94 zł	5 182 zł		5 812 zł	-5 812 zł	-3 819 zł
19	643 zł	0,97 zł	5 337 zł		5 980 zł	-5 980 zł	-3 834 zł
20	656 zł	1,00 zł	5 497 zł		6 153 zł	-6 153 zł	-3 849 zł
21	669 zł	1,03 zł	5 662 zł		6 331 zł	-6 331 zł	-3 864 zł
22	682 zł	1,06 zł	5 832 zł		6 514 zł	-6 514 zł	-3 878 zł
23	696 zł	1,09 zł	6 007 zł		6 703 zł	-6 703 zł	-3 893 zł
24	710 zł	1,12 zł	6 187 zł		6 897 zł	-6 897 zł	-3 908 zł
25	724 zł	1,16 zł	6 373 zł		7 097 zł	-7 097 zł	-3 924 zł
						SUMA	-169 795 zł

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 5 zostały przedstawione obliczenia przedstawiające koszt zakupu oraz eksploatacji pompy ciepła na przestrzeni kolejnych 25 lat. W początkowych kolumnach obliczone zostały koszty serwisu oraz energii z uwzględnioną inflacją w przyszłości. W pierwszym roku nie została uwzględniona cena serwisu, ponieważ nie będzie konieczne jej wykonanie, skoro w danym roku zostanie założona i sprawdzona przez profesjonalny zespół, czy wszystko działa prawidłowo. Koszt zużycia energii z inflacją określa, ile pieniędzy rocznie zostanie wydane na eksploatację pompy ciepła. Kolejna kolumna przedstawia nakłady, w skład których wchodzi koszt materiałów i montażu instalacji podłogowej oraz pompy ciepła wraz z odwiertami pionowymi. Następnie zostały zsumowane koszty w każdym roku uwzględniając nakłady, serwisowanie oraz opłatę za energię, sporządzono bilans

finansowy, a następnie go zdyskontowano, by przedstawiał wartość przedsięwzięcia w chwili obecnej. Sumarycznie zdyskontowany bilans finansowy wyniósł w przybliżeniu -169 795 zł. Podobnie jak w przypadku pieca węglowego, z inwestycją tą nie wiążą się żadne przychody.

3.2.3 Panele fotowoltaiczne

Kolejnym ważnym urządzeniem, które jest częścią drugiego modelu, jest instalacja fotowoltaiczna, która będzie zaopatrywać dom w energię do zaspokajania potrzeb energetycznych. Należy zauważyć, że w rozdziale 5.2 w kosztorysie nie została uwzględniona współpraca z panelami fotowoltaicznymi, jednakże w tym rozdziale będzie uwzględniona energia przez nią wykorzystywana. W dalszej części pracy zostanie ukazany bilans finansowy wykorzystania obydwu urządzeń.

Poniżej przedstawiono założenia.

- Przykładowy zestaw paneli fotowoltaicznych: JA Solar JAM60S20-380/MR-BF.
Zestaw zawiera także system monitoringu, inwerter oraz elementy montażowe.
- Cena paneli fotowoltaicznych wraz z montażem: 44 171 zł⁴⁴.
- Dofinansowanie z programu „Czyste powietrze”: 5000 zł.
- Skorzystanie z ulgi termomodernizacyjnej.
- Liczba paneli fotowoltaicznych: 26 sztuk.
- Moc modułów: 9880 kWp. Jest to suma mocy wszystkich paneli fotowoltaicznych wykorzystywanych w instalacji.
- Zużycie energii gospodarstwa: 9500 kWh (w tym 5500 kWh pompa ciepła).
- Natężenie promieniowania: 1 kWh/m². Standardowe warunki, które określają natężenie, w jakich badane są instalacje fotowoltaiczne⁴⁵.
- Nasłonecznienie: 1095 kWh/m² w ciągu roku.
- Energia wykorzystywana od razu: 50%. Typowa wartość wynosi zwykle między 20% a 30%, jednak w tym przypadku będzie wykorzystywany system automatyzacji.
Będzie on odpowiedzialny między innymi za ogrzewanie ciepłej wody użytkowej w południe, a nie jak zwykle ma to miejsce późnym wieczorem po skorzystaniu przez

⁴⁴ Hewaxel, pod adresem: <https://www.hewalex.pl/fotowoltaika/kompletne-instalacje/zestaw-10.html>

⁴⁵ P. Matuszczyk, T. Popławski, J. Flasz, *Przegląd elektrotechniczny*, „Wpływ natężenia promieniowania słonecznego i temperatury modułu na wybrane parametry i moc znamionową paneli fotowoltaicznych”, nr 12/2015, s.159-160.

domowników z kąpiei. W ten sposób, w czasie największej wydajności paneli fotowoltaicznych w trakcie dnia będzie w tym samym momencie wykorzystywana ta energia na ogrzewanie wody, co zwiększy wartość do około 50%⁴⁶.

- Strata wydajności: w pierwszym roku generowana energia wynosi 97% możliwego uzysku, a każdy kolejny rok obniża wydajność paneli o 0,6%. Jest to zgodne z większością specyfikacji producentów paneli na świecie⁴⁷.
- Współczynnik korekcyjny: 1,13⁴⁸.
- Suma wszystkich strat wydajności z całej instalacji: 15%⁴⁹.
- Koszt inwertera: 6070 zł⁵⁰.
- Szacowany czas działania inwertera: 10 lat⁵¹.
- Opłata za 1 kWh: 0,57 zł.
- Opłaty stałe za energię: 100 zł/rok (dane na podstawie faktur).
- Stopa dyskontowa: 2,5%.
- Inflacja cen energii: 3%. Przyjęta na tej samej podstawie jak w rozdziale 5.3.
- Ilość energii odbieranej z elektrowni: 80% wprowadzonej energii do sieci elektroenergetycznej dla instalacji nieprzekraczającej łącznej mocy w wysokości 10 kW, w przeciągu 12 miesięcy od momentu wprowadzenia do sieci⁵².

⁴⁶ Murator.pl, pod adresem: <https://murator.com.pl/instalacje/fotowoltaika/fotowoltaika-jak-dziala-ile-energii-mozna-wykorzystac-aa-Xgpo-xgTt-Rhi2.html>

⁴⁷ M. Chmieleński, *Ekonomia XXI wieku*, „Analiza opłacalności mikroinstalacji fotowoltaicznej (PV) w Polsce w oparciu o produkcję energii elektrycznej na potrzeby własne”, 2015, s.124.

⁴⁸ Odczytane z tabeli 2 dla kąta nachylenia dachu 40 stopni oraz odchyleniu od południa 0 stopni (taka sama wartość byłaby przypisana dla odchylenia od południa -5 oraz -10 stopni).

⁴⁹ Kompania Solarna, *Jak obliczyć uzysk...*, op. cit.

⁵⁰ Hewalex, aktualna cena inwertera, pod adresem: https://sklep.hewalex.pl/pl/produkt/inwerter-solis-3p10k-4g/?gclid=Cj0KCQIAwf39BRCCARIsALXWETx2L9rbSeHDX-D2wIBfyd7kTlwfcgLjsy7NFrLTueWBS7du7lhPQ-UaAgSEELw_wcB

⁵¹ Ibid., s.119. Autor stwierdza, że standardowa żywotność inwerterów wynosi około 10 lat. Tyle samo wynosi też okres gwarancyjny wybranego inwertera. Jest to założenie mocno pesymistyczne, że będzie trzeba wymienić inwerter dwukrotnie, ponieważ wskazana żywotność danego modelu jest określona na ponad 20 lat. W takim przypadku, będzie to zysk dla osoby inwestującej w ten inwerter, jeżeli będzie musiała wymienić inwerter raz w przeciągu 25 lat, a nie tak jak jest założone - 10 lat.

⁵² Ustawa z dnia 20 lutego 2015 o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. 2015 poz.478 z późn.zm.).

W celu obliczenia produkowanej energii w kWh przez instalację fotowoltaiczną wykorzystany został poniższy wzór:

$$\frac{\text{Nasłonecznienie} * \text{Współczynnik korekcyjny} * \text{Moc modułów} * \text{Współczynnik wydajności}}{\text{Natężenie promieniowania słonecznego}}$$

Tabela 6 Analiza finansowa związana z panelami fotowoltaicznymi część 1

Rok	Zużycie energii	Produkowana energia	Bieżące zużycie energii	Energia oddana do sieci	Energia odebrana z sieci	Suma energii użytkowej	Bilans energetyczny	Koszt energii z inflacją
1	9500	10080	4750	5330	4264	9014	-486	0,57 zł
2	9500	10017	4750	5267	4214	8964	-536	0,59 zł
3	9500	9955	4750	5205	4164	8914	-586	0,60 zł
4	9500	9892	4750	5142	4114	8864	-636	0,62 zł
5	9500	9830	4750	5080	4064	8814	-686	0,64 zł
6	9500	9768	4750	5018	4014	8764	-736	0,66 zł
7	9500	9705	4750	4955	3964	8714	-786	0,68 zł
8	9500	9643	4750	4893	3914	8664	-836	0,70 zł
9	9500	9581	4750	4831	3865	8615	-885	0,72 zł
10	9500	9518	4750	4768	3815	8565	-935	0,74 zł
11	9500	9456	4750	4706	3765	8515	-985	0,77 zł
12	9500	9394	4750	4644	3715	8465	-1035	0,79 zł
13	9500	9331	4750	4581	3665	8415	-1085	0,81 zł
14	9500	9269	4750	4519	3615	8365	-1135	0,84 zł
15	9500	9207	4750	4457	3565	8315	-1185	0,86 zł
16	9500	9144	4750	4394	3515	8265	-1235	0,89 zł
17	9500	9082	4750	4332	3466	8216	-1284	0,91 zł
18	9500	9020	4750	4270	3416	8166	-1334	0,94 zł
19	9500	8957	4750	4207	3366	8116	-1384	0,97 zł
20	9500	8895	4750	4145	3316	8066	-1434	1,00 zł
21	9500	8833	4750	4083	3266	8016	-1484	1,03 zł
22	9500	8770	4750	4020	3216	7966	-1534	1,06 zł
23	9500	8708	4750	3958	3166	7916	-1584	1,09 zł
24	9500	8646	4750	3896	3116	7866	-1634	1,12 zł
25	9500	8583	4750	3833	3067	7817	-1683	1,16 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 7 Analiza finansowa związana z panelami fotowoltaicznymi część 2

Rok	Koszt zakupu energii z sieci z	Zysk finansowy z energii z inflacją	Bilans finansowy kosztu energii	Koszt inwertera z inflacją	Nakłady (zł)	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1	277,24 zł	5 137,76 zł	4 861 zł	6 070 zł	39 786 zł	39 786 zł	-34 925 zł	-34 925 zł
2	314,84 zł	5 262,61 zł	4 948 zł	6 191 zł	0,00 zł	0 zł	4 948 zł	4 827 zł
3	354,44 zł	5 390,33 zł	5 036 zł	6 315 zł	0,00 zł	0 zł	5 036 zł	4 793 zł
4	396,14 zł	5 520,97 zł	5 125 zł	6 442 zł	0,00 zł	0 zł	5 125 zł	4 759 zł
5	440,03 zł	5 654,60 zł	5 215 zł	6 570 zł	0,00 zł	0 zł	5 215 zł	4 724 zł
6	486,19 zł	5 791,28 zł	5 305 zł	6 702 zł	0,00 zł	0 zł	5 305 zł	4 689 zł
7	534,72 zł	5 931,07 zł	5 396 zł	6 836 zł	0,00 zł	0 zł	5 396 zł	4 653 zł
8	585,73 zł	6 074,04 zł	5 488 zł	6 973 zł	0,00 zł	0 zł	5 488 zł	4 617 zł
9	639,31 zł	6 220,25 zł	5 581 zł	7 112 zł	0,00 zł	0 zł	5 581 zł	4 581 zł
10	695,59 zł	6 369,76 zł	5 674 zł	7 254 zł	0,00 zł	0 zł	5 674 zł	4 543 zł
11	754,66 zł	6 522,64 zł	5 768 zł	7 399 zł	7 399,30 zł	7 399 zł	-1 631 zł	-1 274 zł
12	816,66 zł	6 678,97 zł	5 862 zł	7 547 zł	0,00 zł	0 zł	5 862 zł	4 468 zł
13	881,69 zł	6 838,80 zł	5 957 zł	7 698 zł	0,00 zł	0 zł	5 957 zł	4 429 zł
14	949,89 zł	7 002,22 zł	6 052 zł	7 852 zł	0,00 zł	0 zł	6 052 zł	4 390 zł
15	1 021,40 zł	7 169,28 zł	6 148 zł	8 009 zł	0,00 zł	0 zł	6 148 zł	4 351 zł
16	1 096,33 zł	7 340,06 zł	6 244 zł	8 169 zł	0,00 zł	0 zł	6 244 zł	4 311 zł
17	1 174,84 zł	7 514,64 zł	6 340 zł	8 333 zł	0,00 zł	0 zł	6 340 zł	4 271 zł
18	1 257,08 zł	7 693,09 zł	6 436 zł	8 499 zł	0,00 zł	0 zł	6 436 zł	4 230 zł
19	1 343,19 zł	7 875,48 zł	6 532 zł	8 669 zł	0,00 zł	0 zł	6 532 zł	4 188 zł
20	1 433,34 zł	8 061,89 zł	6 629 zł	8 843 zł	0,00 zł	0 zł	6 629 zł	4 146 zł
21	1 527,69 zł	8 252,40 zł	6 725 zł	9 020 zł	9 019,70 zł	9 020 zł	-2 295 zł	-1 401 zł
22	1 626,41 zł	8 447,08 zł	6 821 zł	9 200 zł	0,00 zł	0 zł	6 821 zł	4 061 zł
23	1 729,68 zł	8 646,02 zł	6 916 zł	9 384 zł	0,00 zł	0 zł	6 916 zł	4 017 zł
24	1 837,68 zł	8 849,29 zł	7 012 zł	9 572 zł	0,00 zł	0 zł	7 012 zł	3 973 zł
25	1 950,60 zł	9 056,98 zł	7 106 zł	9 763 zł	0,00 zł	0 zł	7 106 zł	3 929 zł
							SUMA	59 352 zł
							Ulga termomoderni	6 764 zł
							Bilans końcowy	66 116 zł

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 6 oraz tabeli 7 przedstawiono wyliczenia dla instalacji fotowoltaicznej, zaspokajającej większość zużywanej energii wytwarzanej w drugim modelu domu. Pierwsze kilka kolumn przedstawia dane dotyczące samej energii. Zużycie energii co roku zakładane jest na stałym poziomie. Produkowana energia została określona za pomocą wzoru, który wylicza energię produkowaną przez instalację. Dodatkowo w tym miejscu zostało uwzględnione zużycie paneli, w wyniku czego każdego roku zmniejsza się ich wydajność, a finalnie liczba produkowanych kWh. Jak zostało zaznaczone w założeniach, pierwszego roku instalacja pracowała z wydajnością 97%, a następnie każdego roku z kolejnym spadkiem wydajności o 0,6%. Bieżące zużycie energii również zostało wpisane jako stała wartość każdego roku. Energia oddana do sieci ukazuje, ile pozostałej (niezużytej od razu) energii zostało przekazane do sieci elektroenergetycznej, natomiast kolejna kolumna przedstawia 80% tej wartości, która została odebrana. Zastosowane zostało 80% odzysku energii, ponieważ cała instalacja posiada moc mniejszą niż 10 kW. Suma energii elektrycznej to energia, jaka została wykorzystana do zaspokojenia zużywanej energii w domu. Bilans energetyczny jasno pokazuje że od pierwszego roku mamy niedobór nieznacznej ilości energii, za którą będzie trzeba zapłacić, a także fakt, że w przeciągu roku cała dostępna pula energii z instalacji zostanie wykorzystana. Kolejna kolumna przedstawia cenę za 1 kWh z uwzględnieniem inflacji w przyszłych latach. Wartości te zostały przemnożone przez kolumnę energii użytkowej, wyliczając w ten sposób zysk finansowy z inflacją, co

pozwała zauważyć, ile każdego roku zostało zaoszczędzone dzięki inwestycji w instalację. Koszt inwertera z inflacją uwzględnia zmianę ceny tego urządzenia w następnych latach. Zostało to uwzględnione w kolumnie nakłady, ale jako że ustalone zostało, że żywotność tego urządzenia wynosi 10 lat, koszt wymiany jest wpisany tylko w roku 11 oraz 21. Ponadto, w pierwszym roku został zapisany koszt zakupu oraz montażu instalacji pomniejszony o dofinansowanie „Mój prąd”. Kolejna kolumna – koszty całkowite – w tym przypadku jest równa kolumnie nakłady. Bilans finansowy stanowi różnica zysku finansowego z inflacją oraz kosztów całkowitych. W ostatniej kolumnie bilans został zdyskontowany, ukazując go z dzisiejszego punktu widzenia. Do sumy zdyskontowanego bilansu dodana została oszczędność wynikająca z ulgi termomodernizacyjnej. Należy zwrócić ponownie uwagę, że aby z niej skorzystać, budynek musi zostać oddany najpierw do użytku, a dopiero potem należy wybudować instalację fotowoltaiczną. Wysokość oszczędności wynosi 17% kwoty przeznaczonej z własnego kapitału na zakup oraz montaż instalacji, co w tym przypadku wynosi 6 746 zł. Sumarycznie bilans finansowy tego przedsięwzięcia po 25 latach będzie wynosił 66 116 zł.

4. Analiza wrażliwości

Przy założonych wcześniej wartościach inflacji różnych dóbr zaznaczono, że jest to trudna do określenia wartość, która może zmienić się w sposób niespodziewany lub inny niż założony, i wynosić ostatecznie mniej lub więcej. W tym rozdziale zostanie przeprowadzona analiza wrażliwości zmiany tych wartości w jedną lub drugą stronę. Ponadto, przeanalizowany zostanie przypadek, jak zmiana ceny sprzętu oraz usług o kilka lub kilkanaście procent wpłynie na opłacalność inwestycji.

W pierwszym, optymistycznym przypadku (wariant 1) zostało założone, że inflacja cen węgla będzie wynosić 3%, zamiast założonego poprzednio 2,5%, co jest korzystne dla modelu z odnawialnymi źródłami energii. Inflacja cen energii osiągnie natomiast wartość 3,5%. W ten sposób zdyskontowany bilans finansowy dla kotła węglowego wyniósł -79 850 zł, co spowodowało zwiększenie się debetu o 3 981 zł. W przypadku paneli fotowoltaicznych nastąpił wzrost zysku o 6 419 zł, dając finalnie zysk na poziomie 72 535 zł. Zmiana cen energii zmieniła także bilans inwestycji w pompę ciepła o 5 136 zł, dając finalnie wynik finansowy o wartości -174 931 zł. Wszystkie te wyliczenia zostały przedstawione w tabelach 8, 9, 10 oraz 11.

Tabela 8 Analiza wrażliwości wariant 1 - kocioł węglowy

Rok	Cena za tonę węgla z inflacji	Nakłady (zł)	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1	655 zł	10 369 zł	12 989 zł	-12 989 zł	-12 989 zł
2	675 zł		2 699 zł	-2 699 zł	-2 633 zł
3	695 zł		2 780 zł	-2 780 zł	-2 646 zł
4	716 zł		2 863 zł	-2 863 zł	-2 659 zł
5	737 zł		2 949 zł	-2 949 zł	-2 671 zł
6	759 zł		3 037 zł	-3 037 zł	-2 685 zł
7	782 zł		3 128 zł	-3 128 zł	-2 698 zł
8	806 zł		3 222 zł	-3 222 zł	-2 711 zł
9	830 zł		3 319 zł	-3 319 zł	-2 724 zł
10	855 zł		3 419 zł	-3 419 zł	-2 737 zł
11	880 zł		3 521 zł	-3 521 zł	-2 751 zł
12	907 zł		3 627 zł	-3 627 zł	-2 764 zł
13	934 zł		3 735 zł	-3 735 zł	-2 778 zł
14	962 zł		3 848 zł	-3 848 zł	-2 791 zł
15	991 zł		3 963 zł	-3 963 zł	-2 805 zł
16	1 020 zł		4 082 zł	-4 082 zł	-2 818 zł
17	1 051 zł		4 204 zł	-4 204 zł	-2 832 zł
18	1 083 zł		4 330 zł	-4 330 zł	-2 846 zł
19	1 115 zł		4 460 zł	-4 460 zł	-2 860 zł
20	1 149 zł		4 594 zł	-4 594 zł	-2 874 zł
21	1 183 zł		4 732 zł	-4 732 zł	-2 888 zł
22	1 218 zł		4 874 zł	-4 874 zł	-2 902 zł
23	1 255 zł		5 020 zł	-5 020 zł	-2 916 zł
24	1 293 zł		5 171 zł	-5 171 zł	-2 930 zł
25	1 331 zł		5 326 zł	-5 326 zł	-2 945 zł
				SUMA	-79 850 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 9 Analiza wrażliwości wariant 1 - pompa ciepła

Rok	Koszt serwisu z inflacją	Koszt energii z inflacją	Koszt zużycia energii z inflacją	Nakłady	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1		0,57 zł	3 135 zł	76 490 zł	79 625 zł	-79 625 zł	-79 625 zł
2	459 zł	0,59 zł	3 245 zł		3 704 zł	-3 704 zł	-3 613 zł
3	468 zł	0,61 zł	3 358 zł		3 826 zł	-3 826 zł	-3 642 zł
4	478 zł	0,63 zł	3 476 zł		3 953 zł	-3 953 zł	-3 671 zł
5	487 zł	0,65 zł	3 597 zł		4 085 zł	-4 085 zł	-3 700 zł
6	497 zł	0,68 zł	3 723 zł		4 220 zł	-4 220 zł	-3 730 zł
7	507 zł	0,70 zł	3 854 zł		4 360 zł	-4 360 zł	-3 760 zł
8	517 zł	0,73 zł	3 989 zł		4 506 zł	-4 506 zł	-3 790 zł
9	527 zł	0,75 zł	4 128 zł		4 655 zł	-4 655 zł	-3 821 zł
10	538 zł	0,78 zł	4 273 zł		4 810 zł	-4 810 zł	-3 852 zł
11	549 zł	0,80 zł	4 422 zł		4 971 zł	-4 971 zł	-3 883 zł
12	560 zł	0,83 zł	4 577 zł		5 137 zł	-5 137 zł	-3 915 zł
13	571 zł	0,86 zł	4 737 zł		5 308 zł	-5 308 zł	-3 947 zł
14	582 zł	0,89 zł	4 903 zł		5 485 zł	-5 485 zł	-3 979 zł
15	594 zł	0,92 zł	5 075 zł		5 668 zł	-5 668 zł	-4 012 zł
16	606 zł	0,95 zł	5 252 zł		5 858 zł	-5 858 zł	-4 045 zł
17	618 zł	0,99 zł	5 436 zł		6 054 zł	-6 054 zł	-4 078 zł
18	630 zł	1,02 zł	5 626 zł		6 256 zł	-6 256 zł	-4 112 zł
19	643 zł	1,06 zł	5 823 zł		6 466 zł	-6 466 zł	-4 146 zł
20	656 zł	1,10 zł	6 027 zł		6 683 zł	-6 683 zł	-4 180 zł
21	669 zł	1,13 zł	6 238 zł		6 907 zł	-6 907 zł	-4 215 zł
22	682 zł	1,17 zł	6 456 zł		7 138 zł	-7 138 zł	-4 250 zł
23	696 zł	1,21 zł	6 682 zł		7 378 zł	-7 378 zł	-4 286 zł
24	710 zł	1,26 zł	6 916 zł		7 626 zł	-7 626 zł	-4 322 zł
25	724 zł	1,30 zł	7 158 zł		7 882 zł	-7 882 zł	-4 358 zł
						SUMA	-174 931 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 10 Analiza wrażliwości wariant 1 - panele fotowoltaiczne część 1

Rok	Zużycie energii	Produkowana energia	Bieżące zużycie energii	Energia oddana do sieci	Energia odebrana z sieci	Suma energii użytkowej	Bilans energetyczny	Koszt energii z inflacją
1	9500	10080	4750	5330	4264	9014	-486	0,57 zł
2	9500	10017	4750	5267	4214	8964	-536	0,59 zł
3	9500	9955	4750	5205	4164	8914	-586	0,61 zł
4	9500	9892	4750	5142	4114	8864	-636	0,63 zł
5	9500	9830	4750	5080	4064	8814	-686	0,65 zł
6	9500	9768	4750	5018	4014	8764	-736	0,68 zł
7	9500	9705	4750	4955	3964	8714	-786	0,70 zł
8	9500	9643	4750	4893	3914	8664	-836	0,73 zł
9	9500	9581	4750	4831	3865	8615	-885	0,75 zł
10	9500	9518	4750	4768	3815	8565	-935	0,78 zł
11	9500	9456	4750	4706	3765	8515	-985	0,80 zł
12	9500	9394	4750	4644	3715	8465	-1035	0,83 zł
13	9500	9331	4750	4581	3665	8415	-1085	0,86 zł
14	9500	9269	4750	4519	3615	8365	-1135	0,89 zł
15	9500	9207	4750	4457	3565	8315	-1185	0,92 zł
16	9500	9144	4750	4394	3515	8265	-1235	0,95 zł
17	9500	9082	4750	4332	3466	8216	-1284	0,99 zł
18	9500	9020	4750	4270	3416	8166	-1334	1,02 zł
19	9500	8957	4750	4207	3366	8116	-1384	1,06 zł
20	9500	8895	4750	4145	3316	8066	-1434	1,10 zł
21	9500	8833	4750	4083	3266	8016	-1484	1,13 zł
22	9500	8770	4750	4020	3216	7966	-1534	1,17 zł
23	9500	8708	4750	3958	3166	7916	-1584	1,21 zł
24	9500	8646	4750	3896	3116	7866	-1634	1,26 zł
25	9500	8583	4750	3833	3067	7817	-1683	1,30 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 11 Analiza wrażliwości wariant 1 - panele fotowoltaiczne część 2

Rok	Koszt zakupu energii z sieci z	Zysk finansowy z energii z inflacją	Bilans finansowy kosztu energii	Koszt inwertera z inflacją	Nakłady (zł)	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1	277,24 zł	5 137,76 zł	4 861 zł	6 070 zł	39 786 zł	39 786 zł	-34 925 zł	-34 925 zł
2	316,36 zł	5 288,16 zł	4 972 zł	6 191 zł	0,00 zł	0 zł	4 972 zł	4 851 zł
3	357,89 zł	5 442,79 zł	5 085 zł	6 315 zł	0,00 zł	0 zł	5 085 zł	4 840 zł
4	401,94 zł	5 601,77 zł	5 200 zł	6 442 zł	0,00 zł	0 zł	5 200 zł	4 829 zł
5	448,63 zł	5 765,20 zł	5 317 zł	6 570 zł	0,00 zł	0 zł	5 317 zł	4 817 zł
6	498,10 zł	5 933,22 zł	5 435 zł	6 702 zł	0,00 zł	0 zł	5 435 zł	4 804 zł
7	550,48 zł	6 105,93 zł	5 555 zł	6 836 zł	0,00 zł	0 zł	5 555 zł	4 790 zł
8	605,92 zł	6 283,47 zł	5 678 zł	6 973 zł	0,00 zł	0 zł	5 678 zł	4 776 zł
9	664,57 zł	6 465,95 zł	5 801 zł	7 112 zł	0,00 zł	0 zł	5 801 zł	4 761 zł
10	726,57 zł	6 653,51 zł	5 927 zł	7 254 zł	0,00 zł	0 zł	5 927 zł	4 746 zł
11	792,11 zł	6 846,28 zł	6 054 zł	7 399 zł	7 399,30 zł	7 399 zł	-1 345 zł	-1 051 zł
12	861,34 zł	7 044,40 zł	6 183 zł	7 547 zł	0,00 zł	0 zł	6 183 zł	4 712 zł
13	934,45 zł	7 247,99 zł	6 314 zł	7 698 zł	0,00 zł	0 zł	6 314 zł	4 694 zł
14	1 011,62 zł	7 457,21 zł	6 446 zł	7 852 zł	0,00 zł	0 zł	6 446 zł	4 676 zł
15	1 093,04 zł	7 672,19 zł	6 579 zł	8 009 zł	0,00 zł	0 zł	6 579 zł	4 656 zł
16	1 178,93 zł	7 893,08 zł	6 714 zł	8 169 zł	0,00 zł	0 zł	6 714 zł	4 636 zł
17	1 269,49 zł	8 120,04 zł	6 851 zł	8 333 zł	0,00 zł	0 zł	6 851 zł	4 615 zł
18	1 364,95 zł	8 353,22 zł	6 988 zł	8 499 zł	0,00 zł	0 zł	6 988 zł	4 593 zł
19	1 465,53 zł	8 592,77 zł	7 127 zł	8 669 zł	0,00 zł	0 zł	7 127 zł	4 570 zł
20	1 571,48 zł	8 838,86 zł	7 267 zł	8 843 zł	0,00 zł	0 zł	7 267 zł	4 546 zł
21	1 683,05 zł	9 091,65 zł	7 409 zł	9 020 zł	9 019,70 zł	9 020 zł	-1 611 zł	-983 zł
22	1 800,51 zł	9 351,31 zł	7 551 zł	9 200 zł	0,00 zł	0 zł	7 551 zł	4 496 zł
23	1 924,13 zł	9 618,01 zł	7 694 zł	9 384 zł	0,00 zł	0 zł	7 694 zł	4 469 zł
24	2 054,19 zł	9 891,91 zł	7 838 zł	9 572 zł	0,00 zł	0 zł	7 838 zł	4 442 zł
25	2 191,01 zł	10 173,22 zł	7 982 zł	9 763 zł	0,00 zł	0 zł	7 982 zł	4 413 zł
							SUMA	65 771 zł
							Ulga termomodernizacyjna	6 764 zł
							Bilans końcowy	72 535 zł

Źródło: opracowanie własne

W kolejnym przypadku (wariant 2) rozpatrzona została mniejsza inflacja cen węgla (2%) oraz energii (2,5%). Szczegółowe wyliczenia znajdują się w tabelach 12, 13, 14 i 15. Tym

razem doszło do przeciwnej sytuacji, w której debet inwestycji w piec węglowy zmalał do -72 174 zł, poprawiając wynik o 3 695 zł, zaś panele fotowoltaiczne zmniejszyły swoją opłacalność o 5 968 zł, dając finalnie zysk na poziomie 60 148 zł. Tak samo w tym przypadku zmienił się bilans inwestycji w pompę ciepła o 4 765 zł, dając ostatecznie wynik finansowy o wartości -165 030 zł.

Tabela 12 Analiza wrażliwości wariant 2 – kocioł węglowy

Rok	Cena za tonę węgla z inflacji	Nakłady (zł)	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1	655 zł	10 369 zł	12 989 zł	-12 989 zł	-12 989 zł
2	668 zł		2 672 zł	-2 672 zł	-2 607 zł
3	681 zł		2 726 zł	-2 726 zł	-2 595 zł
4	695 zł		2 780 zł	-2 780 zł	-2 582 zł
5	709 zł		2 836 zł	-2 836 zł	-2 569 zł
6	723 zł		2 893 zł	-2 893 zł	-2 557 zł
7	738 zł		2 951 zł	-2 951 zł	-2 544 zł
8	752 zł		3 010 zł	-3 010 zł	-2 532 zł
9	767 zł		3 070 zł	-3 070 zł	-2 519 zł
10	783 zł		3 131 zł	-3 131 zł	-2 507 zł
11	798 zł		3 194 zł	-3 194 zł	-2 495 zł
12	814 zł		3 258 zł	-3 258 zł	-2 483 zł
13	831 zł		3 323 zł	-3 323 zł	-2 471 zł
14	847 zł		3 389 zł	-3 389 zł	-2 459 zł
15	864 zł		3 457 zł	-3 457 zł	-2 447 zł
16	882 zł		3 526 zł	-3 526 zł	-2 435 zł
17	899 zł		3 597 zł	-3 597 zł	-2 423 zł
18	917 zł		3 669 zł	-3 669 zł	-2 411 zł
19	936 zł		3 742 zł	-3 742 zł	-2 399 zł
20	954 zł		3 817 zł	-3 817 zł	-2 388 zł
21	973 zł		3 893 zł	-3 893 zł	-2 376 zł
22	993 zł		3 971 zł	-3 971 zł	-2 364 zł
23	1 013 zł		4 050 zł	-4 050 zł	-2 353 zł
24	1 033 zł		4 131 zł	-4 131 zł	-2 341 zł
25	1 054 zł		4 214 zł	-4 214 zł	-2 330 zł
				SUMA	-72 174 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 13 Analiza wrażliwości wariant 2 - pompa ciepła

Rok	Koszt serwisu z inflacją	Koszt energii z inflacją	Koszt zużycia energii z inflacją	Nakłady	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1		0,57 zł	3 135 zł	76 490 zł	79 625 zł	-79 625 zł	-79 625 zł
2	459 zł	0,58 zł	3 213 zł		3 672 zł	-3 672 zł	-3 583 zł
3	468 zł	0,60 zł	3 294 zł		3 762 zł	-3 762 zł	-3 581 zł
4	478 zł	0,61 zł	3 376 zł		3 854 zł	-3 854 zł	-3 578 zł
5	487 zł	0,63 zł	3 460 zł		3 948 zł	-3 948 zł	-3 576 zł
6	497 zł	0,64 zł	3 547 zł		4 044 zł	-4 044 zł	-3 574 zł
7	507 zł	0,66 zł	3 636 zł		4 142 zł	-4 142 zł	-3 572 zł
8	517 zł	0,68 zł	3 727 zł		4 243 zł	-4 243 zł	-3 570 zł
9	527 zł	0,69 zł	3 820 zł		4 347 zł	-4 347 zł	-3 568 zł
10	538 zł	0,71 zł	3 915 zł		4 453 zł	-4 453 zł	-3 566 zł
11	549 zł	0,73 zł	4 013 zł		4 562 zł	-4 562 zł	-3 564 zł
12	560 zł	0,75 zł	4 113 zł		4 673 zł	-4 673 zł	-3 561 zł
13	571 zł	0,77 zł	4 216 zł		4 787 zł	-4 787 zł	-3 559 zł
14	582 zł	0,79 zł	4 322 zł		4 904 zł	-4 904 zł	-3 557 zł
15	594 zł	0,81 zł	4 430 zł		5 023 zł	-5 023 zł	-3 555 zł
16	606 zł	0,83 zł	4 540 zł		5 146 zł	-5 146 zł	-3 553 zł
17	618 zł	0,85 zł	4 654 zł		5 272 zł	-5 272 zł	-3 551 zł
18	630 zł	0,87 zł	4 770 zł		5 400 zł	-5 400 zł	-3 549 zł
19	643 zł	0,89 zł	4 890 zł		5 532 zł	-5 532 zł	-3 547 zł
20	656 zł	0,91 zł	5 012 zł		5 667 zł	-5 667 zł	-3 545 zł
21	669 zł	0,93 zł	5 137 zł		5 806 zł	-5 806 zł	-3 543 zł
22	682 zł	0,96 zł	5 265 zł		5 948 zł	-5 948 zł	-3 541 zł
23	696 zł	0,98 zł	5 397 zł		6 093 zł	-6 093 zł	-3 539 zł
24	710 zł	1,01 zł	5 532 zł		6 242 zł	-6 242 zł	-3 537 zł
25	724 zł	1,03 zł	5 670 zł		6 394 zł	-6 394 zł	-3 535 zł
						SUMA	-165 030 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 14 Analiza wrażliwości wariant 2 - panele fotowoltaiczne część 1

Rok	Zużycie energii	Produkowana energia	Bieżące zużycie energii	Energia oddana do sieci	Energia odebrana z sieci	Suma energii użytkowej	Bilans energetyczny	Koszt energii z inflacją
1	9500	10080	4750	5330	4264	9014	-486	0,57 zł
2	9500	10017	4750	5267	4214	8964	-536	0,58 zł
3	9500	9955	4750	5205	4164	8914	-586	0,60 zł
4	9500	9892	4750	5142	4114	8864	-636	0,61 zł
5	9500	9830	4750	5080	4064	8814	-686	0,63 zł
6	9500	9768	4750	5018	4014	8764	-736	0,64 zł
7	9500	9705	4750	4955	3964	8714	-786	0,66 zł
8	9500	9643	4750	4893	3914	8664	-836	0,68 zł
9	9500	9581	4750	4831	3865	8615	-885	0,69 zł
10	9500	9518	4750	4768	3815	8565	-935	0,71 zł
11	9500	9456	4750	4706	3765	8515	-985	0,73 zł
12	9500	9394	4750	4644	3715	8465	-1035	0,75 zł
13	9500	9331	4750	4581	3665	8415	-1085	0,77 zł
14	9500	9269	4750	4519	3615	8365	-1135	0,79 zł
15	9500	9207	4750	4457	3565	8315	-1185	0,81 zł
16	9500	9144	4750	4394	3515	8265	-1235	0,83 zł
17	9500	9082	4750	4332	3466	8216	-1284	0,85 zł
18	9500	9020	4750	4270	3416	8166	-1334	0,87 zł
19	9500	8957	4750	4207	3366	8116	-1384	0,89 zł
20	9500	8895	4750	4145	3316	8066	-1434	0,91 zł
21	9500	8833	4750	4083	3266	8016	-1484	0,93 zł
22	9500	8770	4750	4020	3216	7966	-1534	0,96 zł
23	9500	8708	4750	3958	3166	7916	-1584	0,98 zł
24	9500	8646	4750	3896	3116	7866	-1634	1,01 zł
25	9500	8583	4750	3833	3067	7817	-1683	1,03 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 15 Analiza wrażliwości wariant 2 - panele fotowoltaiczne część 2

Rok	Koszt zakupu energii z sieci z	Zysk finansowy z energii z inflacją	Bilans finansowy kosztu energii	Koszt inwertera z inflacją	Nakłady (zł)	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1	277,24 zł	5 137,76 zł	4 861 zł	6 070 zł	39 786 zł	39 786 zł	-34 925 zł	-34 925 zł
2	313,31 zł	5 237,07 zł	4 924 zł	6 191 zł	0,00 zł	0 zł	4 924 zł	4 804 zł
3	351,01 zł	5 338,12 zł	4 987 zł	6 315 zł	0,00 zł	0 zł	4 987 zł	4 747 zł
4	390,40 zł	5 440,96 zł	5 051 zł	6 442 zł	0,00 zł	0 zł	5 051 zł	4 690 zł
5	431,54 zł	5 545,60 zł	5 114 zł	6 570 zł	0,00 zł	0 zł	5 114 zł	4 633 zł
6	474,50 zł	5 652,08 zł	5 178 zł	6 702 zł	0,00 zł	0 zł	5 178 zł	4 576 zł
7	519,33 zł	5 760,41 zł	5 241 zł	6 836 zł	0,00 zł	0 zł	5 241 zł	4 519 zł
8	566,11 zł	5 870,62 zł	5 305 zł	6 973 zł	0,00 zł	0 zł	5 305 zł	4 463 zł
9	614,90 zł	5 982,75 zł	5 368 zł	7 112 zł	0,00 zł	0 zł	5 368 zł	4 406 zł
10	665,78 zł	6 096,81 zł	5 431 zł	7 254 zł	0,00 zł	0 zł	5 431 zł	4 349 zł
11	718,82 zł	6 212,84 zł	5 494 zł	7 399 zł	7 399,30 zł	7 399 zł	-1 905 zł	-1 488 zł
12	774,09 zł	6 330,86 zł	5 557 zł	7 547 zł	0,00 zł	0 zł	5 557 zł	4 235 zł
13	831,68 zł	6 450,89 zł	5 619 zł	7 698 zł	0,00 zł	0 zł	5 619 zł	4 178 zł
14	891,67 zł	6 572,97 zł	5 681 zł	7 852 zł	0,00 zł	0 zł	5 681 zł	4 121 zł
15	954,13 zł	6 697,12 zł	5 743 zł	8 009 zł	0,00 zł	0 zł	5 743 zł	4 064 zł
16	1 019,16 zł	6 823,38 zł	5 804 zł	8 169 zł	0,00 zł	0 zł	5 804 zł	4 008 zł
17	1 086,84 zł	6 951,76 zł	5 865 zł	8 333 zł	0,00 zł	0 zł	5 865 zł	3 951 zł
18	1 157,27 zł	7 082,29 zł	5 925 zł	8 499 zł	0,00 zł	0 zł	5 925 zł	3 894 zł
19	1 230,55 zł	7 215,01 zł	5 984 zł	8 669 zł	0,00 zł	0 zł	5 984 zł	3 837 zł
20	1 306,76 zł	7 349,93 zł	6 043 zł	8 843 zł	0,00 zł	0 zł	6 043 zł	3 780 zł
21	1 386,02 zł	7 487,09 zł	6 101 zł	9 020 zł	9 019,70 zł	9 020 zł	-2 919 zł	-1 781 zł
22	1 468,42 zł	7 626,52 zł	6 158 zł	9 200 zł	0,00 zł	0 zł	6 158 zł	3 666 zł
23	1 554,07 zł	7 768,24 zł	6 214 zł	9 384 zł	0,00 zł	0 zł	6 214 zł	3 610 zł
24	1 643,09 zł	7 912,27 zł	6 269 zł	9 572 zł	0,00 zł	0 zł	6 269 zł	3 553 zł
25	1 735,59 zł	8 058,66 zł	6 323 zł	9 763 zł	0,00 zł	0 zł	6 323 zł	3 496 zł
							SUMA	53 384 zł
							Ulga termomodernizacyjna	6 764 zł
							Bilans końcowy	60 148 zł

Źródło: opracowanie własne

Ostatnim rozważanym przypadkiem (wariant 3) jest zmniejszenie się kosztów pompy ciepła i paneli fotowoltaicznych, a także kosztów montażu, o 20%, jednak nie został wykorzystany program „Mój prąd” oraz ulga termomodernizacyjna. Koszty pieca węglowego oraz jego montażu pozostaną na tym samym poziomie. Bilans finansowy pompy ciepła wyniósł -154 497 zł, zmniejszając wydatek o 10 533zł. Instalacja fotowoltaiczna natomiast zmniejszyła swój zysk o 2 807 zł, dając wynik finansowy na poziomie 63 309zł. Tabele 16, 17 oraz 18 przedstawiają wyliczenia. Nie zostały przedstawione obliczenia odnośnie kotła węglowego, ponieważ w tym wariantcie nie nastąpiły żadne zmiany i są identyczne jak w tabeli 4.

Tabela 16 Analiza wrażliwości wariant 3 - pompa ciepła

Rok	Koszt serwisu z inflacją	Koszt energii z inflacją	Koszt zużycia energii z inflacją	Nakłady	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1		0,57 zł	3 135 zł	61 192 zł	64 327 zł	-64 327 zł	-64 327 zł
2	459 zł	0,59 zł	3 229 zł		3 688 zł	-3 688 zł	-3 598 zł
3	468 zł	0,60 zł	3 326 zł		3 794 zł	-3 794 zł	-3 611 zł
4	478 zł	0,62 zł	3 426 zł		3 903 zł	-3 903 zł	-3 625 zł
5	487 zł	0,64 zł	3 528 zł		4 016 zł	-4 016 zł	-3 638 zł
6	497 zł	0,66 zł	3 634 zł		4 131 zł	-4 131 zł	-3 651 zł
7	507 zł	0,68 zł	3 743 zł		4 250 zł	-4 250 zł	-3 665 zł
8	517 zł	0,70 zł	3 856 zł		4 373 zł	-4 373 zł	-3 678 zł
9	527 zł	0,72 zł	3 971 zł		4 499 zł	-4 499 zł	-3 692 zł
10	538 zł	0,74 zł	4 090 zł		4 628 zł	-4 628 zł	-3 706 zł
11	549 zł	0,77 zł	4 213 zł		4 762 zł	-4 762 zł	-3 720 zł
12	560 zł	0,79 zł	4 340 zł		4 899 zł	-4 899 zł	-3 734 zł
13	571 zł	0,81 zł	4 470 zł		5 040 zł	-5 040 zł	-3 748 zł
14	582 zł	0,84 zł	4 604 zł		5 186 zł	-5 186 zł	-3 762 zł
15	594 zł	0,86 zł	4 742 zł		5 336 zł	-5 336 zł	-3 776 zł
16	606 zł	0,89 zł	4 884 zł		5 490 zł	-5 490 zł	-3 791 zł
17	618 zł	0,91 zł	5 031 zł		5 649 zł	-5 649 zł	-3 805 zł
18	630 zł	0,94 zł	5 182 zł		5 812 zł	-5 812 zł	-3 819 zł
19	643 zł	0,97 zł	5 337 zł		5 980 zł	-5 980 zł	-3 834 zł
20	656 zł	1,00 zł	5 497 zł		6 153 zł	-6 153 zł	-3 849 zł
21	669 zł	1,03 zł	5 662 zł		6 331 zł	-6 331 zł	-3 864 zł
22	682 zł	1,06 zł	5 832 zł		6 514 zł	-6 514 zł	-3 878 zł
23	696 zł	1,09 zł	6 007 zł		6 703 zł	-6 703 zł	-3 893 zł
24	710 zł	1,12 zł	6 187 zł		6 897 zł	-6 897 zł	-3 908 zł
25	724 zł	1,16 zł	6 373 zł		7 097 zł	-7 097 zł	-3 924 zł
						SUMA	-154 497 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 17 Analiza wrażliwości wariant 3 - panele fotowoltaiczne część 1

Rok	Zużycie energii	Produkowana energia	Bieżące zużycie energii	Energia oddana do sieci	Energia odebrana z sieci	Suma energii użytkowej	Bilans energetyczny	Koszt energii z inflacją
1	9500	10080	4750	5330	4264	9014	-486	0,57 zł
2	9500	10017	4750	5267	4214	8964	-536	0,59 zł
3	9500	9955	4750	5205	4164	8914	-586	0,60 zł
4	9500	9892	4750	5142	4114	8864	-636	0,62 zł
5	9500	9830	4750	5080	4064	8814	-686	0,64 zł
6	9500	9768	4750	5018	4014	8764	-736	0,66 zł
7	9500	9705	4750	4955	3964	8714	-786	0,68 zł
8	9500	9643	4750	4893	3914	8664	-836	0,70 zł
9	9500	9581	4750	4831	3865	8615	-885	0,72 zł
10	9500	9518	4750	4768	3815	8565	-935	0,74 zł
11	9500	9456	4750	4706	3765	8515	-985	0,77 zł
12	9500	9394	4750	4644	3715	8465	-1035	0,79 zł
13	9500	9331	4750	4581	3665	8415	-1085	0,81 zł
14	9500	9269	4750	4519	3615	8365	-1135	0,84 zł
15	9500	9207	4750	4457	3565	8315	-1185	0,86 zł
16	9500	9144	4750	4394	3515	8265	-1235	0,89 zł
17	9500	9082	4750	4332	3466	8216	-1284	0,91 zł
18	9500	9020	4750	4270	3416	8166	-1334	0,94 zł
19	9500	8957	4750	4207	3366	8116	-1384	0,97 zł
20	9500	8895	4750	4145	3316	8066	-1434	1,00 zł
21	9500	8833	4750	4083	3266	8016	-1484	1,03 zł
22	9500	8770	4750	4020	3216	7966	-1534	1,06 zł
23	9500	8708	4750	3958	3166	7916	-1584	1,09 zł
24	9500	8646	4750	3896	3116	7866	-1634	1,12 zł
25	9500	8583	4750	3833	3067	7817	-1683	1,16 zł

Źródło: opracowanie własne

Tabela 18 Analiza wrażliwości wariant 3 - panele fotowoltaiczne część 2

Rok	Koszt zakupu energii z sieci z	Zysk finansowy z energii z inflacją	Bilans finansowy kosztu energii	Koszt inwertera z inflacją	Nakłady (zł)	Koszty całkowite	Bilans finansowy	Zdyskontowany bilans finansowy
1	277,24 zł	5 137,76 zł	4 861 zł	6 070 zł	35 829 zł	35 829 zł	-30 968 zł	-30 968 zł
2	314,84 zł	5 262,61 zł	4 948 zł	6 191 zł	0,00 zł	0 zł	4 948 zł	4 827 zł
3	354,44 zł	5 390,33 zł	5 036 zł	6 315 zł	0,00 zł	0 zł	5 036 zł	4 793 zł
4	396,14 zł	5 520,97 zł	5 125 zł	6 442 zł	0,00 zł	0 zł	5 125 zł	4 759 zł
5	440,03 zł	5 654,60 zł	5 215 zł	6 570 zł	0,00 zł	0 zł	5 215 zł	4 724 zł
6	486,19 zł	5 791,28 zł	5 305 zł	6 702 zł	0,00 zł	0 zł	5 305 zł	4 689 zł
7	534,72 zł	5 931,07 zł	5 396 zł	6 836 zł	0,00 zł	0 zł	5 396 zł	4 653 zł
8	585,73 zł	6 074,04 zł	5 488 zł	6 973 zł	0,00 zł	0 zł	5 488 zł	4 617 zł
9	639,31 zł	6 220,25 zł	5 581 zł	7 112 zł	0,00 zł	0 zł	5 581 zł	4 581 zł
10	695,59 zł	6 369,76 zł	5 674 zł	7 254 zł	0,00 zł	0 zł	5 674 zł	4 543 zł
11	754,66 zł	6 522,64 zł	5 768 zł	7 399 zł	7 399,30 zł	7 399 zł	-1 631 zł	-1 274 zł
12	816,66 zł	6 678,97 zł	5 862 zł	7 547 zł	0,00 zł	0 zł	5 862 zł	4 468 zł
13	881,69 zł	6 838,80 zł	5 957 zł	7 698 zł	0,00 zł	0 zł	5 957 zł	4 429 zł
14	949,89 zł	7 002,22 zł	6 052 zł	7 852 zł	0,00 zł	0 zł	6 052 zł	4 390 zł
15	1 021,40 zł	7 169,28 zł	6 148 zł	8 009 zł	0,00 zł	0 zł	6 148 zł	4 351 zł
16	1 096,33 zł	7 340,06 zł	6 244 zł	8 169 zł	0,00 zł	0 zł	6 244 zł	4 311 zł
17	1 174,84 zł	7 514,64 zł	6 340 zł	8 333 zł	0,00 zł	0 zł	6 340 zł	4 271 zł
18	1 257,08 zł	7 693,09 zł	6 436 zł	8 499 zł	0,00 zł	0 zł	6 436 zł	4 230 zł
19	1 343,19 zł	7 875,48 zł	6 532 zł	8 669 zł	0,00 zł	0 zł	6 532 zł	4 188 zł
20	1 433,34 zł	8 061,89 zł	6 629 zł	8 843 zł	0,00 zł	0 zł	6 629 zł	4 146 zł
21	1 527,69 zł	8 252,40 zł	6 725 zł	9 020 zł	9 019,70 zł	9 020 zł	-2 295 zł	-1 401 zł
22	1 626,41 zł	8 447,08 zł	6 821 zł	9 200 zł	0,00 zł	0 zł	6 821 zł	4 061 zł
23	1 729,68 zł	8 646,02 zł	6 916 zł	9 384 zł	0,00 zł	0 zł	6 916 zł	4 017 zł
24	1 837,68 zł	8 849,29 zł	7 012 zł	9 572 zł	0,00 zł	0 zł	7 012 zł	3 973 zł
25	1 950,60 zł	9 056,98 zł	7 106 zł	9 763 zł	0,00 zł	0 zł	7 106 zł	3 929 zł
							SUMA	63 309 zł
							Ulga termomoderniz.	0 zł
							Bilans końcowy	63 309 zł

Źródło: opracowanie własne

Porównanie kosztorysów

W tabeli 19 przedstawiono wyniki wszystkich przeprowadzonych analiz finansowych. Analiza wyjściowa to pierwsza przeprowadzona analiza w rozdziale 5. Warianty 1, 2 i 3 to wyniki z analizy wrażliwości, których opis znajduje się w rozdziale 6. Kolumna „różnica” mówi o różnicy Modelu 1 i Modelu 2. Zmiana procentowa przedstawia, ile procent zmieniła się różnica bilansów w stosunku do wyniku w analizie wyjściowej (wzór poniżej). Dodatnia zmiana procentowa oznacza, że model 2 zyskał w tym wariantcie, zaś ujemna oznacza zysk modelu 1.

$$\text{zmiana procentowa} = \frac{(M1_{\text{wyj}} - M2_{\text{wyj}}) - (M1_{\text{war}} - M2_{\text{war}})}{M1_{\text{wyj}} - M2_{\text{wyj}}}$$

Gdzie:

M1, M2 – kolejno: model 1, model 2

Indeks „wyj” – dany model w analizie wyjściowej

Indeks „war” – dany model w analizie poszczególnego wariantu (w obrębie jednego nawiasu wariant musi być ten sam)

Tabela 19 Porównanie wyników finansowych dla różnych wariantów

	Bilans finansowy			Zmiana procentowa w odenisieniu do Model 2
	Model 1	Model 2	Różnica	
Analiza wyjściowa	-75 869 zł	-103 679 zł	27 810 zł	-
Wariant 1	-79 850 zł	-102 396 zł	22 546 zł	19%
Wariant 2	-72 174 zł	-104 882 zł	32 708 zł	-18%
Wariant 3	-75 869 zł	-91 188 zł	15 319 zł	45%

Źródło: opracowanie własne

Zmiana inflacji w pierwszym i drugim wariantcie wynosi niecałe 20%, są to dosyć zbliżone wartości, jednak warto zauważyć, że nie równe. Wzrost inflacji cen węgla i energii prowadzi do większego procentowego zysku dla modelu 2, niż w przypadku obniżeniu inflacji, gdzie dochodzi do korzyści dla modelu 1. Z tego wynika, że zmiana cen energii ma większy wpływ na zmianę różnicy między bilansami. W trzecim wariantcie, mimo nieskorzystania z dofinansowań, spadek cen urządzeń oraz ich montażu o 20% spowodował 45-procentowy spadek różnicy, co zwiększyło opłacalność inwestowania w model 2. Mimo to nadal inwestycja w ten model wiąże się z większym wydatkiem.

5. Zakończenie

We wszystkich rozważanych przypadkach opłacalność z finansowego punktu widzenia po 25 latach użytkowania jest wyższa dla modelu 1 – uzyskuje on przewagę kilkudziesięciu tysięcy złotych. Przeprowadzone analizy wykazały największą różnicę w wariantcie 2, która wyniosła ponad 32 tysięcy złotych na korzyść kotła węglowego. W wariantcie 3, który okazał się najbardziej korzystny dla odnawialnych źródeł energii, różnica ta wyniosła niecałe 16 tysięcy złotych. Równie dobrze może jednak wystąpić wiele innych wariantów, które zmieniają te wyniki w jedną lub drugą stronę, które nie są rozważane zarówno w jednym, jak i drugim modelu. Awaria któregoś z urządzeń może okazać się dużym nieprzewidzianym wydatkiem, którego gwarancja przestała już obejmować. Możliwe jest wykupienie ubezpieczenia na panele fotowoltaiczne, które zmniejszą otrzymywany przez nie zysk na przestrzeni lat. Może się okazać, że eksploatacja wszystkich urządzeń przedłuży się o kolejne 5 lat, co ponownie przyniesie zysk dla modelu 2, a stratę dla modelu 1. Wszystko to jest jednak trudne do obliczenia i stwierdzenia jednoznacznie, co się wydarzy.

Warto zwrócić uwagę na zyski dla modelu 2, których nie sposób obliczyć z finansowego punktu widzenia, jednak mogą mieć znaczny wpływ na decyzję o inwestowaniu w jeden lub drugi model. Pierwszą z tych rzeczy jest wygoda. Użytkowanie pompy ciepła jest bezobsługowe i nie wymaga większej ingerencji, dopóki coś się nie zepsuje lub wystąpią niespodziewane zdarzenia. W przypadku kotła węglowego trzeba dopełniać zbiornik węglem, który jest podawany do paleniska. Ponadto, wymagane jest usuwanie popiołu powstającego na skutek jego spalania. Raz na jakiś czas niezbędne jest także zakupienie węgla oraz dostarczenie go do kotłowni, która musi być w stanie pomieścić zapasy tego surowca. Pompa ciepła natomiast wymaga zdecydowanie mniej miejsca, gdyż nie ma potrzeby magazynowania dla niej żadnego surowca. Dlatego też dzięki inwestycji w pompę ciepła zyskujemy czas, którego nie potrzeba przeznaczać na obsługę urządzenia, czystość ze względu na brak konieczności magazynowania opału oraz pozostałości po nim, oraz miejsce, które możemy przeznaczyć na przechowywanie innych rzeczy niż surowca opałowego.

Mimo wszystko, z wyników przedstawionych w pracy wynika, że nie jest opłacalne inwestowanie w odnawialne źródła energii, ponieważ we wszystkich rozważanych przypadkach wiąże się to z większymi kosztami niż inwestycja w system oparty na węglu kamiennym.

Moim zdaniem należy dobrze przeanalizować zakup urządzeń bazujących na odnawialnych źródłach energii. O ile same panele fotowoltaiczne pewnie przyniosą zysk

prędzej czy później, to połączenie ich z pompą ciepła finalnie nie przyniesie zysku. Ważnym zagadnieniem jest także kwestia źródła środków na tą inwestycję. Założone zostało, że wszystko jest inwestowane z własnego budżetu. Uważam jednak, że niewielu ludzi jest w stanie pozwolić sobie na dodatkowy wydatek ponad 100 tysięcy złotych podczas budowy nowego domu. Jeżeli takie osoby miałyby brać kredyt na finansowanie takiego przedsięwzięcia i płacić odsetki, opłacalność tej inwestycji jest jeszcze mniejsza. Dodatkowo, na piec węglowy w pierwszym roku trzeba wydać około 11 tysięcy, zaś na pompę ciepła i panele fotowoltaiczne ponad 120 tysięcy złotych, co daje około 11-krotny wzrost kosztów początkowych. Na dzień dzisiejszy jest to bardzo droga inwestycja i mimo że bardzo popularne jest zachęcanie obywateli do inwestowania w odnawialne źródła energii, to z finansowego punktu widzenia jest to możliwe tylko dla osób zamożnych. Prawdopodobnie wiąże się to z gigantycznym wkładem własnym, nawet przy skorzystaniu ze wszystkich trzech programów oraz modernizowania już istniejącego domu.

Z drugiej strony, pomijając ogromne nakłady, które trzeba przeznaczyć na takie instalacje, nie można zapomnieć, co taka forma ogrzewania i zarządzania domem daje. Wcześniej zostały wypisane zalety, jakie się z tym wiążą (wygoda w obsłudze, więcej miejsca, itd.) – nie ma możliwości wycenienia tych kwestii. Dla jednych osób może to być wystarczająca przesłanka, żeby wziąć kredyt, zapłacić sporo więcej i korzystać z zalet mieszkania w domu wykorzystującym pompę ciepła i panele fotowoltaiczne. Uważam, że dla osób zamożnych jest to znacznie lepsza opcja niż kocioł węglowy. Dla osób o niskim budżecie nie jest łatwe nawet zakupienie taniego rozwiązania z kotłem węglowym (chyba że otrzymają pomoc ze strony państwa w formie dofinansowań), więc tym bardziej nie będą mogły sobie pozwolić na takie przedsięwzięcie.

Jeżeli za kilka lub kilkanaście lat nadal będzie rozwijać się sprzęt wykorzystujący energię odnawialną oraz będzie kładziony na to nacisk, by dążyć w ekologicznym kierunku, możliwe, że ceny tych rozwiązań zaczną spadać. Być może w przyszłości będą to wydatki na poziomie połowy aktualnych cen. Kocioł węglowy stanie się wtedy tym gorszym wyborem nie tylko ze względu zanieczyszczenia środowiska czy konieczności obsługi i brudu, który generuje, ale także pod względem finansowym.

6. Spis rysunków

Rysunek 1 Palnik retortowy z podajnikiem ślimakowym.	5
Rysunek 2 Palnik retortowy II generacji z obrotową koroną napowietrzającą.	6
Rysunek 3 Przekrój pionowy całego kotła z palnikiem retortowym.	6
Rysunek 4 Palnik rynnowy	7
Rysunek 5 Porównanie emisji pyłów z kotłów węglowych w zależności od klasy kotła.	8
Rysunek 6 Schemat budowy pompy ciepła z uwzględnieniem obiegów.	10
Rysunek 7 Schemat działania pompy ciepła typu powietrze/woda.	12
Rysunek 8 Schemat działania pompy ciepła typu woda/woda.	12
Rysunek 9 Schemat działania pompy ciepła typu solanka/woda kolektor poziomy.	13
Rysunek 10 Schemat działania pompy ciepła typu solanka/woda kolektor pionowy.	13
Rysunek 11 Budowa modułu i panelu fotowoltaicznego.	16
Rysunek 12 Charakterystyka prądowo-napięciowa o połączeniu szeregowym ogniw.	17
Rysunek 13 Charakterystyka prądowo-napięciowa o połączeniu równoległym ogniw.	18
Rysunek 14 Schemat instalacji fotowoltaicznej z przyłączem do sieci.	20
Rysunek 15 Wzory oraz wizualizacja obliczenia minimalnych odległości od krawędzi dachu dla instalacji fotowoltaicznych.	21

7. Spis tabel

Tabela 1 Porównanie wydajności różnych rodzajów ogniw słonecznych	19
Tabela 2 Fragment tabeli współczynników korekcyjnych dla instalacji fotowoltaicznej.....	22
Tabela 3 Maksymalne kwoty oraz intensywności dofinansowania w programie Czyste Powietrze dla niektórych urzędów.	29
Tabela 4 Analiza finansowa związana z piecem węglowym.....	33
Tabela 5 Analiza finansowa związana z pompą ciepła.....	35
Tabela 6 Analiza finansowa związana z panelami fotowoltaicznymi część 1.....	38
Tabela 7 Analiza finansowa związana z panelami fotowoltaicznymi część 2.....	39
Tabela 8 Analiza wrażliwości wariant 1 - kocioł węglowy	42
Tabela 9 Analiza wrażliwości wariant 1 - pompa ciepła.....	42
Tabela 10 Analiza wrażliwości wariant 1 - panele fotowoltaiczne część 1	43
Tabela 11 Analiza wrażliwości wariant 1 - panele fotowoltaiczne część 2	43
Tabela 12 Analiza wrażliwości wariant 2 – kocioł węglowy	44
Tabela 13 Analiza wrażliwości wariant 2 - pompa ciepła.....	45
Tabela 14 Analiza wrażliwości wariant 2 - panele fotowoltaiczne część 1	45
Tabela 15 Analiza wrażliwości wariant 2 - panele fotowoltaiczne część 2	46
Tabela 16 Analiza wrażliwości wariant 3 - pompa ciepła.....	47
Tabela 17 Analiza wrażliwości wariant 3 - panele fotowoltaiczne część 1	47
Tabela 18 Analiza wrażliwości wariant 3 - panele fotowoltaiczne część 2	48
Tabela 19 Porównanie wyników finansowych dla różnych wariantów	49

8. Bibliografia

- [1] A. Siuta-Olcha, T. Cholewa, Ł. Guz, *Proceedings of ECOpole*, „Analiza porównawcza potrzeb energetycznych jednorodzinnych budynków mieszkalnych o różnym standardzie wykonania”, 2011, Vol.5 No.1. W tym artykule można znaleźć wymagania jakie powinien spełniać dom niskoenergetyczny.
- [2] A. T. Papliński, *Pompa ciepła. Budowa i zasada działania pompy ciepła*, <https://www.muratorplus.pl/technika/ogrzewanie/abc-pomp-ciepła-budowa-i-zasada-działania-pompy-ciepła-aa-38o9-za8Q-zQwx.html>, dostęp: 13.03.2018
- [3] A. Żelazna, A. Zbyd, A. Pawłowski, *Czasopismo inżynierii lądowej, środowiska i architektury*, „Porównanie wybranych paneli fotowoltaicznych na podstawie bilansu materiałowo-energetycznego w ich cyklu życia”, lipiec – wrzesień 2014
- [4] Archon.pl, *Projekt domu w aurorach 10 (G2)*, pod adresem: <https://www.archon.pl/projekty-domow/projekt-dom-w-aurorach-10-g2-m8d324b10e5f36>
- [5] Belos-PLP, *Instrukcja instalacji konstrukcji montażowej na dachach z pokryciem ceramicznym i betonowym dla modułów fotowoltaicznych*, 1.01.2017
- [6] Czyste Ogrzewanie ekonomiczne spalanie węgla i drewna, *Normy emisji dla domowych kotłów – Ecodesign i PN-EN 303-5:2012*, pod adresem: <https://czysteogrzewanie.pl/podstawy/norma-pn-en-303-5-2012/>
- [7] Czyste Ogrzewanie ekonomiczne spalanie węgla i drewna, *Rodzaje kotłów węglowych*, pod adresem: https://czysteogrzewanie.pl/podstawy/rodzaje-kotlow-weglowych/#Kotly_podajnikowe
- [8] Dimplex.pl, pod adresem: <https://dimplex24.pl/produkt/si-11tu#szczegoly>
- [9] Dimplex.pl, pod adresem: <https://dimplex24.pl/material-do-pobrania/pobierz/489>
- [10] EcoEnergy, *Pompy ciepła grunt woda*, <http://ecoenergy.com.pl/pompy-ciepła-grunt-woda>,
- [11] E. Dumiszewski, P. Knypski, M. Wesołowski, W. Strupiński, *Przegląd elektrotechniczny*, „Wielozłączone ogniwa słoneczne”, 2014, nr 5
- [12] E-instalacje.pl, *Przegląd i serwisowanie pompy ciepła – komu je zlecać i ile to kosztuje*, pod adresem: <http://www.e-instalacje.pl/a/przegląd-i-serwisowanie-pompy-ciepła-komu-je-zlecac-i-ile-to-kosztuje-20440.html>
- [13] Fuego.pl, pod adresem: <https://www.fuego.pl/metal-fach-seg-eko-12-kw.html>
- [14] Ghs geothermal warm, pod adresem: <http://ghs-polska.pl/odczyty/app/>
- [15] Global Solar Atlas, pod adresem: <https://globalsolaratlas.info/map?m=site&c=50.079837,18.516769,11&a=18.406906,50.03024,18.406906,50.187011,18.70079,50.187011,18.70079,50.03024,18.406906,50.03024>
- [16] GLOBEnergia, pod adresem: <https://globenergia.pl/ile-kosztuje-gruntowa-pompa-ciepła-z-wymiennikiem-pionowym-realne-koszty-odwiertow/>
- [17] Główny Urząd Statystyczny, *Roczne wskaźniki cen towarów i usług konsumpcyjnych od 1950 roku*, pod adresem: <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/ceny-handel/wskazniki-cen/wskazniki-cen-towarow-i-uslug-konsumpcyjnych-pot-inflacja-roczne-wskazniki-cen-towarow-i-uslug-konsumpcyjnych/>
- [18] Hewalex, aktualna cena inwertera, pod adresem: https://sklep.hewalex.pl/pl/produkt/inwerter-solis-3p10k-4g/?gclid=Cj0KCQiAwf39BRCCARIsALXWETx2L9rbSeHDX-D2wIBfyd7kTlwfcgLjsy7NFrLTueWBS7du7lhPQ-UaAgSEALw_wcB
- [19] Hewaxel, pod adresem: <https://www.hewalex.pl/fotowoltaika/kompletne-instalacje/zestaw-10.html>

- [20] J. Antkiewicz, *Gruntowe pompy ciepła – podstawowe informacje i koszty*, pod adresem: <https://budujemydom.pl/instalacje/pompy-ciepla/a/23956-gruntowe-pompy-ciepla-podstawowe-informacje-i-koszty>
- [21] Kompania Solarna, *Jak obliczyć uzysk energii z instalacji fotowoltaicznej*, pod adresem: <https://www.kompaniasolarna.pl/fotowoltaika/obliczyc-uzysk-energii-instalacji-fotowoltaicznej/>
- [22] M. Chmieleński, *Ekonomia XXI wieku*, „Analiza opłacalności mikroinstalacji fotowoltaicznej (PV) w Polsce w oparciu o produkcję energii elektrycznej na potrzeby własne”, 2015,
- [23] Murator.pl, pod adresem: <https://muratorodom.pl/instalacje/fotowoltaika/fotowoltaika-jak-dziala-ile-energii-mozna-wykorzystac-aa-Xgpo-xgTt-Rhi2.html>
- [24] Narodowy Bank Polski, *Rada Polityki Pieniężnej*, „Założenia Polityki Pieniężnej na rok 2021”, Warszawa, 2020.
- [25] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Zasady udzielania dofinansowania w ramach programu Czyste Powietrze*, 06.09.2018, wersja 1.5,
- [26] Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, *Czyste powietrze – dofinansowanie*, pod adresem: <http://czystepowietrze.gov.pl/wez-dofinansowanie/>
- [27] Objasnienia podatkowe z dnia 16 września 2019 r., *Nowe preferencje w podatku dochodowym od osób fizycznych wspierające przedsięwzięcia termo modernizacyjne*.
- [28] Panele fotowoltaiczne, *Rachunek za prąd z fotowoltaiką. Jak oni to liczą?*, pod adresem: https://www.youtube.com/watch?v=ahO100BuqFI&ab_channel=PaneleFotowoltaiczne
- [29] P. Kowalski, *Magazyn instalatora*, „Fotowoltaika bez tajemnic (3)”, pod adresem: <https://www.instalator.pl/2016/03/fotowoltaika-bez-tajemnic-3/>
- [30] P. Matuszczyk, T. Popławski, J. Flaszka, *Przegląd elektrotechniczny*, „Wpływ natężenia promieniowania słonecznego i temperatury modułu na wybrane parametry i moc znamionową paneli fotowoltaicznych”, nr 12/2015,
- [31] Pompy ciepła Dimplex Polska, pod adresem: <https://dimplex.pl/product/si-14tu/#szczegoly>
- [32] Projekty domów – Archon.pl, *Projekt domu w aurorach 10 (G2)*, pod adresem: <https://www.archon.pl/projekty-domow/projekt-dom-w-aurorach-10-g2-m8d324b10e5f36>
- [33] P. Pabianiak, *Ocena efektywności projektów inwestycyjnych*, Business Concepts, 2016
- [34] Serwis Rzeczypospolitej Polskiej, *Mój prąd Informacje szczegółowe o programie*, pod adresem: <https://mojprad.gov.pl/informacje-szczeg%C3%B3l%C5%82owe-o-programie-m%C3%B3j-pr%C4%85d/>
- [35] T. Bohdal, H. Charun, M. Sikora, *Rocznik ochrony Środowiska*, „Wybrane aspekty prawno – techniczne i ekologiczne stosowania sprężarkowych pomp ciepła”, 2015,
- [36] T. Mania, J. Kawa, *Inżynieria instalacji pomp ciepła*, Bydgoszcz, 2016,
- [37] U. Piszczatowska, M. Żukowski, *Budownictwo i inżynieria środowiska*, „Charakterystyka aktywnych i pasywnych systemów chłodzenia za pomocą pomp ciepła”, 2010,
- [38] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. 2015 poz.478 z późn.zm.).
- [39] W. Jaskółowski, J. Wiatr, *Zeszyty Naukowe SGSP*, „Instalacje fotowoltaiczne. Podstawy fizyczne działania. Ochrona odgromowa. Zasady neutralizacji zagrożeń porażenia prądem elektrycznym w czasie pożaru.”. 2016, nr 59/3/2016, s. 79-81.
- [40] W. Leśniak, M. Janczar-Smuga, W. Podgórski, M. Klinowski, *Nauki inżynierskie i technologie* „Pompy ciepła – ekologiczne źródło energii odnawialnej. 2012

[41] W. Treter, *Czyste ogrzewanie*, pod adresem: <https://czysteogrzewanie.pl/2020/02/przybywa-zakazow-palenia-weglem-i-drewnem/>

[42] Z. Grudziński, A. Kowalczyk, *Zeszyty Naukowe*, „Ropa, gaz, węgiel – tendencja zmian cen”, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, 2016, nr 95.