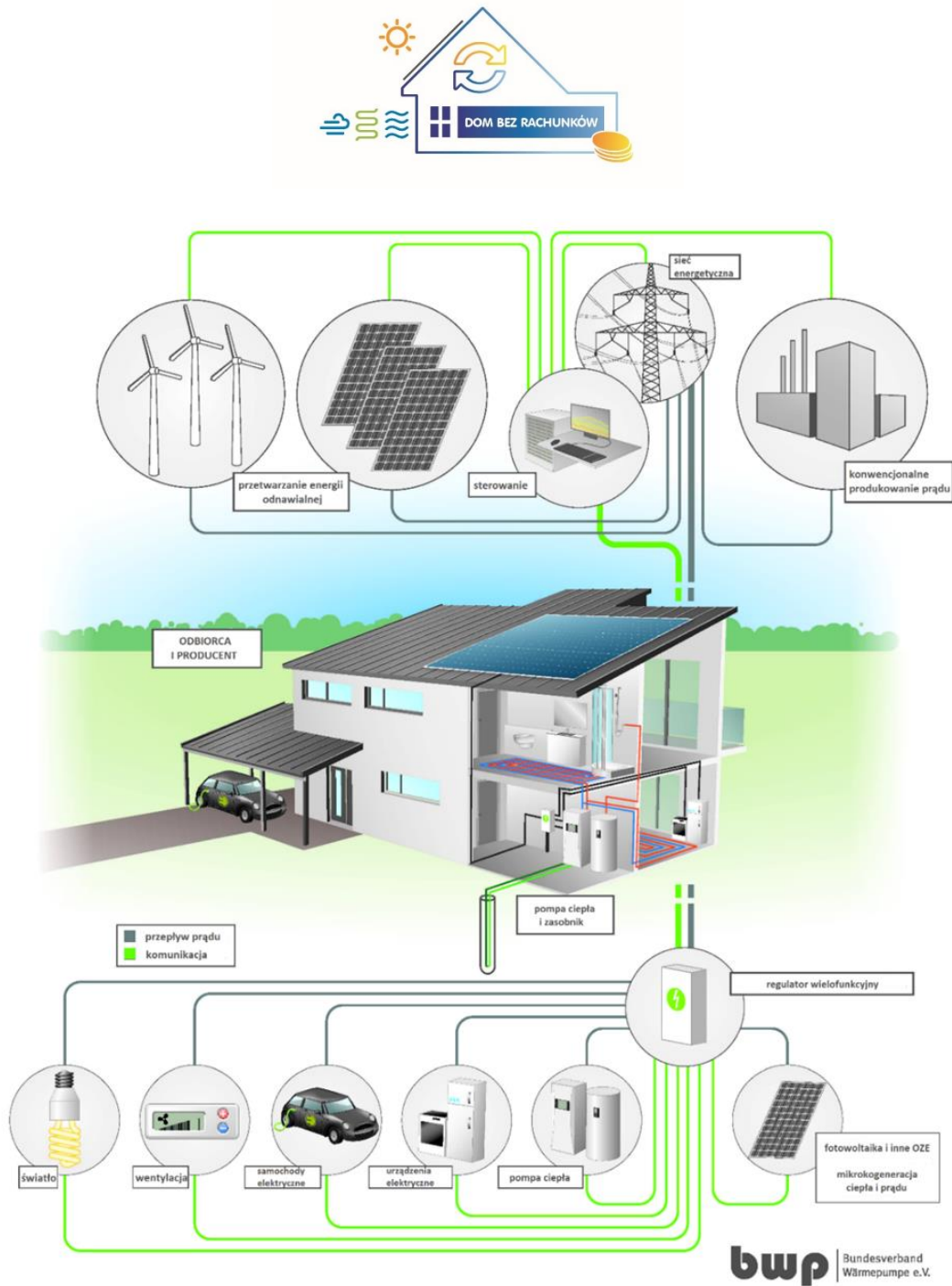


Poradnik „Dom bez rachunków”



Patron honorowy poradnika „Dom bez rachunków”

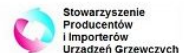


Global Compact
Network Poland

Organizacje branżowe wspierające akcję „Dom bez rachunków”



STOWARZYSZENIE
ENERGOOSZCZĘDNE
DOMY GOTOWE



Słowo wstępne



Kamil Wyszowski – dyrektor generalny UN Global Compact Network Poland.



Global Compact
Network Poland

„W ramach Systemu ONZ od lat trwa debata nad poprawą jakości powietrza. Ostatni raport WHO z 2018 r. mówi, że wskutek zanieczyszczeń powietrza co roku na świecie jest prawie 7 mln ofiar śmiertelnych, z czego ok. 48 tys. w Polsce. Do tej statystyki nie są wliczane osoby ciężko i przewlekle chore, które zachorowały z powodu zanieczyszczonego powietrza. Żeby poprawić jakość powietrza w Polsce konieczne są zdecydowane działania na kilkunastu płaszczyznach. Jedną z kluczowych jest wymiana systemów grzewczych i systemów chłodzenia na zeroemisyjne. Szerokie zastosowanie energii elektrycznej do ogrzewania i chłodzenia budynków umożliwi zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych, poprawę efektywności energetycznej, obniżenie emisji dwutlenku węgla i zaoszczędzenie znacznych kosztów inwestycji w integrację odnawialnych źródeł energii. Jednak zasadnicze znaczenie dla tych zastosowań ma promocja efektywnych technologii takich jak pompy ciepła, instalacje fotowoltaiczne czy systemy wentylacji z odzyskiem ciepła. Budynki są kluczowym elementem dla rozwijania powiązań pomiędzy rynkiem ogrzewania i chłodzenia, a rynkiem energii elektrycznej. Jeśli w Polskich domach pojawią się zeroemisyjne technologie to jakość powietrza się poprawi a przy okazji poprawi się jakość życia i zdrowia mieszkańców Polski.”



Paweł Lachman – prezes zarządu Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła.



„Dynamiczny rozwój systemów fotowoltaicznych oraz pomp ciepła pozwalają obecnie projektować i budować budynki spełniające wszystkie oczekiwania przyszłych mieszkańców w zakresie komfortu, ekonomii i ekologii. Jest to możliwe dzięki stosowanemu w Polsce systemowi rozliczeń energii elektrycznej wyprodukowanej z instalacji fotowoltaicznej w ramach tzw. opustu. Unikając kosztów związanych z budową skomplikowanego dachu, kominów spalinowych i wentylacyjnych, kotłowni czy magazynu opału można zbudować budynki, które przy stosunkowo racjonalnych i często porównywalnych do rozwiązań klasycznych kosztach inwestycyjnych pozwolą na obniżenie prawie do zera kosztów ogrzewania ciepłej wody, chłodzenia czy zużycia energii elektrycznej w całym budynku. Celem wydania tego poradnika jest przybliżenie wiedzy na temat budynków, w których zastosowano rozwiązania zapewniające najwyższy komfort i wygodę użytkowników. Takie budynki produkują więcej energii ze źródeł odnawialnych niż zużywają energii w ciągu roku, nie powodując żadnej lokalnej emisji zanieczyszczeń. Ważnym aspektem jest pozytywny wpływ na zdrowie zarówno mieszkańców jak i sąsiadów. Wyższy komfort mieszkańców można też uzyskać dzięki zastosowaniu efektywnej i kontrolowanej wentylacji z odzyskiem ciepła.”

1. Wprowadzenie i podstawowe pojęcia

Wprowadzenie

Zadaniem niniejszego poradnika jest pomoc projektantom, architektom i instalatorom w zakresie doboru i projektowania systemu składającego się z instalacji fotowoltaicznej, pompy ciepła oraz zasobników ciepła i ciepłej wody w domach jedno lub dwurodzinnych. Poradnik traktuje o systemach grzewczych z pompą ciepła z funkcjami ogrzewania, chłodzenia i przygotowywania ciepłej wody użytkowej oraz pompom ciepła służącym do przygotowywania ciepłej wody użytkowej w połączeniu z instalacją fotowoltaiczną o mocy do 10 kWp współpracującą z siecią energetyczną (on-grid) i funkcjonującą w ramach systemu opustu.

Korzyści z zastosowania systemu modułów fotowoltaicznych oraz zasilanej elektrycznie pompy ciepła i bufora ciepła i/lub systemu magazynowania energii elektrycznej uwarunkowane są licznymi czynnikami:

- **Zastosowanie systemu opustu** zgodnego z aktualną ustawą OZE pozwala na budowanie „**Domów bez rachunków**”, w których pobrana energia na cele ogrzewania, ciepłej wody i chłodzenia oraz zużywanej pozostałej energii elektrycznej bilansuje się z produkowaną energią elektryczną z instalacji fotowoltaicznej w systemie opustu, a koszty za energię spadają do kosztów stałych za przyłącze. W tym przypadku użytkownik musi ponieść tylko stosunkowo niewielkie koszty miesięcznych opłat stałych za energię elektryczną.
- Wygaśnięcie systemu opustu w przypadku pierwszych instalacji z ustawowego okresu wsparcia wynoszącego 15 lat nastąpi w 2035r. W przypadku instalacji wykonanych po 2020r, 15-letni okres systemu opustu będzie stopniowo skracany.
- Już obecnie bardziej opłaca się wykorzystywać energię elektryczną wytworzoną samodzielnie w instalacji fotowoltaicznej niż kupować ją u dostawcy energii.
- W ostatnich latach spadły ceny instalacji fotowoltaicznych i akumulatorów do magazynowania energii. W przyszłości magazyny energii elektrycznej będą w stanie w pełni zastąpić system opustu.

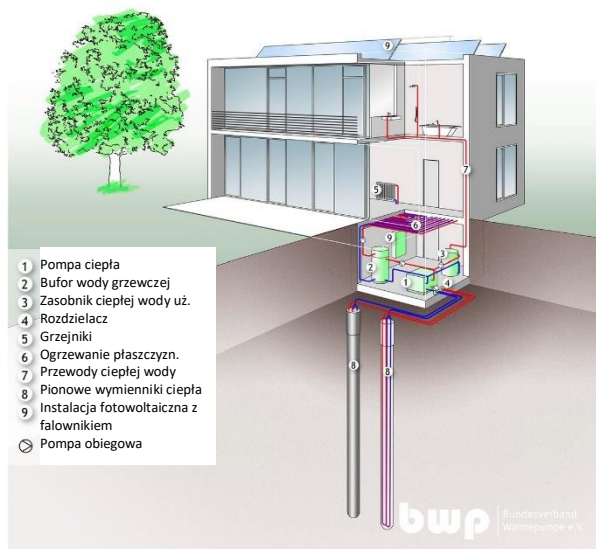
Pojęcia:

- **Stożenie samowystarczalności** określa możliwy do użycia udział energii elektrycznej wyprodukowanej z własnej instalacji fotowoltaicznej w ogólnym zużyciu energii przez gospodarstwo domowe w ciągu roku. W systemie opustu uwzględnia się też zwroty energii elektrycznej w ciągu roku z sieci energetycznej. Dodatkowe zapotrzebowanie na energię jest zaspokajane przez pobór z sieci elektrycznej.
- **Wskaźnik zużycia własnego** (autokonsumpcji) określa udział zużycia energii elektrycznej w gospodarstwie domowym pochodzącej z instalacji fotowoltaicznej w stosunku do całej energii elektrycznej samodzielnie wytworzonej przez instalację PV. Pozostała część wyprodukowanej, lecz niewykorzystanej energii elektrycznej jest odprowadzana do sieci energetycznej.
- „**Domy bez rachunków**” to budynki w których zużyta energia na potrzeby ogrzewania, ciepłej wody i ew. chłodzenia oraz zużywanej pozostałej energii elektrycznej w budynku bilansuje się z produkowaną energią elektryczną z instalacji fotowoltaicznej w systemie opustu, a koszty energii elektrycznej sprowadzają się tylko do nieznacznych opłat stałych. W przypadku zastosowania mniejszych instalacji PV możliwe jest zbilansowanie np. tylko w zakresie samej energii ogrzewania, ciepłej wody i ew. chłodzenia.



Pobierz cały poradnik
w pliku pdf

2. „Dom bez rachunków”



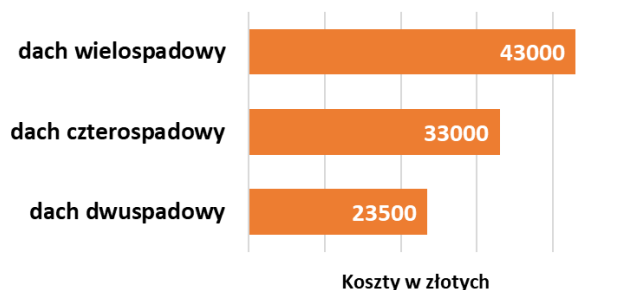
Czym charakteryzuje się „dom bez rachunków”?

- 1. Budynek jest plus-energetyczny** co oznacza, że ilość energii ze źródeł odnawialnych, wyprodukowana w ciągu roku w budynku przez instalację fotowoltaiczną przekracza ilość używanej energii (również w formie ciepła) przez budynek.
- 2. Przy prawidłowym zaprojektowaniu budynku koszty ogrzewania, ciepłej wody, chłodzenia budynku i prądu mogą wynosić obecnie poniżej 20 zł/miesiąc** (koszty opłaty stałej wynikające z systemu opustu i przyłączenia do sieci elektrycznej).
- 3. Zamontowana na dachu (lub na gruncie) instalacja fotowoltaiczna pozwala na zbilansowanie rocznego zużycia energii ogrzewania, ciepłej wody, chłodzenia i energii elektrycznej zużywanej w ciągu roku.** Warto też przewidzieć dodatkowe miejsce na dachu na instalację fotowoltaiczną przeznaczoną do produkcji energii do samochodu elektrycznego i przeprowadzić okablowanie do przyszłej rozbudowy instalacji.
- 4. Zamontowana w budynku pompa ciepła pozwala na efektywne ogrzewanie, przygotowanie ciepłej wody i chłodzenie budynku z efektywnością energetyczną od 3 do 5 razy większą niż ogrzewanie elektryczne czy elektryczne podgrzewanie ciepłej wody użytkowej.** Roczny udział energii zużywanej przez pompę ciepła pochodzącej bezpośrednio z instalacji fotowoltaicznej wynosi ok. 20-30%.

5. Brak kosztów inwestycyjnych związanych z budową komina, kotłowni i magazynu opału
Zastosowanie pompy ciepła do ogrzewania budynku pozwala na rezygnację z budowy komina, kotłowni czy magazynu opału. Pompa ciepła może być umieszczona praktycznie w dowolnym pomieszczeniu nie zajmując na podłodze więcej niż 0,5 m².

6. Wykorzystanie dachów o prostej konstrukcji takich jak dachy dwuspadowe, jednospadowe lub płaskie
Oszczędności na kosztach budowy dachu (oszczędność inwestycji w stosunku do skomplikowanych konstrukcji dachowych), jak również możliwość użycia tańszych pokryć dachowych pozwalają często obniżyć koszty inwestycji i w pełni lub częściowo pokryć koszty inwestycyjne instalacji fotowoltaicznej. W podanym poniżej przykładzie zmiana rozwiązania z dachu czterospadowego na dwuspadowy obniża koszty budowy dachu o pow. 150 m² o blisko 20 tys. złotych co odpowiada obecnie kosztom ok. 4,0-4,5 kWp nowej instalacji fotowoltaicznej lub pozwoliłoby zwiększyć instalację o moc 5 kWp np. z 3 kWp do 8 kWp.

Koszty budowy dachu o pow. 150 m² wg portalu "Fachowy Dekarz" - dane: I kwartał 2018



- 7. System ogrzewania i instalacja fotowoltaiczna to rozwiązanie w dużym stopniu bezobsługowe zapewniające wysoki komfort i wygodę użytkownika oraz pozwalające na zachowanie czystości w budynku.** Rozwiązanie nie powoduje negatywnego wpływu urządzeń w budynku na zdrowie mieszkańców i sąsiadów. Inwestycja w pompę ciepła to indywidualny wkład inwestorów w trwałą likwidację smogu oraz w walkę z globalnym ociepleniem klimatu.
- 8. „Dom bez rachunków” może zyskać na wartości i łatwiej będzie go ewentualnie sprzedać w przyszłości.** Badania przeprowadzane kilkanaście lat temu w zakresie sprzedaży nieruchomości w stanie

2. „Dom bez rachunków”

Nowy York pokazywały, że każde obniżenie kosztów eksploatacji o 100 USD rocznie powoduje wzrost wartości finansowej inwestycji o 2000 USD.

9. System ogrzewania i chłodzenia przygotowane są na rozwiązania smart i na elastyczne sterowanie w sieciach energetycznych przyszłości.

10. Zastosowane w budynku płaszczyznowe ogrzewanie/chłodzenie wodne, pozwala zapewnić najwyższy komfort cieplny użytkowników, również dzięki regulacji pogodowej (wg krzywej grzewczej). Niższe temperatury w pomieszczeniach (ok. 20°C) pozwalają uzyskać porównywalny komfort jak w przypadku utrzymywania temperatury 22°C i przy ogrzewaniu grzejnikowym. Pozwala to uzyskać dodatkowe oszczędności kosztów ogrzewania o ok. 10-15%. Również instalacja płaszczyznowa pozwala na efektywne chłodzenie budynku z kontrolą punktu rosy.

11. Efektywny odzysk ciepła z powietrza usuwanego z budynku przy wykorzystaniu mechanicznej wentylacji z odzyskiem ciepła (rekuperator). Większość ciepła obecnego w powietrzu usuwanym jest przekazywana do napływającego powietrza świeżego (roczna sprawność odzysku ciepła może wynosić ponad 85%). **Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła może zapewnić:**

- W pełni kontrolowaną wentylację pomieszczeń
- Najwyższy komfort użytkownika
- Niższe koszty ogrzewania o 15%-20%, niż przy braku wentylacji z odzyskiem ciepła oraz chłodu (w lecie)
- Znaczne zmniejszenie ryzyka powstania pleśni (grzyba) na ścianach pomieszczeń
- Że powietrze w pomieszczeniach nie zawiera za dużo wilgoci i dużego stężenia dwutlenku węgla oraz innych substancji szkodliwych np. formaldehydu.
- Czyste powietrze w budynku bez smogu (filtrowanie dzięki dokładnym filtrom)

12. Szczelność powietrzna powłok zewnętrznych całego budynku:

Wymiana powietrza przez infiltrację przeprowadzana w teście nadciśnienia 50 Pa musi być mniejsza od 0,6 wymiany powietrza budynku na godzinę. (Realna infiltracja powietrza w budynku poniżej 0,04 h⁻¹)

13. Budynek spełnia standardy izolacyjne NF 40 (wsp. przenikania przegród budowlanych U oraz EP_{min}) lub wyższe (np. budynku pasywnego). Proponowany standard budynku ma wyższe wymogi niż standardy warunków technicznych w 2021. Inną wersją budynków mogą być budynki pasywne. Wszystkie elementy zewnętrznych przegród budynku są izolowane termicznie w takim stopniu, aby współczynnik przenikania ciepła **U** przegród budowlanych nie przekraczał 0,12-0,15 W/(m²K) (poza oknami i drzwiami).

14. Zwarta i prosta bryła budynku Zaleca się projektowanie domów na planie prostokąta, z dłuższym bokiem zwróconym na stronę południową. Pasywne wykorzystanie energii słonecznej jest bardzo istotnym czynnikiem przy projektowaniu budynku. Ma to związek z wykorzystaniem biernych słonecznych i wewnętrznych zysków ciepła, które mogą przekroczyć nawet ponad 50% strat ciepła budynków. Pomieszczenia pomocnicze (tj. łazienka, spiżarnia, garderoba, pralnia, schody, korytarze, garaż itd.) powinny zostać ulokowane od strony północnej.

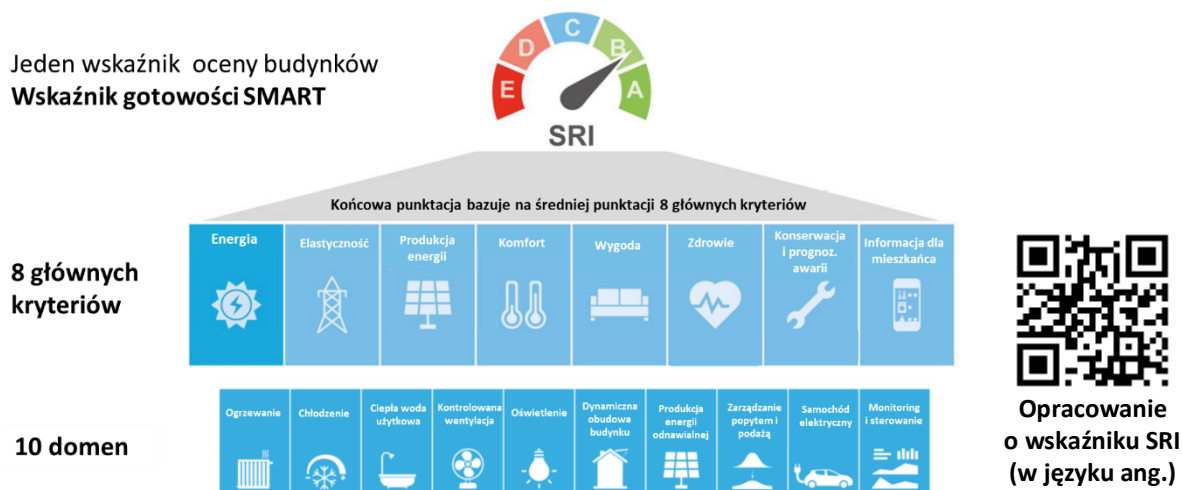
15. Energooszczędne okna i ramy okienne: Zgodnie ze standardem NF 40 okna (szyby i ramy) powinny mieć współczynniki U nieprzekraczające 0,80 W/(m²K), przy czym całkowity współczynnik przepuszczalności promieniowania g okien powinien nie przekraczać wartości 50%. Okna powinny być osadzone w strefie izolacji cieplnej, bez występowania mostków cieplnych. Okna spełniające standardy domów pasywnych i energooszczędnych są potrójnie szklone, często wypełnione gazem szlachetnym.

16. Unikanie występowania mostków cieplnych. Rezygnuje się z projektowania balkonów oraz tarasów jako stałych elementów budynku, ponieważ płyty balkonowe i tarasowe wykonane są zazwyczaj jako przedłużenia konstrukcyjne stropu. Podłogi lokalizuje się na gruncie lub na płycie fundamentowej.

17. Budynki bez rachunków pozwolą na uzyskanie **najwyższego wskaźnika gotowości smart (Smart Readiness Indicator w skrócie SRI)** zgodnie z nowelizowaną w 2018 r. dyrektywą EPBD.

3. Wskaźnik gotowości smart SRI wg nowej Dyrektywy EPBD

Wskaźnik gotowości smart (Smart Readiness Indicator, czyli w skrócie SRI) wg znowelizowanej Dyrektywy EPBD 2018/844



Rys. 1 Wskaźnik Gotowości Smart (SRI)

Celem znowelizowanej w 2018 dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) jest to, że wszystkie budynki mieszkalne w Europie w 2050 roku nie będą korzystały z paliw kopalnych. **Wskaźnik gotowości Smart (Smart Readiness Indicator, czyli w skrócie SRI)** jest nowym narzędziem, które zostało wprowadzone w ostatniej nowelizacji Dyrektywy.

Wskaźnik SRI pozwala ocenić gotowość budynków do obsługi inteligentnych rozwiązań. Wskaźnik ten ma oceniać zdolności budynku lub części budynku do dostosowania jego funkcjonowania do potrzeb użytkownika i sieci elektrycznej oraz do poprawy jego efektywności energetycznej i ogólnej charakterystyki użytkownika. Celem pośrednim stosowania wskaźnika SRI jest zwiększenie wartości dodanej (finansowej) budowanych inteligentnych obiektów, co ma być bezpośrednio odczuwane przez użytkowników budynków, właścicieli i najemców. Wskaźnik ten ma być narzędziem informacyjnym służącym do podniesienia świadomości na temat korzyści płynących z inteligentnych technologii i technologii informacyjno-komunikacyjnych w budynkach szczególnie z perspektywy energetycznej. Kolejnym celem pośrednim jest również poprawa współpracy między wszystkimi uczestnikami rynku wpływającymi na wznoszenie obiektów budowlanych i integracja sektora budynków z przyszłymi systemami energetycznymi i rynkami.

Metodologia wyliczania wskaźnika SRI ma obejmować następujące kluczowe funkcje związane z budynkiem i jego systemami technicznymi:

- zdolności do utrzymania charakterystyki energetycznej i funkcjonowania budynku poprzez dostosowanie zużycia energii na przykład przez wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych;
- zdolności do dostosowania swojego trybu działania do potrzeb użytkownika, z jednoczesnym należyтым uwzględnieniem dostępności elementów wygodnych dla użytkownika, utrzymaniem wysokich standardów dotyczących zdrowia i klimatu w budynku oraz zdolności informowania o zużyciu energii;
- elastyczności ogólnego zapotrzebowania budynku na energię elektryczną, w tym zdolności do umożliwienia uczestnictwa w aktywnej i pasywnej, oraz ukrytego i jawnego reagowania na zapotrzebowanie, w odniesieniu do sieci, na przykład poprzez elastyczność i zdolności przesuwania obciążeń.

Wprowadzenie powyższego wskaźnika w krajach członkowskich nie jest obligatoryjne, a decyzję każdy kraj ma podjąć samodzielnie. Państwa członkowskie mają natomiast około półtora roku czasu na dostosowanie swoich regulacji do wymogów nowej Dyrektywy EPBD. Aktualne informacje nt. wskaźnika SRI zawarte są na stronie internetowej www.smartreadinessindicator.eu

4. Ramy prawne

Aktualne warunki techniczne w 2017 r. i nowe warunki techniczne 2021 r.

Wymogi techniczne programu Czyste Powietrze, w zakresie izolacji przegród opierają się o przyszłe warunki techniczne WT 2021, które będą mocno wspierać stosowanie efektywnych technologii takich jak pompy ciepła czy systemy fotowoltaiczne w nowych budynkach oraz wymuszają powszechne zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rekuperacją).

Rodzaj przegrody budowlanej	U_{max} wg WT 2017 W/m ² K	U_{max} wg WT 2021 W/m ² K
Ściany zewnętrzne	0,23	0,20
Dachy	0,18	0,15
Podłogi na gruncie	0,3	0,3
Okna pionowe	1,1	0,9
Okna połaciowe	1,3	1,1
Drzwi i bramy	1,5	1,3

Tabela 1

Izolacyjność cieplna przegród budowlanych budynku wpływa bezpośrednio na sezonowe zapotrzebowanie ciepła użytkowego do ogrzewania. Z kolei zapotrzebowanie energii pierwotnej (EP) związane jest z wyposażeniem technicznym budynku i rodzajem zastosowanego źródła ciepła. W celu określenia możliwości spełnienia rosnących wymagań energetycznych WT 2017 i WT 2021 w odniesieniu do nowych budynków jednorodzinnych przeprowadzono wielowariantową analizę porównawczą wpływu zastosowania różnych rozwiązań źródeł ciepła w stosunkowo typowym budynku jednorodzinnym. Do analizy wybrano gotowy

Nowe Warunki Techniczne (WT 2021) zaczną obowiązywać w przypadku pozwolenia na budowę od 1 stycznia 2021 roku i spowodują istotne obniżenie granicznych wartości maksymalnych współczynników przenikania ciepła przegród budowlanych U_{max} (tab. 1) oraz wskaźnika rocznego obliczeniowego zapotrzebowania budynku na nieodnawialną energię pierwotną EP_{maks} (tab.2). Będą mieć wpływ na stosunkowo duże zwiększenie izolacyjności przegród budowlanych.

	WT 2017	WT 2021
Maksym. wartość wskaźnika EP_{maks}	95 kWh/(m ² rok)	70 kWh/(m ² rok)

Tabela 2

projekt budynku jednorodzinny o oznaczeniu z226 (rys. 2), o stosunkowo dużej liczbie realizacji. Jest to wolnostojący budynek jednorodzinny z poddaszem użytkowym, o łącznej powierzchni użytkowej 128 m² (razem ze stanowiskiem garażowym). Jako lokalizację przyjęto Kraków (III strefa klimatyczna i stosunkowo typowy rozkład temperatur zewnętrznych dla Polski), a budynek został projektowo korzystnie zorientowany dużymi przeszkleniami na południe. Wybór projektu tak małego budynku nie jest przypadkowy, można przypuszczać, że tak jak w innych krajach europejskich coraz częściej będą budowane budynki o powierzchni ok. 130 m² lub mniejsze.



Prezentacja w pdf
dr P. Jadwiszczak
o WT 2017 i WT 2021



Opracowanie w pdf
dr P. Jadwiszczak
o WT 2017 i WT 2021
i NF 40

4. Ramy prawne



Rys. 2 Analizowany projekt budynku jednorodzinnego z226 pow. 130 m²

W każdym analizowanym wariantcie przegrody budowlane budynku spełniały wymagania izolacyjności cieplnej – współczynniki przenikania ciepła U elementów budowlanych nie przekraczają opisanych w WT 2017 i WT 2021 wartości U_{max} oraz wymaganej wartości szczelności powietrznej n_{50} . **Praktyka wskazuje, że w wielu typowych projektach budynków wypełniane są jedynie minimalne wymagania odnośnie izolacyjności i wsp. U przegród budowlanych.**

Można przypuszczać, że może być to spowodowane chęcią maksymalnego obniżenia kosztów inwestycji, tak aby dany projekt był atrakcyjny. Czyli jeżeli w warunkach technicznych WT 2017 występuje wymóg wartości wsp. U dla ścian

zewewnętrznej $U=0,23$ W/m²K to w projekcie wartość ta będzie wynosić około 0,23 W/m²K.

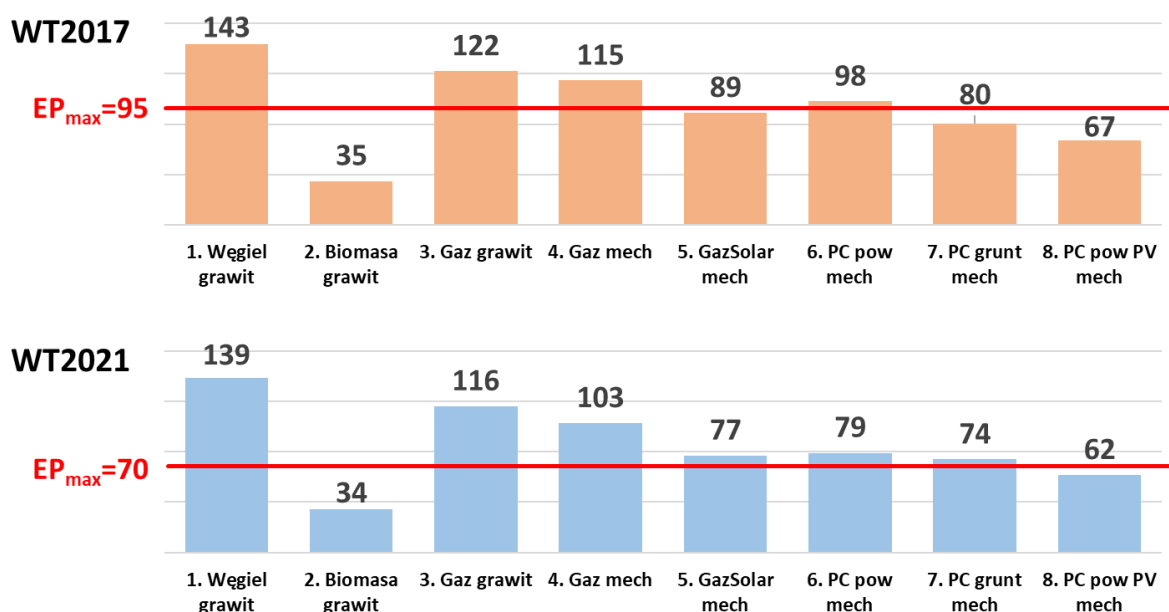
Analiza wariantów ogrzewania wybranego budynku

W poszukiwaniu rozwiązań pozwalających spełnić wymagania EP_{maks} według WT 2017 i WT 2021 przeprowadzono obliczenia zapotrzebowania energii końcowej i pierwotnej EP w przypadku ośmiu wariantów źródeł ciepła (tab. 3) zasilających instalację płaszczyznowego centralnego ogrzewania wodnego i zasobnikowy układ c.w.u.:

Oznaczenie wariantu	Rodzaj wentylacji	Źródło ciepła
1. Węgiel grawit.	grawitacyjna*	kocioł na groszek (ekoprojekt)
2. Biomasa grawit.	grawitacyjna*	kocioł na biomasę (ekoprojekt)
3. Gaz grawit.	grawitacyjna*	kocioł gazowy kondensacyjny
4. Gaz mech.	mechaniczna z rekuperacją	kocioł gazowy kondensacyjny
5. GazSolar mech.	mechaniczna z rekuperacją	kocioł gazowy kondensacyjny
6. PC P/W mech.	mechaniczna z rekuperacją	pompa ciepła typu powietrze/woda
7. PC grunt mech.	mechaniczna z rekuperacją	pompa ciepła typu solanka/woda
8. PC pow. PV mech.	mechaniczna z rekuperacją	pompa ciepła typu P/W + PV (70%)

Tabela 3

4. Ramy prawne



Rys. 3 Wartości EP dla 8 wariantów źródła ciepła i wentylacji w wybranym projekcie budynku jednorodzinego

Analizowane warianty obejmują typowe rodzaje źródeł ciepła stosowane w nowych budynkach jednorodzinnych: kocioł na węgiel (groszek), na biomasę (pelet), kondensacyjny kocioł gazowy oraz pompy ciepła.

Wariant 1 (groszek – węgiel) nie jest w stanie spełnić wymagań EP według WT 2017 i WT 2021. Jest to rozwiązanie kłopotliwe dla użytkowników ze względu na konieczność obsługi kotła, magazynowania paliwa i usuwania produktów spalania. To co mocno utrudnia zastosowanie tego rozwiązania to konieczność wygospodarowania przestrzeni budynku na kotłownię, magazyn paliwa, bufor wody grzewczej. Wysokie są też łączne nakłady finansowe wykonania komina.

Wariant 2 (Biomasa) mimo stosunkowo wysokiego zapotrzebowania energii użytkowej EU i końcowej EK spełnia wymagania EP i to zarówno według WT 2017 jak i WT 2021. Jest możliwe dzięki temu, że biomasa charakteryzuje się bardzo niskim współczynnikiem nakładu energii pierwotnej wynoszącym $w_f=0,2$. Wysokie zapotrzebowanie energii użytkowej EU świadczy o energochłonności budynku, a wysokie zapotrzebowanie energii końcowej EK zapowiada znaczne koszty ogrzewania budynku (koszty paliwa i pomocniczej energii elektrycznej wymaganej do pracy kotła i instalacji). Podobnie jak w wariantie 1 jest to również rozwiązanie kłopotliwe dla

użytkowników ze względu na konieczność obsługi kotła, magazynowania paliwa i usuwania produktów spalania. W budynku występuje konieczność wygospodarowania przestrzeni na kotłownię, magazyn biomasy, bufor wody grzewczej. Wysokie są też łączne nakłady na budowę komina.

Przy zastosowaniu w **wariantie 3 (Gaz)** gazowego kotła kondensacyjnego jako źródła ciepła i wentylacji grawitacyjnej budynek jednorodzinny przekracza maksymalne wartości EP WT 2017 i WT 2021. Wyraźnie pokazuje to, że spełnienie minimalnych wymagań U_{max} i n_{50} nie oznacza automatycznego spełnienia warunku EP, nawet z zastosowaniem kondensacyjnego źródła ciepła.

Przy zastosowaniu w **wariantie 4 (Gaz)** kotła kondensacyjnego jako źródła ciepła oraz wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rekuperacją) budynek jednorodzinny przekracza maksymalne wartości EP w WT 2017, ale i WT 2021. Wyraźnie pokazuje to, że spełnienie minimalnych wymagań U_{max} i n_{50} nie oznacza automatycznego spełnienia warunku EP, nawet z zastosowaniem nowoczesnego, kondensacyjnego źródła ciepła i wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rekuperacją). Również zastosowanie wymogów izolacyjnych ze standardu NF 40 nie pozwoli na osiągnięcie wartości $EP < EP_{maks}$.

4. Ramy prawne

Istotną próbą poprawienia wyników z wariantu 4 jest zastosowanie w **wariancie 5 (GazSolar)** termicznych kolektorów słonecznych do przygotowania c.w.u. z zachowaniem gazowego kondensacyjnego kotła jako podstawowego źródła ciepła. Termiczny układ z kolektorami słonecznymi dostarcza w skali roku 60% ciepła potrzebnego do przygotowania c.w.u., a jego praca wymaga dodatkowej pomocniczej energii elektrycznej. Zastosowanie kolektorów słonecznych w budynku w przypadku WT 2017 pozwala obniżyć zapotrzebowanie energii pierwotnej poniżej dopuszczalnego EP_{maks} . Zastosowanie dodatkowych wymogów izolacyjnych ze standardu NF 40 pozwoli bez problemu na osiągnięcie wartości $EP < EP_{maks}$ również dla WT 2021.

W wariancie 6 (PC A/W) zastosowanie powietrznej pompy ciepła z instalacją ogrzewania podłogowego pozwala spełnić wymagania WT 2017. Niskie zapotrzebowanie energii końcowej EK wynika z ze stosunkowo wysokich współczynników SCOP i zapowiada niewielkie koszty zaopatrzenia budynku w ciepło. Pompa ciepła zasilana jest energią elektryczną z sieci energetycznej, co podnosi zapotrzebowanie energii pierwotnej ($w_i = 3,0$). Mimo to pompa ciepła pozostaje wygodnym, bezobsługowym i tanim w eksploatacji źródłem ciepła, którego pracy nie towarzyszy żadna niska (lokalna) emisja zanieczyszczeń powietrza. Zastosowanie dodatkowych wymogów izolacyjnych ze standardu NF 40 pozwoli bez problemu na osiągnięcie wartości $EP < EP_{maks}$ również dla WT 2021.

Wyższą średnioroczną wartość efektywności SCOP charakteryzują się pompy ciepła typu solanka/woda czerpiące ciepło z energii geotermalnej (o niskiej entalpi). Zastosowanie takiego rozwiązania **w wariancie 7 (PC B/W)** pozwala spełnić wymagania WT 2017. Gruntowa pompa ciepła zapewnia wyższe SCOP od powietrznej pompy ciepła, wymaga jednak dodatkowego nakładu na pionowe czy poziome dolne źródło ciepła. Mimo wyższych nakładów finansowych trwałość dolnego źródła wynosi ponad 50 lat (nawet 80-100 lat), a dzięki funkcji chłodzenia pasywnego (bez pracy sprężarki) może maksymalnie obniżyć koszty chłodzenia budynku. Zastosowanie wymogów izolacyjnych ze standardu NF 40 pozwoli bez problemu na osiągnięcie wartości $EP < EP_{maks}$.

Niekorzystny wpływ zasilania z sieci elektrycznej energią elektryczną pompy ciepła obniża zastosowanie

systemu fotowoltaicznego (PV) w budynku do częściowego zasilania pompy ciepła. **W wariancie 8 (PC A/W + PV)** przyjęto powietrzną pompę ciepła z systemem fotowoltaicznym, pokrywającym 30% sezonowego zapotrzebowanie energii elektrycznej do napędu PC i urządzeń pomocniczych. W wariancie tym budynek osiąga granicę EP w standardzie WT 2017 i WT 2021.

Podsumowanie

Wymagania oszczędności energii w budynkach zaostrzyły się w ostatnim czasie i będą się dalej zaostrzać w niedalekiej przyszłości (WT 2021). Już najbliższe wymogi WT 2021 spowodują istotne zmiany, nie tylko w lepszej obudowie termicznej budynku, ale również w systemach c.o., chłodzenia, c.w.u. i wentylacji.

Samo spełnienie minimalnych wymagań WT odnośnie obudowy termicznej budynku i zastosowanie wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła nie zagwarantuje spełnienia warunku EP. Już obecnie zgodnie z WT 2017 r nie można w wielu budynkach formalnie zastosować kotła węglowego lub kondensacyjnego kotła gazowego do ogrzewania nowego budynku i ciepłej wody użytkowej.

Aby spełnić wymagania w przypadku zastosowania pomp ciepła $EP_{maks} \leq 95 \text{ kWh/m}^2$ rok wg WT 2017 i przyszłych WT 2021 ($EP_{maks} \leq 70 \text{ kWh/m}^2$) warto zastosować wymogi izolacyjności z programu NF 40 lub standardu budynków pasywnych.

Obliczenia wykazują, że możliwe jest stworzenie budynku blisko zeroenergetycznego, a nawet plus energetycznego z wykorzystaniem pomp ciepła częściowo zasilanych systemem PV. Układy fotowoltaiczne obniżają zapotrzebowanie nieodnawialnej energii końcowej do napędu pompy ciepła i urządzeń pomocniczych. Malejące koszty produkcji ceny modułów PV i istniejący system opustu korzystnie wpływają na popularność ich stosowania.

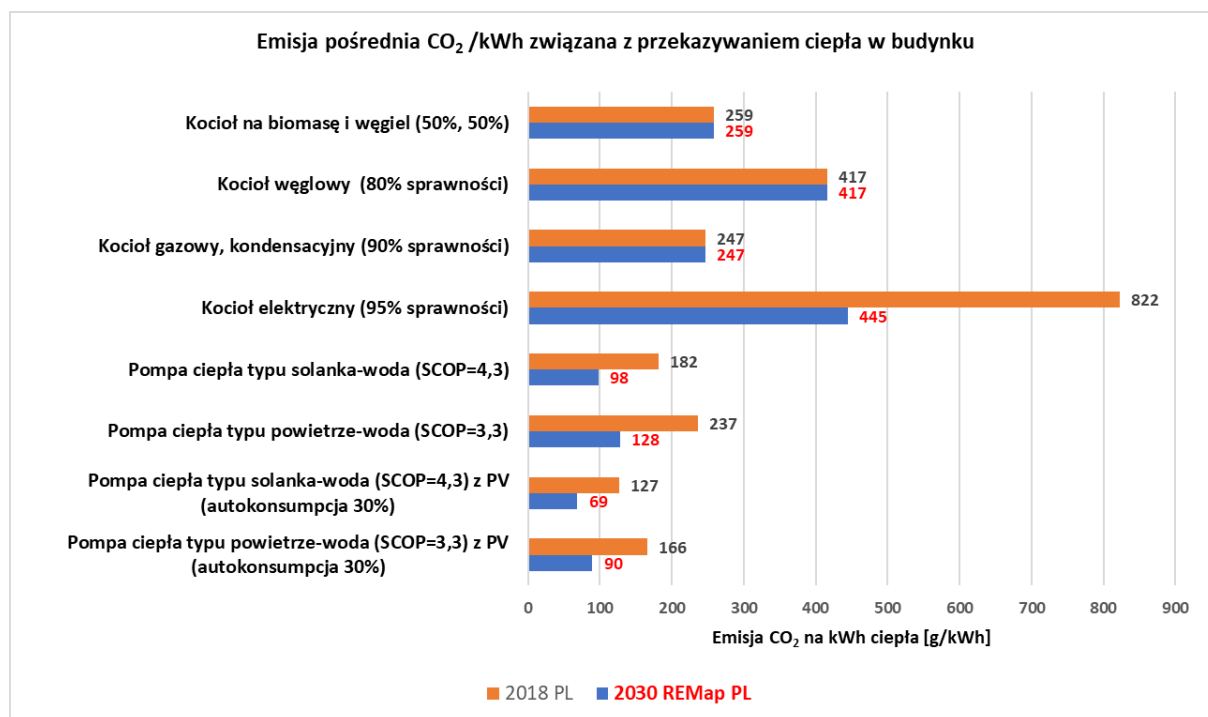
Skutecznym rozwiązaniem są energooszczędne rozwiązania w bryle budynku połączone z nowoczesnymi, wysokoeffektywnymi rozwiązaniami w zakresie źródeł energii (pompa ciepła z instalacją PV), instalacji płaszczynowych, rekuperacji oraz odbiorników i systemów automatycznej regulacji.

5. Emisja gazów cieplarnianych z urządzeń grzewczych

Emisja dwutlenku węgla związana z ogrzewaniem budynków i przygotowaniem ciepłej wody użytkowej

Jednym z kluczowych wyzwań polityki klimatycznej Unii Europejskiej do 2030 i 2050 roku będzie znaczące ograniczenie emisji gazów cieplarnianych również w sektorze budownictwa. Statystyki wskazują, że w polskich budynkach jednorodzinnych, że blisko 80% zużywanej energii to ciepło pochodzące z urządzeń grzewczych do ogrzewania budynków i przygotowania ciepłej wody użytkowej. W przypadku ogrzewania budynków i przygotowania ciepłej wody użytkowej najbardziej obiecującą i perspektywiczną technologią w zakresie redukcji emisji CO₂ są pompy ciepła. Mimo tego, że obecnie w Polsce jednostkowa pośrednia emisja CO₂ z pompy ciepła typu

powietrze/woda jest nieznacznie niższa niż emisja z kondensacyjnego kotła gazowego już w 2030 r. pośrednia emisja dwutlenku węgla z pompy ciepła będzie prawie dwukrotnie niższa niż z kotła gazowego (założone dane emisji zgodne z prognozą organizacji IRENA REMAP 2030 r. dla Polski). W przypadku zastosowania rozwiązania: pompa ciepła z fotowoltaiką, emisja CO₂ w 2030 r. będzie prawie 3 krotnie niższa, a w przypadku podobnego rozwiązania z gruntową pompą ciepła prawie 4 krotnie niższa. Będzie to mocno związane z prognozowanym, zwiększającym się udziałem energii odnawialnej przy produkcji energii elektrycznej w Polsce. W przypadku zwiększania udziału energii odnawialnej do 80% w produkcji energii elektrycznej w 2050 r. emisja CO₂ z pomp ciepłą może być nawet 20 krotnie niższa niż z kotłów gazowych i prawie 30 krotnie niższa niż emisja z kotłów węglowych.



Rys. 4 Porównanie emisji CO₂ z różnych technologii grzewczych (wg REMAP 2030 oraz opracowanie własne PORTPC, założona emisja CO₂ z energii elektrycznej w 2019 r – 770 g/kWh i w 2030 r - 420 g/kWh ciepła)



Analiza emisji CO₂
- plik xls

6. Standard budynków NF 40 i WT 2021

Standard budynków NF 40 i WT 2021

Standard budynków NF 40 wprowadzony kilka lat temu w jednym z programów dofinansowań NFOSIGW miał ostrzejsze wymogi niż planowane od 1 stycznia 2021 Warunki Techniczne (WT 2021). Standard NF40 wymagał, aby budynek miał nie tylko określone, ograniczone zapotrzebowanie na ciepło, ale również, aby jego wentylacja grawitacyjna została zastąpiona mechaniczną nawiewno-wywiewną z odzyskiem ciepła (rekuperacją).

Konieczne jest także ograniczenie infiltracji powietrza zewnętrznego, przez zapewnienie wymaganej szczelności powietrznej budynku. Zarówno okna, jak i drzwi muszą mieć podwyższone parametry izolacyjne. Wymagana jest wysokiej jakości termoizolacyjność przegród, otworów i dachu oraz ograniczenie strat ciepła powstających z winy mostków termicznych. Budynek powinien być chroniony również przed przegrzewaniem, za co odpowiadają elementy zacinające i rozwiązania pozwalające na nocne przewietrzanie pomieszczeń.

Tabela 4: Praktyczne zestawienie wymagań przegród w przypadku dla standardu NF40 i WT 2021. (strefy I-III)

Opis	Wymogi izolacji	Uwagi:
Ściany zewnętrzne:	$U_{\max} = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$	Odpowiednik gr. izolacji w cm ($\lambda=0,04$) 20 cm (wg WT 2021 – 18 cm)
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami:	$U_{\max} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$	Odpowiednik gr. izolacji w cm ($\lambda=0,04$) 30 cm (wg WT 2021 – 30 cm)
Stropy nad piwnicami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami, podłogi na gruncie:	$U_{\max} = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$	Odpowiednik gr. izolacji w cm ($\lambda=0,04$) 16 cm (wg WT 2021 – 16 cm)
Okna, okna połaciowe, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne:	$U_{\max} = 0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$	(wg WT 2021 – $0,90 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Drzwi zewnętrzne, garażowe	$U_{\max} = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$	
Mostki cieplne – tylko dla płyt balkonowych	$\Psi_{\max} = 0,10 \text{ W/mK}$ $\Psi_{\max} = 0,20 \text{ W/mK}$	
Rodzaj systemu wentylacji: wentylacja mechaniczna nawiewno-wywiewna z odzyskiem ciepła	Sprawność odzysku ciepła $\geq 85 \%$	Klasa energetyczna A lub A+
Szczelność powietrzna budynku n_{50}	$n_{50} < 1,0 \text{ }^1/\text{h}$	



Opis programu komp.
CASAnowa



Program instalacyjny
CASAnowa (w. ang. lub niem.)



Strona internetowa
Heatmaster

7. Znaczenie wentylacji w budynku

Znaczenie wentylacji i kwestia jakości powietrza w budynkach

Z myślą o oszczędzaniu energii zmieniają się technologie budowlane, a uwaga projektantów i budowniczych skupia się na metodach ograniczania strat ciepła w budynkach. Stosuje się szczelne okna i drzwi, likwiduje się wszelkie drogi niekontrolowanego przedostawania się powietrza przez obudowę budynku.

Na ścianach montuje się grube warstwy izolacji i zabezpiecza się je przed przewiewaniem oraz przed parą wodną opuszczającą budynek. Domy są więc bardzo szczelne, a w efekcie wzrasta stężenie substancji zanieczyszczających powietrze w budynkach.

Powietrze w pomieszczeniach zawiera zwykle większe stężenie substancji zanieczyszczających niż powietrze na zewnątrz. Według badań stężenie substancji zanieczyszczających powietrze wewnątrz budynków jest od 2 do 5 razy większe niż powietrza zewnętrznego. Dlatego tak istotne jest **właściwe wentylowanie pomieszczeń**, dzięki czemu będziemy mogli oddychać zdrowszym powietrzem.

Również w przypadku, gdy występuje smog na zewnątrz budynku systemy wentylacji z odzyskiem ciepła dzięki zabudowanym filtrom są w stanie skutecznie obniżyć zawartość pyłów zawieszonych PM_{2,5} w powietrzu. Poprawnie zaprojektowany system wentylacji doprowadza w kontrolowany sposób świeże powietrze do pomieszczeń mieszkalnych oraz usuwa z budynku powietrze zużyte, zawierające zanieczyszczenia wydzielane przez materiały budowlane i wykończeniowe oraz mieszkańców.

Źle działająca wentylacja przyczynia się do znacznego dyskomfortu użytkowników budynków, a także wywołuje negatywne skutki techniczne.

Konsekwencją złej wentylacji i oddychania zanieczyszczonym powietrzem może być astma lub inne choroby dróg oddechowych, a nawet nowotwory.

Osoby przebywające przez dłuższy czas w źle wentylowanych budynkach uskarżają się na tzw. syndrom chorego budynku, czyli dolegliwości zdrowotne spowodowane złą jakością środowiska wewnętrznego. Dolegliwości te są tym silniejsze im dłużej się przebywa w pomieszczeniach, a przy tym

trudno konkretnie określić co właściwie jest ich przyczyną. Pewne jest natomiast, że większość z nich mija po opuszczeniu budynku. Występowanie objawów syndromu chorych budynków wiąże się ze złą jakością powietrza wewnętrznego. Powoduje ona nie tylko dyskomfort wywołany niewłaściwymi parametrami fizycznymi powietrza. Jakość powietrza psują także zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne. Ograniczanie strumienia powietrza wentylacyjnego oraz niewłaściwa eksploatacja przewodów składają się na przyczyny syndromu chorych budynków.

Niesprawnie działająca wentylacja w pomieszczeniach z gazowymi urządzeniami grzewczymi może doprowadzić do wydzielania się tlenku węgla. Zatrucie tlenkiem węgla może mieć bardzo poważne konsekwencje zdrowotne, może być śmiertelne.

Skutki złej wentylacji

Widoczne skutki złej wentylacji to:

- grzyb i pleśń na nadprożach, ościeżach okiennych, pod parapetem, w narożach pokoi, za meblami
- zaparowane szyby w oknach
- skroplona para wodna na chłodnych powierzchniach ścian i przedmiotach

Niewidoczne skutki złej wentylacji to:

- złe samopoczucie – bóle i zawroty głowy, zmęczenie, podrażnienia błony śluzowej nosa, podrażnienia gardła, podrażnienia skóry, uczulenia, alergie
- niszczenie konstrukcji budynku – wnikanie wilgoci do ścian i stopniowa ich destrukcja

Parametry powietrza

Kilka podstawowych parametrów decyduje o tym, czy powietrze, którym oddychamy jest dla nas zdrowe i czy czujemy się komfortowo. Ważny jest skład powietrza, czyli zawartość tlenu i jego czystość. W uproszczonych metodach o jakości powietrza świadczy **zawartość dwutlenku węgla (CO₂)**. Stężenie CO₂ w pomieszczeniu zależy w znacznym stopniu od ilości powietrza świeżego doprowadzanego z zewnątrz. Właściwa wymiana powietrza powoduje obniżenie stężenia CO₂ w pomieszczeniach. **Ilość świeżego powietrza**, jaką należy zapewnić dla każdego użytkownika w mieszkaniach dla każdej osoby to min. 20 m³ na godzinę.

O komforcie w pomieszczeniu decyduje także **temperatura**. Każdy inaczej odczuwa komfort termiczny, jednak regulacja temperatury w domu nie

7. Znaczenie wentylacji w budynku

stanowi dla użytkowników problem. Nie mniej ważna jest także tzw. **wilgotność względna powietrza w pomieszczeniu**. Zalecany zakres wilgotności zimą to 40-60% jednak nie mniej niż 30%. Latem zaś wilgotność nie powinna przekraczać 70%. Wilgotność wychodząca poza zalecane granice (w górę i w dół) powoduje dyskomfort. Ponadto zbyt duża wilgotność stwarza ryzyko wykraplania się wilgoci na chłodnych fragmentach pomieszczeń. Wilgotność względna jest ściśle powiązana z temperaturą powietrza. Ten wskaźnik informuje o tym, jaka jest zawartość wilgoci w powietrzu o danej temperaturze, w stosunku do zawartości wilgoci, która powodowałaby wykraplanie pary wodnej. Oznacza to, że ta sama ilość wody w postaci pary wodnej rozcieńczonej w powietrzu będzie dawała inną wilgotność względną w różnych temperaturach. Im niższa jest temperatura powietrza, tym mniej wilgoci potrzeba, aby doszło do skroplenia pary wodnej.

Energia, a wentylacja

Wymiana powietrza w budynku wiąże się ze znacznym zużyciem energii. Jest to nieuniknione. Prąd jest niezbędny do zasilania wentylatorów. To jednak tylko część potrzeb energetycznych. Trzeba przede wszystkim pamiętać o tym, że zimą wymieniając

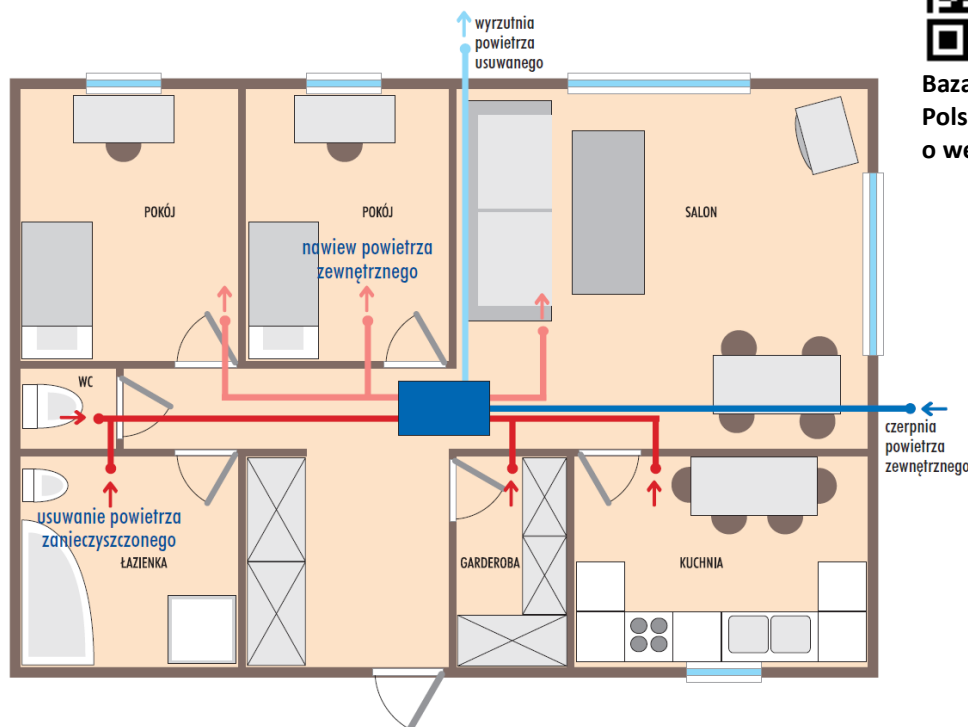
powietrze trzeba je podgrzać. Ilość energii zużywanej do podgrzania powietrza doprowadzanego z zewnątrz to często nawet połowa całego zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania budynku. Procentowy udział energii zużywanej na cele podgrzewania powietrza w całym bilansie energetycznym budynku jest tym większy im mniej ciepła budynek traci przez dobrze izolowane ściany, stropy i okna. Systemy wentylacji mechanicznej pozwalają na regulowanie intensywności wentylacji w zależności od potrzeb. Warto z tego skorzystać. Istotne jest także odzyskiwanie ciepła z powietrza usuwanego z budynku. Tak zwane rekuperatory, które do tego służą, dają możliwość znacznego zmniejszenia kosztów ogrzewania.

O efektywności energetycznej systemów wentylacyjnych z odzyskiem ciepła stanowi kilka czynników: sprawność odzysku ciepła w centrali wentylacyjnej (rekuperatorze), poprawne zaplanowanie sieci przewodów wentylacyjnych minimalizujące opory przepływu powietrza, właściwa regulacja instalacji, możliwość sterowania wydajnością wentylacji według aktualnych potrzeb mieszkańców, zapewnienie szczelności instalacji i ochrona przed stratami ciepła.

www.wentylacja.org.pl



Baza wiedzy Stowarzyszenia
Polska Wentylacja
o wentylacji w budynkach



Rys. 5 Przykładowy schemat instalacji wentylacyjnej z zastosowanym systemem wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.

8. Opis systemu opustu w budynkach z instalacją fotowoltaiczną

System opustu w budynkach z pompą ciepła, instalacją fotowoltaiczną

Właściciel mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 50 kWp może zostać **prosumentem**. Prosument to jednocześnie producent i konsument energii. W dedykowanym dla prosumentów systemie rozliczeń (opustów) niezbędnym jest podpisanie **umowy kompleksowej** o świadczenie usług dystrybucji i sprzedaży energii elektrycznej w ramach jednej umowy. Na podstawie aktualnych zapisów ustawy OZE, prosumentem może być osoba fizyczna lub prawna nie prowadząca **działalności gospodarczej**. **W praktyce prosumentami są głównie osoby fizyczne**. System opustu możliwy jest także w przypadku:

- jednostek samorządu terytorialnego,
- wspólnot mieszkaniowych
- związków wyznaniowych

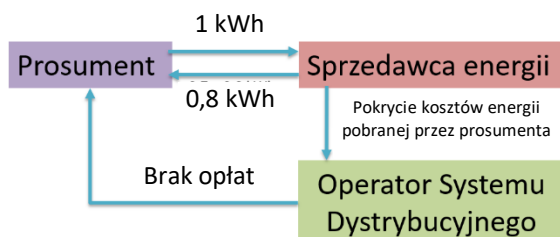
W przypadku mikroinstalacji formalności związane z wykonaniem mikroinstalacji fotowoltaicznej kończą się na zgłoszeniu do zakładu energetycznego odpowiedzialnego za przyłączenie oraz podpisanie aneksu do umowy kompleksowej. **System opustu** to sposób bezgotówkowego rozliczenia energii elektrycznej pobranej przez prosumenta oraz wyprodukowanej w mikroinstalacji. Rozliczenie w ramach opustu odbywa się w okresie rocznym. Z kolei same rachunki za energię elektryczną mogą być rozliczane jak przed montażem instalacji PV, czyli w cyklach miesięcznych dwumiesięcznych lub półrocznym w zależności od zapisów w umowie kompleksowej ze sprzedawcą energii. Po roku sprzedawca energii zobowiązany jest wykonać rozliczenie energii wprowadzonej do sieci oraz pobranej. Przy czym dla instalacji o mocy do 10 kWp za 1 kWh oddaną do sieci prosument może odebrać 0,8 kWh powyżej tej wartości obowiązuje współczynnik 0,7. Sposób rozliczenia oznacza, że najkorzystniej jest jak najwięcej energii konsumować w czasie rzeczywistym. Wtedy możliwe jest wykorzystanie 100% wyprodukowanej energii. Jeśli skorzystamy z własnej energii, którą uprzednio wprowadzamy do sieci w ramach bilansowania opustu tracimy odpowiednio 20% wyprodukowanej przez nas energii (w instalacjach PV o mocy do 10 kWp).

Statystycznie bieżąca konsumpcja własna w domach jednorodzinnych wynosi ok. 10-20%. Zastosowanie pompy ciepła pozwala na nawet dwukrotne zwiększenie udziału autokonsumpcji do 20%-35%, a w przypadku dodatkowego chłodzenia nawet do poziomu około 40%. Rzeczywisty współczynnik opustu, uwzględniający również autokonsumpcję energii elektrycznej wynosi odpowiednio:

- 82% przy konsumpcji własnej wynoszącej 10%
- 84% przy konsumpcji własnej wynoszącej 20%
- 88% przy konsumpcji własnej wynoszącej 40%

Ułatwienia dla prosumentów

Od energii rozliczanej w ramach opustu prosument nie uiszcza opłaty za energię ani dodatkowej opłaty dystrybucyjnej, za ponownie pobraną energię. Nie płaci również żadnej dodatkowej opłaty na rzecz sprzedawcy, z tytułu jej rozliczania.



Należy zaznaczyć, że po roku niewykorzystany w ramach opustu nadmiar energii elektrycznej „przepada” i z tego względu moc instalacji PV powinna być optymalnie dobrana do przewidywanego zużycia energii. W przeciwnym razie nadwyżki energii przejmuje sprzedawca energii, a opłacalność instalacji ulega pogorszeniu.



Polecamy książkę B. Szymańskiego „Instalacje fotowoltaiczne”

9. Przygotowanie instalacji fotowoltaicznej budynku w 10 krokach

Przygotowanie instalacji fotowoltaicznej w projektowanym budynku jednorodzinnym w 10 krokach.

1. Odpowiedni wybór działki i lokalizacji budynku jednorodzinnego.

Przy wyborze działki pod budowę domu warto zwrócić uwagę na kwestię zacienienia! Ważne jest to czy obok Twojego domu nie ma wysokich drzew oraz wysokich budynków. Cień może znacząco obniżyć uzyski z przyszłej instalacji fotowoltaicznej! Ponadto, warto zwrócić uwagę na wysokie kominy i inne wysokie elementy, które mogą spowodować zacienienie modułów fotowoltaicznych, mimo iż znajdują się w większej odległości.

2. Określenie rocznego zużycia energii elektrycznej w budynku.

W przypadku nowych budynków należy oszacować zużycie prądu na podstawie planowanych urządzeń elektrycznych, z których chcemy w przyszłości skorzystać. Typowy dom jednorodzinny zużywa od 3000 – 6000 kWh rocznie. Jeżeli budynek jest eksploatowany przez kilka lat warto przeanalizować zestawienie zużycia energii, które powinno być dostarczone przez sprzedawcę energii. Niektórzy sprzedawcy energii umożliwiają dostęp online do rachunków za energię. Warto wtedy przeanalizować kilka ostatnich lat, aby sprawdzić czy nasze zużycie energii rośnie, spada, czy utrzymuje się na stałym poziomie.

3. Prosta konstrukcja dachu to oszczędności na instalacji fotowoltaicznej

Wybierając dach dwuspadowy, jednospadowy lub płaski można zaoszczędzić na inwestycji często tyle ile kosztuje montaż typowej instalacji fotowoltaicznej. Moduły PV powinny być zainstalowane na połaci dachu skierowanej na południe, najlepiej pod kątem 20–45 stopni. Przy takim ustawieniu instalacja fotowoltaiczna będzie produkować rocznie największą ilość energii elektrycznej. Szczególnie w przypadku instalacji dachowych nie zawsze moduły PV będą ustawione idealnie na południe z uwagi na usytuowanie dachu. Jeżeli odchylenie od południa nie jest duże (do 45°), straty w stosunku do optymalnego kierunku (południe) zazwyczaj nie przekraczają 5-10%. Jeżeli budynek nie posiada połaci dachu skierowanej na południe i zostaną wykorzystane połacie dachu wschodnie czy zachodnie, to strata w stosunku do optimum będzie wynosić ok. 15-25%.

W przypadku montażu modułów PV na połaci wschodniej lub zachodniej warto, aby jej kąt pochylenia był mniejszy.

4. Tańsze pokrycie dachowe pod instalację fotowoltaiczną i łatwe w montażu modułów PV.

W przypadku gdy moduły fotowoltaiczne pokrywają dużą część dachu warto rozważyć zastosowanie tańszych opcji pokrycia dachu np. dachówki bitumicznej (gont bitumiczny). Takie pokrycie dachu znacząco ułatwia też montaż instalacji fotowoltaicznej co przekłada się na niższe koszty jej wykonania. Łatwy montaż instalacji PV jest także w przypadku blach szczególnie rąbkowej oraz trapezowej.

5. Określenie powierzchni dachu potrzebne do zamontowania modułów fotowoltaicznych i ich rozmieszczenia.

Znając przewidywane zużycie elektrycznej w budynku możemy określić moc instalacji, która najlepiej spełni swoje zadanie. Przed montażem modułów na dachu, konieczne jest wykonanie pomiarów przestrzeni montażowej, nie tylko przez zmierzenie wymiarów charakterystycznych dachu. Należy także określić wymiary i lokalizację wszelkiej infrastruktury zacieniającej (np. kominy, anteny, drzewa, sąsiadujące budynki). Mając te dane możemy określić powierzchnię dachu potrzebną do zamontowania modułów fotowoltaicznych. Materiał pokrywający dach (np. blachodachówka, dachówka ceramiczna czy dachówka bitumiczna) ma istotne znaczenie przy doborze rodzaju konstrukcji wsporczej pod moduły i wpływa na koszty wykonania instalacji. Typowy moduł fotowoltaiczny ma około 1,65 metra długości i około 1 metra szerokości. Wymagana przestrzeń montażowa pod 1 kWp instalacji wynosi ok. 5,5 - 6 m² (z uwzględnieniem koniecznych przestrzeni instalacyjnych pomiędzy modułami).

6. Odpowiednia konstrukcja dachu

Już na etapie projektowania dachu można uprościć późniejszy montaż fotowoltaiki. Unikanie okien dachowych czy jaskółek pozwala obniżyć koszty montażu konstrukcji pod moduły fotowoltaiczne. Instalacja fotowoltaiczna składa się z modułów fotowoltaicznych, które za pomocą konstrukcji montażowej zostaną przymocowane do konstrukcji dachu. Każdy z modułów fotowoltaicznych waży ok. 20 kg i po zamontowaniu na dachu będzie powodował jego dodatkowe obciążenie. Można przyjąć, że instalacja o mocy 5 kWp będzie

9. Przygotowanie instalacji fotowoltaicznej budynku w 10 krokach

powodowała dodatkowe obciążenie około 400 kg. Nie jest to obciążenie trudne do przeniesienia dla typowej więźby dachowej domu jednorodzinnego. Przed montażem instalacji fotowoltaicznej na istniejącym dachu bardzo ważne jest, aby podczas wizji lokalnej sprawdzić stan więźby dachowej oraz jej pokrycia. Elementy konstrukcyjne, tj. krokwie dachowe, nie mogą być spróchniałe lub spleśniałe. Pokrycie dachowe wykonane z blachodachówki lub blachy trapezowej nie może wykazywać śladów korozji, natomiast z dachówki ceramicznej lub betonowej – nie może być popękane.

7. Zapewnienie odpowiedniej odległości modułów PV od instalacji odgromowej

W przypadku planów budowy instalacji odgromowej na budynku jednorodzinnym zaleca się zachować tzw. odstęp separacyjny modułów PV od instalacji odgromowej (jeżeli ta instalacja istnieje). W praktyce jest to zazwyczaj odległość ok. 0,5 – 1,0 m. W przypadku braku odstępu separacyjnego należy zastosować wyższy poziom ochrony przepięciowej.

8. Miejsce montażu falownika

Aby ograniczyć do minimum długość okablowania, falowniki należy lokalizować jak najbliżej modułów fotowoltaicznych, ale również możliwie blisko rozdzielnicy głównej budynku. Aby ograniczyć kontakt falownika ze źródłami zapylenia i wilgoci najlepiej jest zlokalizować falownik w budynku np. w pomieszczeniu technicznym lub garażu. Wybierając lokalizację warto pamiętać, że falowniki fotowoltaiczne pracują cicho, nie mniej jednak emitują hałas (moc akustyczna) na poziomie ok. 25 – 35 dB

9. Przygotowanie instalacji elektrycznej pod instalację fotowoltaiczną w budynku.

W celu zminimalizowania stosowania instalacji natynkowych podczas montażu instalacji fotowoltaicznej, na etapie budowy budynku jednorodzinnego, a w szczególności podczas wykonywania instalacji elektrycznej warto wykonać kilka istotnych działań:

a. Należy przewidzieć odpowiednie miejsce w rozdzielnicy elektrycznej budynku (do której będzie przyłączany falownik) na instalację dodatkowych elementów; zabezpieczenia przeciwprzepięciowego AC, zabezpieczenia nadmiarowo-prądowego oraz na dodatkowy licznik elektryczny przeznaczony do współpracy z falownikiem.

- b. Należy przewidzieć instalację falownika w pobliżu głównej rozdzielnicy elektrycznej budynku najlepiej nie dalej niż 10 m, nie będzie wtedy konieczne stosowanie dodatkowych zabezpieczeń przepięciowych po stronie AC. Warto także do planowanego miejsca montażu falownika poprowadzić odpowiedni przewód $5 \times 4 \text{ mm}^2$. W przyszłości pozwoli on podłączyć nawet falownik o mocy do 25 kW. Do miejsca planowanego montażu falownika należy także doprowadzić przewód jednożyłowy 16 mm^2 , który będzie można wykorzystać do podłączenia ograniczników przepięć.
- c. Z planowanego miejsca montażu falownika do dachu warto poprowadzić 4 przewody jednożyłowe o przekroju 4 mm^2 . W przyszłości pozwolą one podłączyć do ok. 40 modułów PV. W przypadku planowania większej liczby modułów PV należy dodać dodatkowe 4 mm^2 przewody na każde 20 modułów PV. Dodatkowo warto poprowadzić na dach jeden przewód ochronny 6 mm^2 , posłuży on do wyrównania potencjałów instalacji PV.
- d. W przypadku gdy długość linii DC przekroczy 10 m należy przewidzieć dodatkową skrzynkę z zabezpieczeniem przepięciowym DC usytuowaną możliwie blisko modułów fotowoltaicznych.
- e. Należy zapewnić dostęp do złącza kontrolnego uzziemienia. Jego wartość powinna być poniżej 10 Ohm. Należy przewidzieć dodatkową rozdzielnicę elektryczną przy falowniku posiadającą certyfikację na napięcie 1000V DC, do montażu zabezpieczeń przeciwprzepięciowych DC oraz ewentualnych rozłączników DC,

10 Zaleca się przed etapem wykonawczym skonsultować przyszłe działania ze specjalistyczną firmą instalacyjną montującą instalacje fotowoltaiczne.



Interaktywne narzędzie doboru PV-GIS

10. Monitorowanie pracy i zwiększenie autokonsumpcji.

Monitorowanie pracy i zwiększenie autokonsumpcji

Współcześnie stosowane falowniki fotowoltaiczne posiadają możliwość pomiaru ilości wyprodukowanej energii elektrycznej, pomiarów parametrów prądu zarówno stałego jak i przemiennego oraz monitorowania stanu pracy instalacji. W przypadku podłączenia falownika fotowoltaicznego do Internetu i konfiguracji transmisji danych, możliwa jest także lokalna i globalna prezentacja danych praktycznie na dowolnym urządzeniu stacjonarnym i mobilnym. Układ pomiarowy znajdujący się w falowniku fotowoltaicznych jest w stanie zmierzyć ilość energii wytworzonej i wprowadzonej do wewnętrznej instalacji w budynku. Informacja ta nie jest wystarczająca, jeżeli dążymy do maksymalizacji zużycia energii produkowanej przez instalację fotowoltaiczną. W takim przypadku konieczne jest także monitorowanie ilości energii pobieranej lub wprowadzanej do sieci publicznej przez wyposażenie budynku. Zadanie to spełnia układ pomiarowy w postaci licznika dwukierunkowego instalowany przez zakład energetyczny. Niemniej jednak na wykorzystaniu danych z tego licznika stoi szereg przeszkód natury administracyjnej i technicznej. Z związku z tym coraz częstszą praktyką jest montaż dodatkowego układu pomiarowego w rozdzielni głównej budynku, który będzie mierzył kierunek i przepływ energii z i do budynku. Licznik ten

po połączeniu z falownikiem fotowoltaicznych pozwoli na określenie chwilowego bilansu energii na postawie, którego możliwe jest okresowe załączanie lub wyłączenie dodatkowych urządzeń celem zrównoważenia produkcji i poboru energii.

Najprostszym elementem systemu zarządzania wyprodukowaną energią jest załączanie i wyłączenie dowolnych odbiorników energii (np. poprzez przełącznik). Najprostszy algorytm sterowania wykorzystuje w tym celu informacje o produkcji energii z falownika fotowoltaicznego i przy przekroczeniu odpowiedniego progu mocy z PV dokonuje załączenia urządzenia a następnie w przypadku spadku produkcji mocy z PV dokonuje jego wyłączenia. Możliwe jest także sterowanie w ten sposób pompą ciepła, należy jednak pamiętać, że w przypadku tego typu urządzeń bardzo ważne jest, aby pompa ciepła po załączeniu pracowała nieustannie określony przez jej producenta czas z uwagi na ochronę pracy sprężarki. Część producentów pomp ciepła oprócz złącza SG Ready domyślnie dedykowanego dla zakładu energetycznego posiadają złącze PV przeznaczone dla instalacji fotowoltaicznej, gdzie podanie sygnału sterującego wprowadza pompę w tryb pracy podobny do trybu nadmiar mocy w SG Ready.

Aktualnie znaczenie kwestii optymalizacji własnego zużycia energii staje się coraz bardziej znaczące.

11. Dobór systemu z pompą ciepła i PV w budynku jednorodzinnym

Dobór systemu z pompą ciepła i PV w budynku jednorodzinnym w standardzie NF 40

Przy wymiarowaniu całego systemu (produkcja energii, jej zużycie i magazynowanie w sieci elektrycznej) istotnych jest kilka czynników:

W przypadku pracy w trybie współpracy z siecią (on-grid), cały system powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby zapewnić możliwie wysoki wskaźnik zużycia własnego. Z ekonomicznego punktu widzenia można osiągnąć wartości między 20 – 40%, a w przyszłości przypadku zastosowania dodatkowych akumulatorów elektrycznych nawet do poziomu 65%

W celu oceny wskaźnika zużycia własnego należy określić następujące dane liczbowe:

Produkcja energii z instalacji fotowoltaicznej

- Lokalizacja instalacji
- Opcje dopasowania i rozmiar systemu fotowoltaicznego (generator)

Zużycie/Zapotrzebowanie

- Roczne zużycie energii elektrycznej w gospodarstwie domowym
- Zapotrzebowanie grzewcze budynku (w tym przypadku dla standardu budynku NF 40)
- Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową
- Zachowanie się mieszkańców (czasy ogrzewania, obciążenia szczytowe, ciepła woda użytkowa)
- Zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła (w tym przypadku dane p.c. typu powietrze/woda) z instalacją ogrzewania płaszczyznowego (podłogowego).

Tabela 5: Praktyczne zestawienie mocy grzewczej, mocy systemu fotowoltaicznego i mocy pompy ciepła typu powietrze/woda w budynku jednorodzinnym w standardzie NF 40 (ciepło użytkowe ok. 40 kWh/(m² rok).

Liczba osób użytkujących budynek jednorodzinny	Zużycie energii elektrycznej budynku w kWh/rok	Zapotrzeb. ciepłej wody użytkowej l/dobę	Zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła w kWh/rok	Łączne zużycie energii elektrycznej w kWh/rok	Udział zużycia energii przez pompę ciepła do łącznej zużytej energii w %	4 kWp		5 kWp		6 kWp		7 kWp		10 kWp	
						WAK	WSW	WAK	WSW	WAK	WSW	WAK	WSW	WAK	WSW
Budynek o powierzchni 100 m², spełniający standard NF 40, proj, obciążenie cieplne 3 kW (zapotrzebowanie ciepła ok. 4000 kWh/rok)															
2	3000	100	1700	4700	36%	33%	69%	29%	86%	25%	103%	23%	118%	19%	168%
3	3500	150	1900	5400	35%	38%	61%	33%	75%	29%	90%	27%	104%	21%	147%
4	4000	200	2200	6200	35%	40%	54%	35%	66%	32%	79%	29%	91%	23%	128%
5	4500	250	2300	6800	34%	42%	49%	36%	59%	33%	71%	31%	82%	25%	116%
6	5000	300	2600	7600	34%	42%	44%	37%	53%	34%	64%	31%	74%	26%	104%
Budynek o powierzchni 150 m², spełniający standard NF 40, proj, obciążenie cieplne 4,5 kW (zapotrzebowanie ciepła ok. 6000 kWh/rok)															
2	3000	100	2400	5400	44%	38%	61%	34%	75%	31%	89%	28%	103%	22%	146%
3	3500	150	2700	6200	44%	42%	53%	38%	66%	33%	78%	31%	91%	25%	128%
4	4000	200	2900	6900	42%	44%	48%	40%	59%	37%	70%	34%	82%	27%	115%
5	4500	250	3200	7700	42%	46%	43%	42%	53%	38%	63%	36%	74%	28%	104%
6	5000	300	3500	8500	41%	46%	39%	42%	48%	39%	57%	36%	67%	29%	94%
Budynek o powierzchni 200 m², spełniający standard NF 40, proj, obciążenie cieplne 6 kW (zapotrzebowanie ciepła ok. 8000 kWh/rok)															
2	3000	100	3000	6000	50%	37%	55%	30%	67%	28%	80%	25%	93%	20%	131%
3	3500	150	3200	6700	48%	41%	49%	36%	61%	32%	73%	29%	84%	22%	118%
4	4000	200	3500	7500	47%	44%	44%	38%	55%	34%	66%	32%	76%	24%	106%
5	4500	250	3700	8200	45%	45%	41%	40%	50%	36%	60%	33%	70%	26%	98%
6	5000	300	4000	9000	44%	45%	37%	40%	46%	37%	55%	34%	63%	26%	89%

WAK - Wskaźnik autokonsumpcji (zużycia własnego) (%) = roczne zużycie własne z PV /roczna produkcja własna z PV (energii elektrycznej)

WSW - Wskaźnik samowystarczalności (%) = roczne zużycie energii elektrycznej samodzielnie wytworzonej po uwzględnieniu bilansu w ramach opustu / całkowite roczne zużycie energii elektrycznej w budynku



Analiza NF 40
plik xls

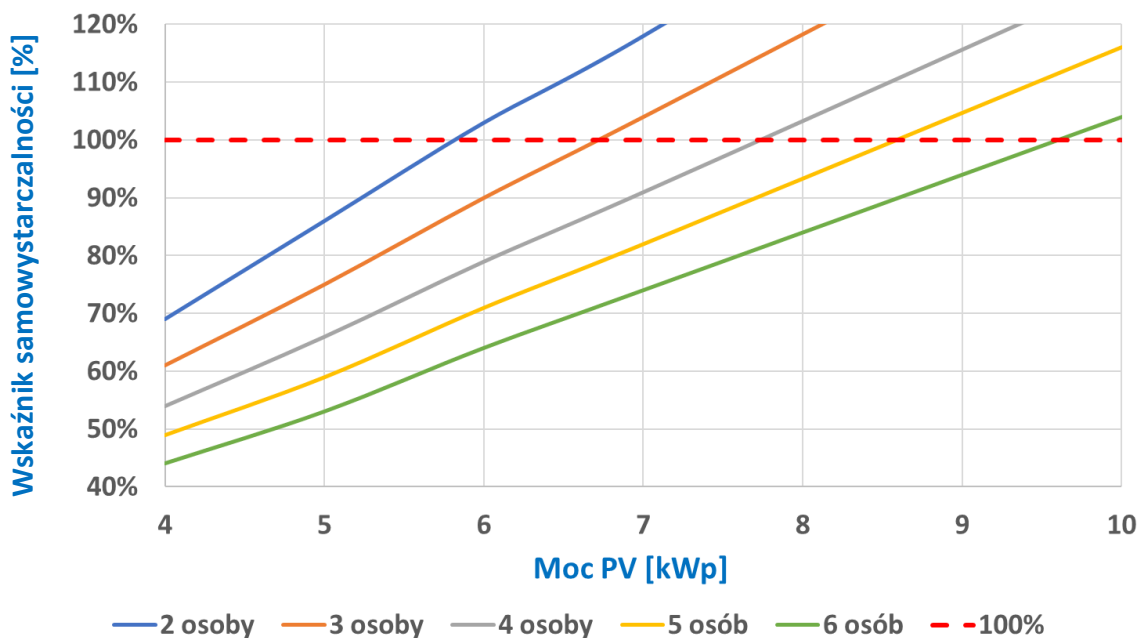


Analiza WT 2021
plik xls.

W tabeli 5 założono pochylenie dachu 40°C, kierunek: dachu południowy, lokalizacja Kraków oraz pompę ciepła typu P/W o przeciętnej efektywności. Obliczenia dokonane programem symulacyjnym WP-OPT.

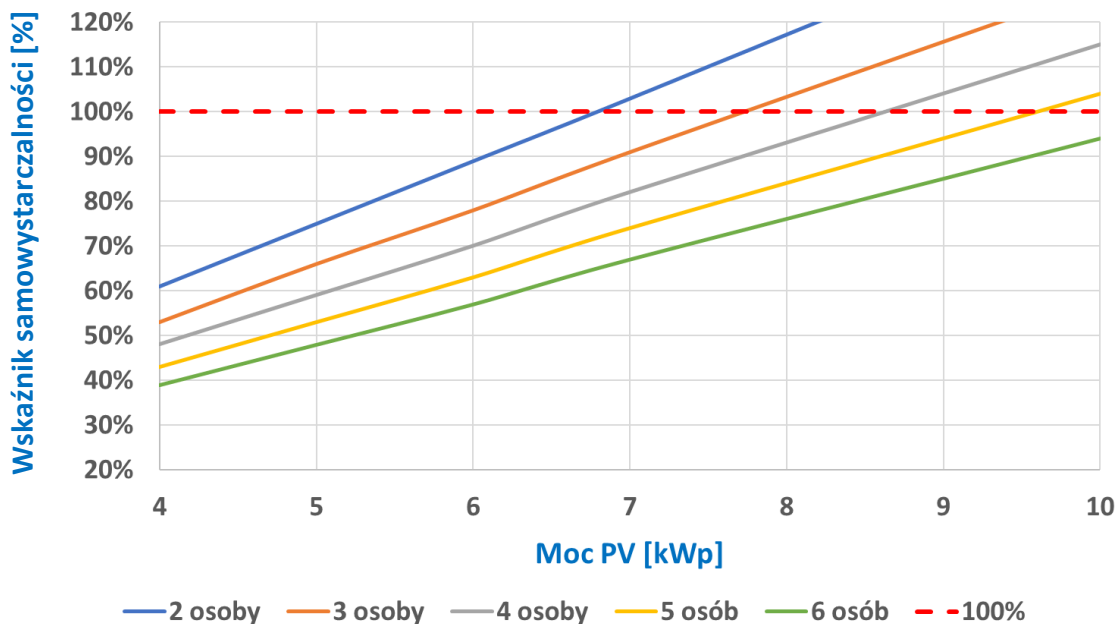
11. Dobór systemu z pompą ciepła i PV w budynku jednorodzinnym

Wskaźnik samowystarczalności WSW w % w budynku o powierzchni 100m² w standardzie NF 40



Rys. 6 Wskaźnik samowystarczalności WSW w % w budynku o powierzchni 100m² w standardzie NF 40

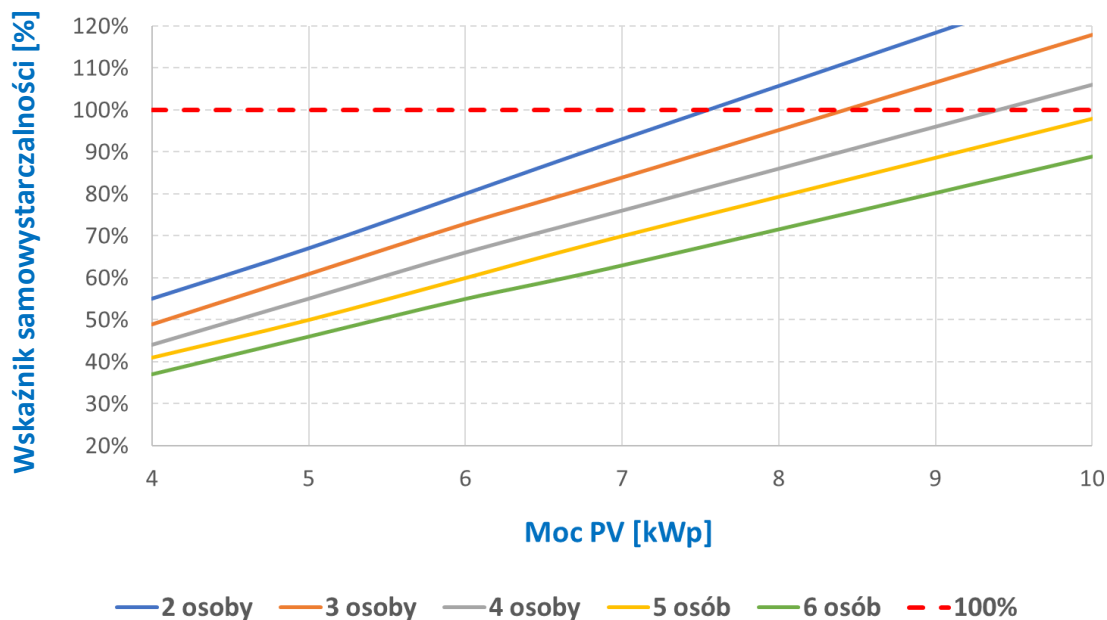
Wskaźnik samowystarczalności WSW w % w budynku o powierzchni 150 m² w standardzie NF 40



Rys. 7 Wskaźnik samowystarczalności WSW w % w budynku o powierzchni 150m² w standardzie NF 40

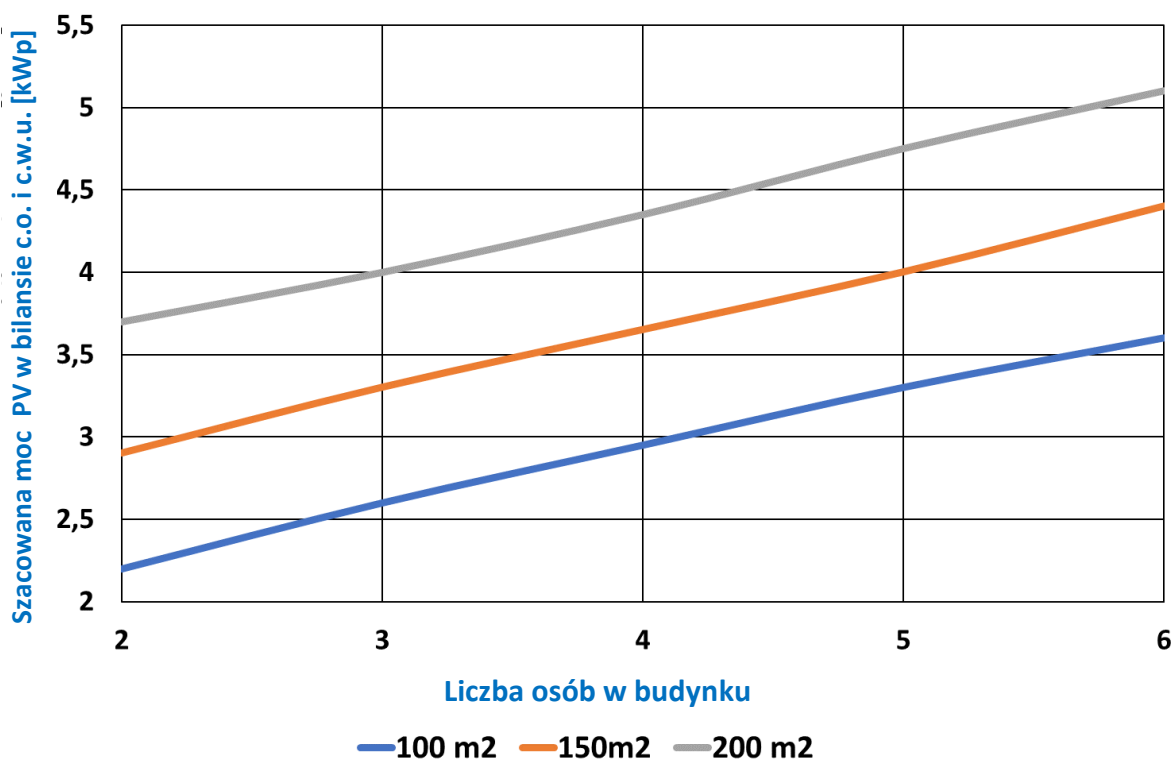
11. Dobór systemu z pompą ciepła i PV w budynku jednorodzinnym

Wskaźnik samowystarczalności WSW w % w budynku o powierzchni 200 m² w standardzie NF 40



Rys. 8 Wskaźnik samowystarczalności WSW w % w budynku o powierzchni 200m² w standardzie NF 40

Przybliżony dobór mocy instalacji PV [kWp] w zależności od powierzchni ogrzewanej budynku w standardzie NF40 i liczby osób (bilansowanie tylko c.o. i c.w.u.)



Rys. 9 Przybliżony dobór mocy instalacji PV (tylko c.o. i c.w.u.) w standardzie NF 40

11. Dobór systemu z pompą ciepła i PV w budynku jednorodzinnym

Wylczenie wymaganej mocy nominalnej instalacji fotowoltaicznej w systemie opustu

$$moc_{PV} = \frac{(E_k * a) + \left(\frac{E_k * b}{opust}\right)}{uzysk}$$

Gdzie:

moc_{PV} – wymagana moc nominalna instalacji fotowoltaicznej [kWp]

opust – udział energii wprowadzonej do sieci jaką może odebrać w ciągu roku prosument w ramach systemu opustów (do 10 kWp wynosi 80%) [%]

E_k – ilość zużywanej rocznie energii elektrycznej [kWh/rok]

a – udział bieżącej konsumpcji własnej [%]

b – udział ilości energii oddanej do sieci [%]

a+b = 100%

uzysk – uzysk roczny z 1 kWp [kWh/rok]

Przykład obliczenia wymaganej mocy instalacji fotowoltaicznej pracującej w systemie opustu

Założenia do doboru mocy systemu fotowoltaicznego sieciowego:

- Roczne zużycie energii: 4200 kWh/rok
- Kąt nachylenia dachu: 40 stopni
- Odchylenie od południa: 0 stopni
- Udział bieżącej konsumpcji własnej: 30 [%]
- Udział energii oddanej do sieci: 70 [%]
- Opust: 80%
- Założony uzysk energii elektrycznej z 1 kWp: 960 kWh/rok

$$moc_{PV} = \frac{(4200 * 0,3) + \left(\frac{4200 * 0,7}{0,8}\right)}{960} = 5,14 \text{ kWp}$$

Przybliżony dobór mocy instalacji fotowoltaicznej w systemie opustu (o mocy < 10 kWp)

Na każde zużyte rocznie 1000 kWh energii el. rocznie należy dobrać ok. 1,25 kWp mocy instalacji PV

Tab. 6 Szacowanie zużycia energii elektrycznej na potrzeby bytowe w nowym budynku.

Liczba osób	Zużycie energii elektrycznej budynku w kWh/rok
2	3000
3	3500
4	4000
5	4500
6	5000

Tab. 7 Szacowanie zużycia energii elektrycznej na potrzeby c.w.u. (50 l. na os./doba, SPF=3)

Liczba osób zużywających c.w.u.	Zużycie energii elektrycznej pompy ciepła na potrzeby c.w.u. w kWh/rok
2	500-600
3	750-900
4	1000-1200
5	1250-1500
6	1500-1800

Tab. 8 Szacowanie rocznego, jednostkowego zużycia energii elektrycznej na potrzeby centralnego ogrzewania w przypadku pompy ciepła z ogrzewaniem płaszczyznowym.

Standard budynku i typ pompy ciepła	Zużycie energii elektrycznej pompy ciepła na potrzeby ogrzewania w kWh/(m ² rok)
WT 2014, PC typu P/W	18,0÷22,0
WT 2014, PC typu S/W	15,0÷20,0
WT 2021, PC typu P/W	13,0÷17,0
WT 2021, PC typu S/W	11,0÷14,0
NF 40, PC typu P/W	7,0÷11,0
NF 40, PC typu S/W	5,0÷9,0
NF 15, PC typu P/W	<4,0
NF 15, PC typu S/W	<3,0



Szacowanie mocy PV
- arkusz xls



Bilans PV - 130m²
- arkusz xls

12. Systemy magazynowania energii w budynku jednorodzinnym

Systemy magazynowania energii z instalacji fotowoltaicznej w budynku jednorodzinnym

W rozważanym systemie instalacji fotowoltaicznej w połączeniu z pompą ciepła istnieją zasadniczo trzy główne różne sposoby magazynowania chwilowo niewykorzystanej energii elektrycznej wytworzonej przez instalację fotowoltaiczną – „magazynowanie” w sieci, czyli roczny system „opustu” zgodny z ustawą OZE, magazyny ciepła i magazyny elektrochemiczne.

„Magazynowanie” energii elektrycznej w rocznym systemie opustu.

System opustu można porównać do magazynu energii elektrycznej o rocznej sprawności 80% (lub 70% pow. 10 kWp). Jeśli skorzystamy z własnej energii, którą udostępni nam w ciągu roku sprzedawca energii tracimy odpowiednio 20% wyprodukowanej przez nas energii (w instalacjach do 10 kWp). Zastosowanie pompy ciepła pozwala na znaczne istotne zwiększenie udziału autokonsumpcji do 20%-30%, a w przypadku dodatkowego chłodzenia nawet 40%. W takiej sytuacji rzeczywisty współczynnik opustu wzrasta do 84% czy 88% a „koszt” magazynowania spada, gdyż dotyczy tylko części wyprodukowanej energii.

Magazynowanie energii w formie ciepła

Drugim sposobem zmagazynowania energii wyprodukowanej przez instalację fotowoltaiczną jest podwyższenie zadanej temperatury ciepłej wody użytkowej, podwyższenie tej temperatury w zasobniku buforowym lub korelacja pracy pompy ciepła z pracą instalacji fotowoltaicznej. Ponadto, zwiększając lub obniżając temperaturę w pomieszczeniu, również masa budynku może być wykorzystywana jako bufor ciepła. Jednak ta forma zarządzania energią jest ograniczona przez wymagania komfortu użytkowników. Aktywny tryb chłodzenia może być również stosowany, jeśli rozprowadzanie i przenoszenie ciepła jest w odpowiednim do tego celu odbiorniku ciepła np. instalacje płaszczyznowe lub klimakonwektory.

Poszczególne warianty magazynowania ciepła zostaną dalej wyjaśnione bardziej szczegółowo.

Akumulatory i układ ładowania

Aby móc ekonomicznie przechowywać i wykorzystywać samodzielnie generowaną energię elektryczną z instalacji fotowoltaicznej w długim

okresie konieczna jest zamiana tej energii na energię chemiczną zawartą np. w wodorze. Prace nad tego typu systemami są prowadzone w wielu ośrodkach. W średnim terminie możliwe jest gromadzenie energii elektrycznej w akumulatorach chemicznych. Ważnym kryterium przy ich wyborze jest pojemność, gęstość mocy, gęstość energii oraz liczba cykli jego ładowania i rozładowywania. Obecnie oferowane są głównie akumulatory litowo-jonowe i kwasowo-ołowiowe. Obie technologie występują w wielu odmianach.

Akumulator litowo-jonowy

Technologia litowo-jonowa gromadzenia energii bardzo szybko zdobywa na popularności szczególnie z uwagi na szybki spadek cen oraz szereg korzyści w stosunku do technologii kwasowo ołowiowej. W przypadku systemu gromadzenia energii opartego na akumulatorach litowo-jonowych sprawność oscyluje wokół 80% co jest wartością znacznie przewyższająca akumulatory kwasowo-ołowiowe. W stosunku do technologii kwasowo ołowiowej akumulatory litowo-jonowe posiadają znacznie wyższą gęstość energii co przekłada się na niższą wagę, lecz co ważniejsze akumulatory litowo-jonowe posiadają wysoką gęstość mocy dzięki czemu akumulator o małej pojemności może być ładowany i rozładowany dużymi prądami. Jest to ważna użyteczność szczególnie w przypadku zastosowań domowych, gdzie pojawiają się duże, lecz krótkie pobory mocy. Technologia litowo-jonowa posiada także swoje ograniczenia. Głównym z nich jest wysoka cena, która w części rekompensowana jest dużą liczbą cykli ładowania i rozładowania. Akumulatory litowo-jonowe muszą być precyzyjnie ładowane a zaburzenia tego procesu lub uszkodzenie samego akumulatora grozi samozapłonem ogniwa. Konieczność zwiększenia bezpieczeństwa pracy także wpływa na cenę tego typu akumulatorów.

Koncepcje ładowania przez instalacje fotowoltaiczne z akumulatorami

- Zastosowanie akumulatorów w instalacji PV najczęściej odbywa się w oparciu o dwie koncepcje:
- Zastosowanie osobnego falownika obsługującego akumulatory
- Integracja obsługi akumulatorów przez jeden falownik fotowoltaiczny obsługujący także moduły PV

13. Dobór elementów systemu

Dobór elementów systemu

Akumulator elektryczny

Analizy pokazują, że akumulatory o użytecznej pojemności równej 25% dziennego zapotrzebowania na energię w budynku pozwalają dwukrotnie zwiększyć bieżącą konsumpcję energii wytwarzanej przez elektrownię PV, która w takim przypadku może sięgnąć ok. 50%. Dalsze zwiększanie pojemności akumulatorów powoduje wzrost udziału konsumpcji własnej jednak rośnie ona coraz wolniej ze wzrostem pojemności. Z tego powodu w przypadku systemów sieciowych zasadny wydaje się dobór pojemności akumulatorów w zakresie 25-75% dziennego zapotrzebowania na energię w budynku. Dalsze zwiększanie pojemności akumulatorów nie przyczynia się do istotnego wzrostu udziału konsumpcji własnej. Należy zaznaczyć, że poziom konsumpcji własnej nie zależy tylko od pojemności akumulatorów, lecz także od mocy falownika podłączonego do nich.

Instalacja fotowoltaiczna

- **Ukierunkowanie instalacji fotowoltaicznych**

W prawidłowym projekcie instalacji fotowoltaicznej muszą zostać uwzględnione: kierunek usytuowania instalacji, nachylenie dachu i dostępna powierzchnia dachu.

Zasadniczo najwyższy uzysk energii dla odbiorców zapewnia instalacja fotowoltaiczna o orientacji ściśle południowej i kącie nachylenia zbliżonym do 30 stopni. Jednak odpowiednie postępowanie użytkowników również odgrywa tu ważną rolę. W większości przypadków instalacja skierowana na południe generuje najwięcej energii, kiedy pobór mocy w gospodarstwie domowym jest niski. To oczywiście zmniejsza wskaźnik zużycia własnego w systemie. Nawet użycie akumulatorów do tymczasowego magazynowania energii jest tylko ograniczonym środkiem zaradczym, zakładając odpowiednią ich pojemność.

Praktyczne doświadczenie wykazało, że instalacja powinna wytwarzać nie więcej niż 1,2-1,3 wymaganego rocznego zapotrzebowania na energię elektryczną.

Mimo niższego rocznego wskaźnika produkcji energii dachy o orientacji wschodniej lub zachodniej mają tę zaletę, że energia słoneczna jest dostępna wcześniej rano lub później wieczorem. Ponadto, w przypadku dachów dwuspadowych o orientacji wschód-zachód, obie połowki dachu mogą być zabudowane instalacją.

- **Dostępna przestrzeń montażowa**

Generator fotowoltaiczny wykonuje się obecnie najczęściej z modułów mono lub polikrystalicznych.



Moduł monokrystaliczny



Moduł polikrystaliczny

Główna różnica między modułami mono i polikrystalicznymi oprócz kwestii wizualnych polega na różnicy w sprawności. Przy typowym wymiarze modułu PV który wynosi ok 1,65m x 0,99m moduły polikrystaliczne posiadają obecnie moc w zakresie 270 – 285 Wp z kolei moduły monokrystaliczne posiadają obecnie zakresy mocy 300 – 330 Wp. Dzięki wyższej sprawności modułów monokrystalicznych przy tej samej mocy instalacji wystarczy mniejsza ich liczba. Ma to szczególne znaczenie przy ograniczonej powierzchni montażowej jaka często występuje na dachach o skomplikowanej budowie.

Ważną kwestią jest brak zacierania modułów PV. Pojawianie się cienia może istotnie zmniejszyć produkcję energii. Dlatego ważne, aby lokować moduły PV w odpowiednich odstępach od elementów zacienających takich jak kominy, jaskółki, anteny itp. W przypadku gdy nie jest możliwe uniknięcie okresowego zacierania na części modułów PV konieczna jest dodatkowa optymalizacja instalacji poprzez zastosowanie falowników z tzw. funkcjami szukania globalnego punktu mocy maksymalnej lub zastosowanie optymalizatorów mocy.

- **Falownik fotowoltaiczny**

Obecnie głównie stosowane są falowniki fotowoltaiczne beztransformatorowe. Przy ich wyborze należy zwrócić uwagę na liczbę zasilanych faz. Mimo, że do instalacji 3-fazowej w budynku można zastosować falownik jednofazowy z uwagi na kryteria przyłączenia powyżej mocy 3,68 kW należy

13. Dobór elementów systemu

Uzysk roczny energii z kWp instalacji PV przy różnej orientacji i nachyleniu dachu

Wartości obliczone w odniesieniu do 1 kWp		Nachylenie dachu						
		10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Orientacja	Wschód -90°	852 kWh	844 kWh	835 kWh	827 kWh	809 kWh	801 kWh	783 kWh
	Południowy wschód -45°	905 kWh	912 kWh	920 kWh	924 kWh	925 kWh	929 kWh	921 kWh
	Południe 0°	921 kWh	947 kWh	955 kWh	973 kWh	981 kWh	990 kWh	980 kWh
	Południowy zachód 45°	905 kWh	912 kWh	920 kWh	924 kWh	925 kWh	929 kWh	921 kWh
	Zachód 90°	852 kWh	844 kWh	835 kWh	827 kWh	809 kWh	801 kWh	783 kWh

Tabela 9: Lokalizacja Kraków – moduły monokrystaliczne

stosować falowniki 3-fazowe. Z kolei poniżej 3,68 kW ze względów ekonomicznych lepszym wyborem będzie falownik jednofazowy. Ważna jest także lokalizacja falownika.

Najkorzystniej jest go przyłączyć bezpośrednio do rozdzielni głównej wydzielonym obwodem. Oznacza to konieczność poprowadzenia trasy kablowej od lokalizacji falownika do rozdzielni oraz od modułów PV do falownika. Z uwagi na możliwość monitoringu instalacji warto, aby falownik był w zasięgu sieci WiFi lub LAN. Mimo iż hałas pracującego falownika jest niski warto lokalizować go w miejscu, gdzie nie będzie on uciążliwy dla domowników.

Zasobnik termiczny

Zasobnik ciepłej wody użytkowej

Energia elektryczna generowana przez instalację fotowoltaiczną może w bardzo dużym stopniu być wykorzystana do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jednak w tym celu muszą być spełnione dwa warunki. Zasobnik ciepłej wody musi być tak zwymiarowany, by dało się z niego pobierać ciepłą wodę przynajmniej jeden dzień bez konieczności zasilania go z instalacji fotowoltaicznej. Ponadto moc instalacji fotowoltaicznej musiałaby 5 - 6 razy przekraczać moc elektryczną potrzebną do napędu sprężarki pompy ciepła.

W domach jednorodzinnych często stosuje się pompę ciepła dla wody użytkowej ze względu na niewielki pobór mocy elektrycznej przez sprężarkę (ok. 500-800 W). Wtedy instalacja fotowoltaiczna o mocy szczytowej 3-4 kWp umożliwia już pokrycie w ponad 80% zasilania z pompy ciepła.

Stopień pokrycia zależy od następujących czynników:

- Uzysk mocy przez instalację fotowoltaiczną
- Pobór mocy elektrycznej przez pompę ciepła
- Zapotrzebowanie na ciepłą wodę użytkową
- Wielkość zasobnika ciepłej wody użytkowej
- Straty ciepła przez zasobnik i przewód cyrkulacji c.w.u.

Układ regulacji pompy ciepła musi być w stanie utrzymać wymaganą temperaturę minimalną (np. 50°C), a podczas generowania prądu przez instalację fotowoltaiczną automatycznie podwyższyć temperaturę zadaną ciepłej wody (np. o 5-10 K). Pompy ciepła do celów c.w.u. z etykietą SG Ready oferują tę funkcję poprzez wejście analogowe. Wiele falowników jest w stanie bezpośrednio sterować pompami ciepła wody użytkowej z etykietą SG Ready.

Wykorzystanie zasobnika buforowego

W przypadku autonomicznej regulacji temperatury pomieszczenia, która jest niezależna od pompy ciepła, nigdy nie nastąpi przegrzanie budynku, nawet gdy instalacja fotowoltaiczna generuje prąd. Bowiem dopływ ciepła do pomieszczenia zostanie zatrzymany, gdy temperatura rzeczywista w nim przekroczy wartość zadaną. W takim przypadku do magazynowania ciepła może zostać zainstalowany dodatkowy zasobnik buforowy.

Należy go przyłączyć hydraulicznie w taki sposób, aby w razie braku prądu z instalacji fotowoltaicznej nie przepływała przez niego woda i by jego temperatura była utrzymywana na możliwie najniższym poziomie. Zminimalizuje to straty ciepła w stanie gotowości.

13. Dobór elementów systemu

Pojemność zasobnika należy dobrać według następujących kryteriów:

- Uzysk mocy przez instalację fotowoltaiczną
- Moc grzewcza pompy ciepła
- Maks. wzrost temperatury = maks. temperatura nagrzewania zasobnika pomniejszona o wymaganą projektową temperaturę wody grzewczej
- Wymagany wzrost pokrycia

Już pojemność zasobnika buforowego wynosząca 25 l na kW mocy grzewczej pompy ciepła może sprawić, że energia słoneczna pozyskana po południu może zostać wykorzystana w godzinach wieczornych, co spowoduje wzrost pokrycia (autokonsumpcji) o ok. 10pkt%. Dalsze zwiększanie pojemności zasobnika buforowego prowadzi do zwiększenia wskaźnika pokrycia (autokonsumpcji) o maksymalnie 20pkt%. Zastosowanie zasobników buforowych o jeszcze większych pojemnościach, które mogą przechowywać energię w ciągu kilku dni (np. zasobniki sezonowe), znacząco podnosi wskaźnik pokrycia, ale jednak zwiększają się wówczas straty ciepła przez zasobnik. Do poprawnego projektowania konieczna staje się tu symulacja komputerowa.

Wykorzystanie budynku jako zasobnika ciepła

W inteligentnym regulatorze temperatury pomieszczenia następuje wymiana informacji między urządzeniem grzewczym (pompą ciepła) a regulatorem temperatury pomieszczenia. Na przykład w celu zablokowania pompy ciepła, gdy pomieszczenie nie zgłasza zapotrzebowania na ciepło. W połączeniu z systemami typu Smart Home (np. technika sterowania budynkiem), gdy wykorzystywana jest moc fotowoltaiczna, zadana temperatura w pomieszczeniu może zostać podwyższona w ramach zdefiniowanych limitów komfortu. Wówczas cały budynek pełni rolę zasobnika ciepła.

System ogrzewania płaszczyznowego w budynku (np. 130 m²) jest w stanie efektywnie zastąpić zasobnik buforowy wody grzewczej o pojemności 500 l (przy wzroście temperatury wody o ok. 28 K). Jednocześnie niższy poziom temperatury (w przykładzie 2,5 K) skutkuje obniżeniem strat ciepła przez zasobnik i niewielkim ubytkiem efektywności pompy ciepła.

Przykład obliczeniowy

- Powierzchnia ogrzewana: 130 m²
- Podgrzewana podłoga: 9 cm (jastrych/beton/płytki)
- Ciepło właściwe jastrychu: 1000 J/kg K = 0,27778 Wh/kg K
- Masa właściwa jastrychu: 2000 kg/m²
- Wzrost temperatury jastrychu i pomieszczenia o 2,5 K

$$130 \text{ m}^2 \times 0,09 \text{ m} \times 2.000 \text{ kg} \times 2,5 \text{ K} \times 0,00027778 \text{ kWh/kg K} = 16,3 \text{ kWh}$$

$$500 \text{ l} \times 0,00116 \text{ kWh / kg K} \times 28 \text{ K} = 16,3 \text{ kWh}$$



Akumulacja ciepła w wylewce
arkusz kalkulacyjny plik xls



Analiza LCOE instalacji PV
arkusz kalkulacyjny plik xls



Arkusz do obliczeń
optymalności PV
plik xls

14. Interfejsy analogowe i cyfrowe

Interfejsy analogowe i cyfrowe

SG Ready

Etykieta SG Ready oznaczane są pompy ciepła, których technika regulacyjna umożliwia integrację pojedynczej pompy ciepła z inteligentną siecią energetyczną (ang. SG = Smart Grid).

Warunkiem przydzielenia tej etykiety jest zgodność czterech stanów roboczych z określoną definicją. Etykieta jest przyznawana tylko w Niemczech i nie ma ważności w innych krajach.

Wymagania stawiane pompom ciepła warunkujące przyznanie etykiety SG-Ready

Pompy ciepła do pracy grzewczej

Pompy ciepła do pracy grzewczej muszą być wyposażone w regulator, który umożliwia zrealizowanie czterech stanów roboczych:

- **Stan roboczy 1** (1 stan załączenia, przy stanie zacisków 1:0): Ten stan roboczy jest kompatybilny z blokadą operatora sieci energetycznej (EVU), która często jest włączana o stałych porach i trwa maksymalnie 2 godziny "twardego czasu blokady".
- **Stan roboczy 2** (1 stan załączenia, przy stanie zacisków 0:0): W tym stanie roboczym pompa ciepła pracuje w trybie normalnym energooszczędnym z proporcjonalnym ładowaniem zasobnika, co ma wystarczyć na czas maksymalnej dwugodzinnej blokady EVU.
- **Stan roboczy 3** (1 stan załączenia, przy stanie zacisków 0:1): W tym stanie roboczym pompa ciepła działa w ramach regulacji w trybie zwiększonej mocy realizując ogrzewanie pomieszczeń i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Nie chodzi tu o bezwzględny start, ale zalecenie załączenia zgodnie z żądaniem.
- **Stan roboczy 4** (1 stan załączenia, przy stanie zacisków 1:1): Jest to definitywne polecenie uruchomienia pompy ciepła, o ile jest to możliwe w zakresie ustawień regulatora. Dla tego stanu roboczego różne modele sterowania muszą być możliwe do nastawienia na regulatorze dla różnych modeli taryfowych i użytkowych:
 - Wariant 1:** pompa ciepła (sprężarka) jest aktywnie załączona.
 - Wariant 2:** pompa ciepła (sprężarki i elektryczne grzałki pomocnicze) jest aktywnie włączona, opcjonalnie: wyższa temperatura w zasobnikach ciepła.

Opcjonalnie temperatura pomieszczenia może być użyta jako zmienna referencyjna do regulacji temperatur w instalacji grzewczej (temperatura zasilania lub powrotu). Zablockowanie pompy ciepła za pomocą termostatu pokojowego w zależności od temperatury w pomieszczeniu nie jest wystarczające.

Pompy ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej

Pompy ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej muszą być wyposażone w regulator, który pozwala na podwyższenie zadanej temperatury wody w drodze automatycznej regulacji w celu zmagazynowania energii w formie ciepła.

Menedżer energii i niezbędne dla niego wymagania systemowe

Poprzez sterowanie pompą ciepła za pomocą interfejsu SG-Ready w połączeniu z systemem fotowoltaicznym z lub bez systemu zespołu akumulatorów, tylko system grzewczy i przygotowania ciepłej wody uważane są za odbiorniki energii.

Jednakże celem jest uwzględnienie za pomocą menedżera energii wszystkich odbiorników energii elektrycznej w gospodarstwie domowym w celu uzyskania możliwie wysokiego wskaźnika zużycia własnego (autokonsumpcji) oraz w zależności od mocy instalacji fotowoltaicznej, możliwie wysokiego stopnia samowystarczalności.



15. Wzajemne oddziaływanie zespołów i podzespołów systemu

Wzajemne oddziaływanie zespołów i podzespołów systemu



Rys. 12 Wzajemne oddziaływanie zespołów i podzespołów systemu (źródło grafiki BWP)

Menadżer energii systemu PV steruje magazynowaniem i zużyciem energii systemu. W zależności od menadżera energii i odbiorników, sterowanie może być przeprowadzana przez przełączany styk uwalniający na pompie ciepła (złącze SG-Ready), przełączalne gniazda lub poprzez regulację modulowaną w zależności od dostępnej energii (np. systemy pomp ciepła z regulacją mocy i modulowane grzałki elektryczne). W ramach uruchomienia systemu w menadżerze energii nastawia się dane specyficzne dla odbiorników, takie jak np. próg przełączania (od jakiej wartości w kW zestyk ma się przełączyć), okres uwolnienia oraz minimalny okres pracy. Określa się również priorytety uwolnień (załączeń), tzn. w jakiej kolejności odbiorniki powinny być załączane. Warunkiem jest, aby odpowiednie odbiorniki miały takie możliwości. Muszą one być dopuszczone przez producenta do takiej regulacji, np. za pomocą przełączanego gniazda. W przypadku starszych odbiorników elektrycznych AGD, takich jak np. pralki

i suszarki, należy wcześniej sprawdzić, czy po zaniku napięcia urządzenia te uruchomią się same, czy też należy uruchomić dany proces ręcznie. Hierarchia poboru mocy musi być regulowana przez menadżer energii. Zaleca się, aby wygenerowana energia elektryczna była na bieżąco kierowana w pierwszej kolejności do gospodarstwa domowego (jako zużycie własne) lub systemu grzewczego. W dalszej kolejności energia powinna być kierowana do zespołu bateryjnego, a później do zasobników termicznych (zasobnik ciepłej wody użytkowej, zasobnik buforowy, masa budynku). Osiąga się przez to najwyższy możliwy stopień samowystarczalności i minimalizuje zasilanie publicznej sieci elektroenergetycznej. Szczególnie w przypadku korzystania z inteligentnych systemów domowych, ważna jest dwukierunkowa wymiana informacji pomiędzy odbiornikami energii elektrycznej a generatorami za pośrednictwem interfejsów cyfrowych. Ma to na celu optymalizację całego systemu.

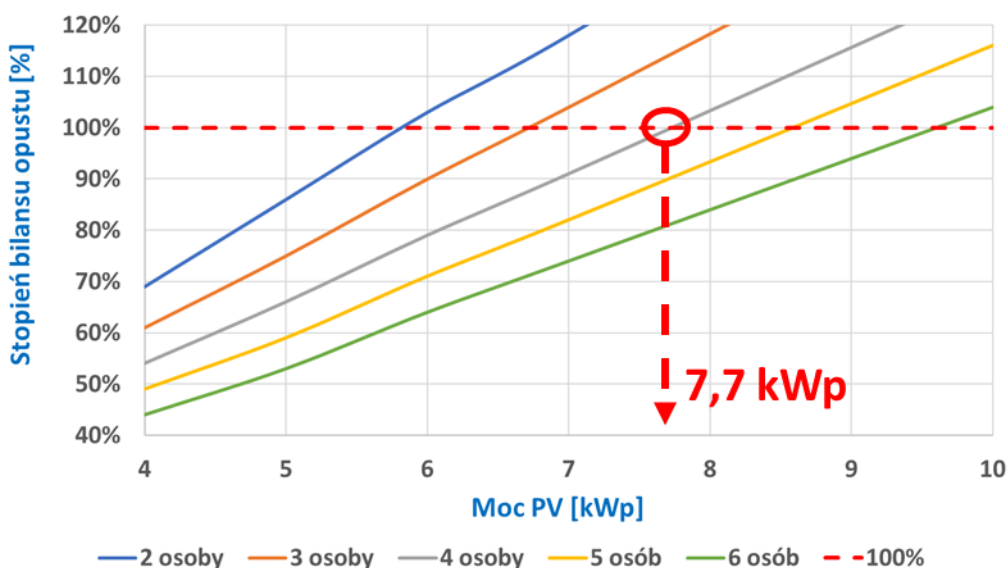
16. Porównanie kosztów i rozwiązań w przykładowym budynku

Porównanie kosztów inwestycyjnych dwóch rozwiązań w przykładowym budynku

- Analizowany budynek jednorodzinny o pow. ogrzewanej 100 m² w standardzie NF 40
- **Moc grzewcza 3 kW pompy ciepła typu powietrze/woda** lub **kocioł na groszek lub pelet**
- Instalacja PV o mocy 3,5 kWp wystarczy do zbilansowania produkcji i zużycia energii

na potrzeby ogrzewania i ciepłej wody użytkowej i chłodzenia w ciągu roku (4 osoby)

- Instalacja PV o mocy 7,7 kWp wystarczy do zbilansowania produkcji i zużycia energii na potrzeby ogrzewania i ciepłej wody oraz energii elektrycznej w ciągu roku (4 osoby). Zastosowanie chłodzenia zwiększy moc PV o około o ok. 0,5 kW
- **Przy analizie ekonomicznej warto wziąć pod uwagę całkowite koszty roczne wg VDI 2067**



Analiza kosztów wariantów ogrzewania wg VDI 2067 – plik xls

rys. 13 Wskaźnik samowystarczalności WSW w % w budynku o powierzchni 100m² w standardzie NF 40

Kocioł na paliwo stałe

10.000 PLN	- kocioł na paliwo stałe
5.000 PLN	- montaż i osprzęt
7.000 PLN	- komin (wszystkie koszty)
5m ² x 2.000 PLN/m ²	- pomieszczenie opału
8m ² x 2.000 PLN/m ²	- pomieszczenie kotłowni
7.000 PLN	- dwa klimatyzatory typu split

55.000	- łączna kwota

- Koszty paliwa ok. 2000 zł/rok
- Koszty energii elektrycznej ok. 2700 zł/rok
- Robocizna – 120-180 h / rok
- Brak czystości w budynku (węgiel)
- Brak komfortu i wygody użytkowania
- Spadek finansowej wartości budynku przy ewentualnej sprzedaży
- Negatywny wpływ na zdrowie mieszkańców i sąsiadów

Pompa ciepła z instalacją fotowoltaiczną

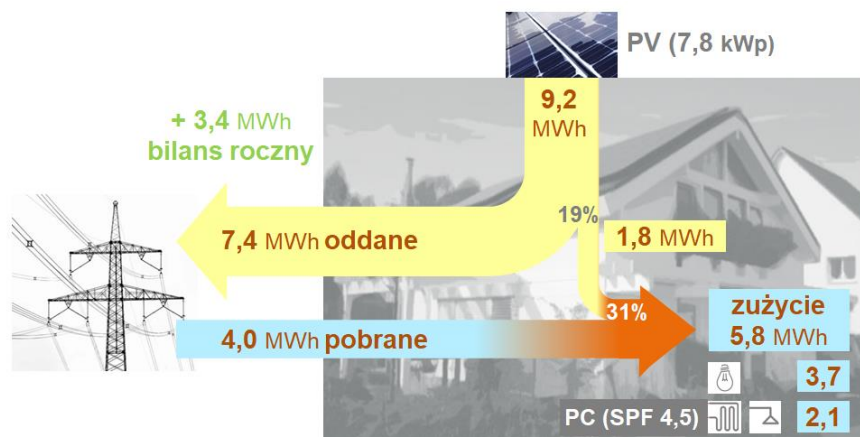
30.000 PLN	- pompa ciepła P/W 5 kW z montażem
15.000 PLN	- instalacja PV o mocy 3,0 kWp

45.000 PLN	- łącznie (c.o., c.w.u.)
+	
20.000 PLN	- dodatk. instalacja PV o mocy 5.2 kWp
łącznie	
65.000 PLN	- łącznie (c.o., c.w.u., chłodzenie i energia elektryczna w budynku)

- Koszty ogrzewania, ciepłej wody, chłodzenia i energii elektrycznej ok. 200 zł/rok
- Rozwiązanie bezobsługowe
- Czystość w budynku
- Komfort i wygoda użytkowania
- Wzrost wartości finansowej budynku przy ewentualnej przyszłej sprzedaży
- Brak wpływu negatywnego na zdrowie mieszkańców i sąsiadów

17. Przykład budynku plus energetycznego

Przykład domu plus energetycznego w Niemczech



rys. 14 Roczny bilans energetyczny rzeczywistego domu jednorodzinnego z pompą ciepła i instalacją PV

Przedstawiony na rysunku 14 roczny bilans energetyczny dotyczy domu jednorodzinnego wybudowanego w 2015 roku w południowo-zachodnich Niemczech. Instalacja fotowoltaiczna składa się z 28 modułów monokrystalicznych o łącznej mocy 7,8 kWp, skierowanych na południowy-wschód. Powierzchnia grzewcza budynku wynosi ok. 250 m². Rzeczywiste zapotrzebowanie na ciepło wynosi ok. 30 kWh na m² i rok. Na tak niewielkie zapotrzebowanie ma wpływ zarówno wysoki poziom termoizolacji przegród budowlanych, jak i pasywne wykorzystanie energii słonecznej dzięki dużym powierzchniom przeszklonym. Ciepło konieczne dla ogrzewania pomieszczeń oraz ciepłej wody użytkowej zapewniana jest przez powietrzną pompę ciepła. W roku 2018 instalacja fotowoltaiczna wyprodukowała ponad 9,2 MWh (9230 kWh) energii elektrycznej. 7,4 MWh oddane zostało do sieci energetycznej, 1,8 MWh wykorzystane zostało na potrzeby własne, co stanowiło 19%. Całkowite zużycie energii elektrycznej wyniosło 5770 kWh i składało się z zapotrzebowania pompy ciepła (2,1 MWh) oraz z pozostałego zapotrzebowania wszelkich urządzeń elektrycznych, łącznie 3,7 MWh. Ilość energii elektrycznej pobranej z sieci energetycznej wyniosła 4,0 MWh, a więc stopień samowystarczalności budynku wyniósł 31%. W bilansie rocznym instalacja fotowoltaiczna wyprodukowała 3,4 MWh więcej energii niż całkowite zapotrzebowanie budynku. Biorąc pod uwagę system opustu z 20% „kosztem” używania systemu energetycznego jako akumulatora, nadwyżka ta wyniosłaby 1,92 MWh. Bez zapewnienia odbioru tej energii oznaczałoby straty dla inwestora. Podobny bilans energetyczny odnotowano również

we wcześniejszych latach. Niewielkie różnice wynikały z warunków pogodowych lub wahań w zużyciu energii elektrycznej. W roku 2019 planowana jest optymalizacja pracy pompy ciepła w celu zwiększenia wskaźnika zużycia własnego. W pierwszym kroku optymalizacja dotyczyć będzie ciepłej wody użytkowej, co w połączeniu z istniejącym zbiornikiem c.w.u. (500 litrów) powinno przynieść pożądane efekty. Kolejnymi krokami będzie instalacja akumulatorów energii elektrycznej pozwalających w znacznym stopniu zwiększyć stopień niezależności energetycznej. Biorąc pod uwagę znaczne nadwyżki energii elektrycznej wyprodukowanej przez instalację PV, możliwe jest również uwzględnienie samochodu elektrycznego.



rys. 15 Roczne zapotrzebowanie auta elektrycznego

Zakładając średnie zużycie („spalanie”) samochodu elektrycznego w wysokości 15 kWh/100 km, uzyskane nadwyżki w wysokości 3400 kWh pozwalają na ponad 20 tysięczny roczny przebieg.

Podsumowując, przedstawiony przykład obrazuje realną możliwość uzyskania dodatniego bilansu energetycznego, uwzględniającego zapotrzebowanie grzewcze budynku, całkowite zapotrzebowanie innych urządzeń elektrycznych oraz mobilności.

18. Dom bez rachunków – główne korzyści

Główne korzyści (w skrócie) związane z budową „domu bez rachunków”:

- Optymalne połączenie **ekonomii, komfortu i ekologii** dla mieszkańców
- Indywidualny wkład w **trwałą likwidację smogu i walkę z globalnym ociepleniem klimatu**
- **Wzrost finansowy wartości inwestycyjnej budynku** (łatwiej i drożej można ewentualnie sprzedać budynek w przyszłości)
- **Brak dodatkowych kosztów inwestycyjnych** dot. komina, kotłowni i magazynu opału, znacznie niższe koszty budowy dachów (dwuspadowe, jednospadowe lub płaskie)
- **Koszty ogrzewania, ciepłej wody, chłodzenia budynku i pozostałej energii elektrycznej mogą wynosić ok. 20 zł/miesiąc**
- **Mniejsza wrażliwość rozwiązania na ceny energii elektrycznej w przyszłości**
- Budynek **spełnia wymogi przyszłych warunków technicznych w 2021 r. (WT 2021)** umożliwia skorzystanie z programu Czyste Powietrze
- W budynku produkuje się więcej energii ze źródeł odnawialnych niż się jej zużywa (w bilansie rocznym) czyli jest **plus energetyczny**
- **Rozwiązanie bezobsługowe**
- **Komfort i wygoda** użytkownika
- Zachowanie **czystości** w budynku
- **Brak negatywnego wpływu na zdrowie** mieszkańców i sąsiadów
- **System przygotowany na rozwiązania smart** i na sterowanie w sieciach energetycznych przyszłości.
- Możliwość uzyskania **najwyższego wskaźnika SRI** zgodnie z nową dyrektywą EPBD
- Rozwiązanie **przygotowane na samochód elektryczny** (odpowiednie miejsce na dachu na dodatkowe moduły PV)



Prezentacja w pdf
Dom bez rachunków



Prezentacja w pdf
Argumenty pompy ciepła

Podsumowanie

Przedstawiony materiał stanowi pierwszą pomoc projektową do wymiarowania instalacji fotowoltaicznej z pompą ciepła.

- **System opustu** zgodny z aktualną ustawą OZE pozwala na budowanie tzw. „domów bez rachunków”, w których koszty ogrzewania, ciepłej wody i ew. chłodzenia oraz zużywanej pozostałej energii elektrycznej bilansują się z produkowaną energią elektryczną z instalacji fotowoltaicznej w rocznym systemie opustu. W tym przypadku użytkownik musi ponosić tylko stosunkowo niewielkie koszty opłat stałych.
- Dodatkowy menedżer energii ma szczególne znaczenie jako komunikator pomiędzy poszczególnymi zespołami i podzespołami systemu.
- Dzięki zintegrowaniu magazynowaniu bateryjnego i termicznemu z systemem pomp ciepła można będzie zwiększyć wskaźnik zużycia własnego nawet do 65%.
- Stosując pompę ciepła SG Ready, wskaźnik zużycia własnego (autokonsumpcji) może być znacząco podwyższony.
- Zastosowana wentylacja z odzyskiem ciepła zapewnia kontrolowaną i oszczędną wentylację

Nową inwestycję budowlaną można optymalizować pod względem kosztów poprzez projektowanie z wyprzedzeniem niezbędnych części systemu. W przypadku istniejącego, starszego budynku, istniejące elementy można połączyć w nowy system.

W każdym przypadku dokładny dobór systemu przez projektanta lub innego specjalistę jest warunkiem skutecznego działania tego systemu.

Poradnik „Dom bez rachunków”



Organizacje branżowe wspierające akcję „Dom bez rachunków”



Partnerzy merytoryczni akcji „Dom bez rachunków”



Partnerzy akcji „Dom bez rachunków”



Wydanie I poprawione, Kraków, luty 2019

Autorzy opracowania:

mgr inż. Paweł Lachman (PORT PC) – koordynacja i redakcja, symulacje i arkusze kalkul.

prof. dr hab. inż. Anna Bogdan (PZITS) – autor rozdziału 3

dr inż. Piotr Jadwiszczak (PORT PC) – autor rozdziału 4

mgr inż. Tomasz Trusewicz (SPW) – autor rozdziału 7

mgr inż. Bogdan Szymański (SBF) – autor rozdziału 8, 9 i 10

dr inż. Marek Miara (PORT PC) – autor rozdziału 17