

Ścieżki dekarbonizacji

Dla europejskiego sektora budowlanego

Na zlecenie:



Dostarczony przez:

Guidehouse Germany GmbH
Albrechtstr. 10c
10117 Berlin

Marco Reiser
Kiki Klerks
Dr. Andreas Hermelink

Ozn. ref: 219439
15 lipca 2022

[guidehouse.com](https://www.guidehouse.com)

Wyłączenie odpowiedzialności

Niniejszy materiał został sporządzony przez Guidehouse Germany GmbH do wyłącznego użytku i na rzecz, oraz na podstawie relacji klienckiej z EHI („Klient”). Informacje przedstawione w niniejszym opracowaniu stanowią profesjonalną ocenę Guidehouse na podstawie informacji dostępnych w chwili tworzenia niniejszego raportu.

Guidehouse nie odpowiada za wykorzystanie lub zależność od niniejszego opracowania przez strony trzecie ani za żadne decyzje podjęte na podstawie raportu.

Osoby czytające raport informuje się, że przyjmują całość odpowiedzialności ponoszonej przez nie lub przez strony trzecie w wyniku korzystania z raportu, opierania się na danych, informacjach, wnioskach lub opiniach zawartych w raporcie.

Spis treści

Streszczenie	7
1. Wstęp	10
2. Metodologia	11
2.1 Ścieżki dekarbonizacji	11
2.1.1 Zasadnicze cele klimatyczne i redukcja paliw kopalnych	11
2.1.2 Rozwój ścieżek	12
2.2 Kluczowe wskaźniki	13
2.3 Modelowanie europejskiego sektora budowlanego: model BEAM ²	14
2.3.1 Dane wejściowe dla modelu sektora budowlanego	14
2.3.2 Określenie szczytowego obciążenia elektrycznego	21
2.3.3 Założenia i obliczenia kosztów dotyczących infrastruktury	22
2.4 Dodatkowe oceny	22
2.4.1 Kwestie społeczne	22
2.4.2 Oceny państw	23
3. Wyniki	24
3.1 Emisje GHG (2030/2050)	24
3.2 Rozwój miksu technologii	24
3.2.1 Ścieżka A	24
3.2.2 Ścieżka B	25
3.3 Wpływ na infrastrukturę	26
3.4 Zużycie paliw gazowych w perspektywie czasu	28
3.5 Derywacja kosztów ze ścieżek	28
3.6 Niezbędna siła robocza	29
4. Kwestie dodatkowe	30
4.1 Aspekty społeczne	30
4.2 Aspekty regionalne	32
4.2.1 Niemcy	32
4.2.2 Francja	34
4.2.3 Włochy	36
4.2.4 Hiszpania	37
4.2.5 Polska	39
5. Wnioski	40
6. Zalecenia dotyczące polityki	44
Załącznik A. Dane wejściowe Model BEAM	A-38
A.1 Budynki referencyjne	A-38

A.1.1	Definicja budynków referencyjnych.....	A-38
A.1.2	Poziomy efektywności powłoki budynku	A-40
A.1.3	Efektywność powłoki budynku (przykładowa dla strefy zachodniej)	A-45
A.2	Założenia ekonomiczne.....	A-46
A.2.1	Koszt inwestycji	A-46
A.2.2	Ceny energii.....	A-47
A.3	Dalsze dane	A-49
A.3.1	Czynniki emisji	A-49
A.4	Dodatkowe dane wyjściowe	A-49
A.4.1	Wskazania dotyczące rozwoju liczby systemów grzewczych na ścieżkę	A-49
A.4.2	Względy społeczne.....	A-50
Załącznik B Aspekty regionalne.....		A-52

Lista Tabel

Tabela 1 Cztery ścieżki renowacji	30
Tabela 2: Dom jednorodzinny (SFH), istniejące budynki na strefę referencyjną.....	A-38
Tabela 3: Mały dom wielorodzinny (SMFH), istniejące budynki na strefę referencyjną	A-38
Tabela 4: Duży dom wielorodzinny (LMFH), istniejące budynki na strefę referencyjną	A-39
Tabela 5: Dom jednorodzinny (SFH), nowe budynki na strefę referencyjną.....	A-39
Tabela 6: Mały dom wielorodzinny (SMFH), nowe budynki na strefę referencyjną.....	A-39
Tabela 7: Duży dom wielorodzinny (LMFH), nowe budynki na strefę referencyjną	A-39
Tabela 8: Budynki referencyjne niemieszkalne	A-40
Tabela 9: Efektywność cieplna budynku dla strefy referencyjnej i grupy wiekowej - budynki mieszkalne, nieremontowane	A-41
Tabela 10: Efektywność energetyczna budynku według strefy odniesienia i grupy wiekowej - budynki niemieszkalne, nieremontowane	A-42
Tabela 11: Efektywność energetyczna budynku dla strefy referencyjnej i grupy wiekowej - Budynki mieszkalne, po renowacji.....	A-42
Tabela 12: Efektywność energetyczna budynku według strefy odniesienia i grupy wiekowej - budynki niemieszkalne, modernizacja ambitna.....	A-43
Tabela 13: Efektywność powłoki budynku dla strefy referencyjnej - budynki mieszkalne i niemieszkalne, poziomy modernizacji.....	A-44
Tabela 14: Efektywność energetyczna budynku w strefie referencyjnej - budynki mieszkalne i niemieszkalne, poziomy nowych konstrukcji.....	A-45
Tabela 15 Czynniki ekstrapolacji kosztów inwestycyjnych	A-47
Tabela 16 Cena energii na strefę	A-47
Tabela 17 Wskaźniki emisji w roku zerowym dla każdej strefy	A-49
Tabela 18: Wskazanie liczby systemów grzewczych w zasobach budowlanych (ścieżka A)A-49	
Tabela 19: Wskazanie liczby systemów grzewczych w zasobach budowlanych (ścieżka B)A-50	

Lista rysunków

Rys. 1 Strefy referencyjne dla EU-27	16
Rys. 2 Średnie miesięczne temperatury klimatów odniesienia w Strefach referencyjnych ...	17
Rys. 3 Przykładowe poziomy renowacji, wyrażone poprzez zapotrzebowanie na energię SFH w strefie Zachodniej	18
Rys. 4 Różnice w średnim zapotrzebowaniu na energię pomiędzy standardami ścieżki A i ścieżki B	19
Rys. 5 Udział każdego ze standardów remontowych w ścieżkach	19
Rys. 6 Bezpośrednie emisje CO ₂ w europejskim sektorze budowlanym	24
Rys. 7 Rozwój systemów grzewczych (na m ²) dla ścieżki A	24
Rys. 8 Rozwój systemów grzewczych (na m ²) dla ścieżki B	26
Rys. 9 Porównanie końcowych obciążeń szczytowych wywołanych przez pompy ciepła	27
Rys. 10 Oszczędności kosztów infrastruktury energetycznej dla ścieżki B	27
Rys. 11 Całkowite zapotrzebowanie na gaz dla Ścieżek A i B (UE)	28
Rys. 12 Oszczędności kosztowe ścieżki B w porównaniu z A	29
Rys. 13 Przypadek 1 (pompa ciepła + remont 1-stopniowy) w porównaniu z przypadkiem 3 (hybrydowa pompa ciepła + remont etapowy)	31
Rys. 14 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych w Niemczech dla ścieżki B w porównaniu z A	33
Rys. 15 Łączne oszczędności kosztowe* w Niemczech dla ścieżki B do roku 2050	33
Rys. 16 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych we Francji dla ścieżki B w porównaniu z A	35
Rys. 17 Łączne oszczędności kosztowe* we Francji dla ścieżki B do roku 2050	35
Rys. 18 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych we Włoszech dla ścieżki B w porównaniu z A	37
Rys. 19 Łączne oszczędności kosztowe* we Włoszech dla ścieżki B do roku 2050	37
Rys. 20 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych w Hiszpanii dla ścieżki B w porównaniu z A	38
Rys. 21 Łączne oszczędności kosztowe* w Hiszpanii dla ścieżki B do roku 2050	38
Rys. 22 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych w Polsce dla ścieżki B w porównaniu z A	40
Rys. 23 Łączne oszczędności kosztowe* w Polsce dla ścieżki B do roku 2050	40
Rys. 24 Dom jednorodzinny (SFH)	A-45
Rys. 25 Duży dom wielorodzinny (LMFH)	A-46
Rys. 26 Budynek biurowy	A-46
Rys. 27 Stosowany wskaźnik cen energii 2020-2050 (przykład dla strefy zachodniej)	A-48
Rys. 28 Stosowany wskaźnik cen energii 2020-2050 dla "nowych paliw"	A-48
Rys. 29 Przypadek 1 (pompa ciepła + remont jednoetapowy) vs. przypadek 2 (pompa ciepła + remont etapowy)	A-50
Rys. 30 Przypadek 1 (pompa ciepła + remont jednoetapowy) vs. przypadek 4 (kocioł kondensacyjny + remont etapowy)	A-51

Streszczenie

Kryzys klimatyczny i niedawne napięcia geopolityczne wymagają bezprecedensowych starań w celu szybkiej redukcji emisji i zużycia paliw kopalnych – w czym budynki są kluczowym segmentem. Główne elementy osiągnięcia tego celu to zwiększenie efektywności energetycznej w budynkach i systemach ogrzewania w połączeniu z przyspieszoną zmianą paliw i wprowadzaniem większego udziału energii odnawialnej. Poprzez pakiety Fit for 55 oraz REPowerEU, UE pracuje nad ustanowieniem polityki ramowej wraz z zobowiązaniem do osiągnięcia gospodarki zeroemisyjnej netto do 2050 roku, jak określono w europejskim Prawie Klimatycznym (Rozporządzenie UE 2021/119), oraz uniezależnienia się od importu rosyjskich nośników energii w sposób szybki i efektywny kosztowo.

Niniejsze opracowanie szczegółowo omawia ścieżki dekarbonizacji ogrzewania w sektorze budowlanym, spełniające cele tych polityk. Podejście łączy w sobie model odzwierciedlający europejski sektor budowlany z analizą wpływu na infrastrukturę elektryczną i gazową. Dodatkowo, ocenie poddano opcje dekarbonizacji ogrzewania z etapową, głęboką renowacją poszczególnych budynków oraz zdolnością finansową dla gospodarstw domowych, w kontekście uwzględnienia akceptacji społecznej. Główne wskaźniki obejmują inwestycje w działania na rzecz efektywności energetycznej i w systemy ogrzewania, koszt ogrzewania dla gospodarstw domowych, łączną konsumpcję, oraz wpływ systemów ogrzewania na obciążenie szczytowe, wraz z wynikającymi z tego inwestycjami w infrastrukturę elektryczną i gazową.

Ocena obejmuje dwie ścieżki. Ich wspólnym elementem jest kluczowa, krótko- i długofalowa rola elektrycznych pomp ciepła. Dodatkowo, obie ścieżki koncentrują się na środkach efektywności energetycznej w budynkach, w tym instalacji efektywnych wymienników ciepła (ogrzewanie podłogowe, grzejniki niskotemperaturowe), jeśli są konieczne, zdecydowanej redukcji zużycia paliw gazowych w porównaniu z obecnym poziomem oraz wprowadzeniem alternatyw opartych na OZE i wzmocnieniu sieci energetycznych. Różnica polega na tym, że ścieżka A zakłada bardzo wysoki poziom elektryfikacji z pompami ciepła i niewiele miejsca dla innych technologii lub nośników energii. W ramach ścieżki B, elektryfikacja poprzez pompy ciepła odgrywa zasadniczą rolę, ale zwiększeniu ulega też tempo wymian systemów ogrzewania ukierunkowanych na stare, nieefektywne kotły. Dodatkowo, przejście na inne rodzaje paliw wspierane jest przez hybrydowe rozwiązania grzewcze – szczególnie w budynkach, które nie są jeszcze gotowe na pełne wykorzystanie pompy ciepła – oraz rozważany jest znaczący wkład zielonych gazów. Zielone gazy ekologiczne są też stosowane w kotłach przygotowanych do współpracy z źródłami odnawialnymi (technologia modelowa), oraz w zasilanych termicznie pompach ciepła, mikro-kogeneracji i ogniach paliwowych (rozważanych jakościowo).

Analiza kończy się wnioskiem, że ścieżka B pozwala osiągnąć cele Fit-for-55 i REPowerEU w sposób łatwiejszy, tańszy i bardziej akceptowalny społecznie, jak również bardziej elastyczny niż ścieżka A, przy łącznych korzyściach kosztowych przekraczających **520 miliarda EUR do roku 2050**. Dodatkowo, wykorzystanie różnorodnych technologii w ramach ścieżki B zmniejsza obciążenie szczytowe przez ogrzewanie o ponad 50% - oceniane podczas bez bezwietrznego i ciemnego, zimowego tygodnia. Najszybciej ulega zmniejszaniu też wykorzystanie gazu ziemnego, umożliwiając 45% zmniejszenie zużycia gazu ziemnego w 2030 r.

Szczegółowe informacje:

- Obie ścieżki pozwalają na redukcję zużycia gazu ziemnego o ponad **40% w 2030 r, oraz emisji CO₂ o 60%**, w porównaniu z rokiem 2020, głównie poprzez przyspieszenie wprowadzenia hydraulicznych pomp ciepła oraz przyspieszenie wymian starych, nieefektywnych kotłów. Ścieżka B jest bardziej wykonalna, gdyż

wprowadzenie pomp ciepła ułatwia większy udział hybrydowych pomp ciepła i hybrydyzacji, oraz wykorzystanie większej różnorodności efektywnych i opartych na źródłach odnawialnych technologii ogrzewania, co pomaga w pokonaniu istotnych ograniczeń z powodu systemu elektrycznego oraz stanu technicznego budynków. Dodatkowo, zapewnia najszybszą redukcję gazu ziemnego (-45% do 2030).

- Ścieżka B jest bardziej praktyczna i tańsza, dlatego może zwiększyć społeczną akceptację dla działań na rzecz dekarbonizacji. Zwiększone działania na rzecz zwiększania efektywności są istotne i ważne pod kątem przygotowania budynków na bieżącą transformację. Jednak znaczący udział instalacji hybrydowych umożliwia elektryfikację tej części budynków, która nie nadaje się jeszcze do instalacji samodzielnych, elektrycznych pomp ciepła. Powłoki [budynków] można poprawić na późniejszym etapie, ale poprzez to podejście można wcześniej uzyskać istotny potencjał dekarbonizacji. Większa różnorodność technologii umożliwi indywidualne dopasowanie ścieżek dekarbonizacji do poszczególnych budynków, co jest odpowiedzią na złożoność heterogenicznej zabudowy oraz rozkładu potencjału ekonomicznego gospodarstw domowych. W przypadku instalacji hybrydowych, przy inwestycjach początkowych niższych niż w przypadku głębokiej renowacji, zużycie gazu (lub oleju) można zmniejszyć o 70-90%. Późniejsze inwestycje mogą pogłębić zakres renowacji w ramach etapowych, głębokich renowacji prowadzących do uzyskania finalnie budynków zeroemisyjnych.
- Ścieżka B osiąga pełną dekarbonizację do roku **2050, jednocześnie zmniejszając ogólny koszt systemowy**. Dywersyfikacja technologii – szczególnie dzięki systemom hybrydowym – zmniejsza ograniczenia związane z efektywnością wytwarzania energii elektrycznej. Przy 133 GW, w ścieżce B dodatkowe obciążenie szczytowe wskutek ogrzewania elektrycznego jest o 54% niższe niż ścieżce A. Oznacza to niższe inwestycje w wytwarzanie stałego, dodatkowego obciążenia szczytowego oraz możliwości przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej.
- Do roku 2050 Ścieżka B wymaga **mniej niż jednej trzeciej obecnego zużycia paliw gazowych w sektorze grzewczym, bez wykorzystywania gazu ziemnego**. Całkowite zapotrzebowanie na gazy odnawialne (biometan i wodór) do roku 2050 wyniesie 395 TWh/rok. Paliwa te pochodzą będą ze źródeł odnawialnych, takich jak wiatr i fotowoltaika, oraz z surowców odpadowych, przy zróżnicowanej podaży przewidzianej w pakietach Fit-for-55 oraz REPowerEU.

Aby wprowadzić UE na optymalną ścieżkę do celów REPowerEU oraz Fit-for-55, skorygowane ramy regulacyjne powinny:

1. Przyspieszyć dekarbonizację budynków poprzez najbardziej wydajną kosztowo dywersyfikację działań, która umożliwi ją też w zakresie budynków „trudnych do zredukowania” pozostając przy tym w ramach pozostałego budżetu węglowego.
2. Umożliwić zastosowanie szerokiego, systemowego mixu wysoce wydajnych, przygotowanych na wykorzystanie źródeł odnawialnych i przyszłościowych technologii ogrzewania, oraz zabezpieczyć efektywną transformację w kierunku zdekarbonizowanego systemu energetycznego
3. Promować szybką wymianę (ok. 6% rocznie) nieefektywnych źródeł ciepła i optymalizację hydraulicznych systemów ogrzewania z pompami ciepła, hybrydowymi pompami ciepła, rozwiązaniami gotowymi na zastosowanie gazów odnawialnych oraz innymi kluczowymi technologiami dekarbonizacji ogrzewania
4. Wspierać niezbędne, wstępne inwestycje w wyższą efektywność budynków, efektywne i przygotowane do współpracy ze źródłami odnawialnymi systemy ogrzewania, oraz dostępność finansową transformacji systemu energetycznego dla użytkowników końcowych

5. Zapewnić dostępność niezbędnej, wykwalifikowanej siły roboczej poprzez szkolenia w sektorze prywatnym i publicznym oraz inicjatywy dotyczące zmian kompetencji
6. W zakresie powłok budynków, ważne jest, by zmierzać do najbardziej korzystnych kosztowo działań na rzecz efektywności energetycznej w celu osiągnięcia pożądanych standardów efektywności określonych w dyrektywie dla efektywności energetycznej budynków.
7. Stymulować rozwój odnawialnych źródeł w elektroenergetyce i ocenę wpływu elektryfikacji ogrzewania i jej potencjału dla definiowania elastyczności popytu w planowaniu sieci
8. Stymulować rozwój gazów ekologicznych i zapewnić dostępność odpowiednio ich określone ilości dla sektora ogrzewania w celu osiągnięcia celów na lata 2030 i 2050. Wspierać adaptację infrastruktury do dystrybucji energii i gazu w sensie zwiększania efektywności systemu i integracji sektorów. W odpowiednich przypadkach wspierać dalszy udział operatorów sieci lokalnych w planowaniu regionalnym
9. Poprzez polityki produktowe i klimatyczne (ekoprojekt i etykiety energetyczne) wspierać innowacje i wprowadzanie wysokoefektywnych technologii grzewczych, dostosowanych do wykorzystania na bezemisyjnych nośnikach energii, w tym „gotowości” do pracy z wykorzystaniem wodoru
10. Zapewnić, że wysoka efektywność systemów ogrzewania będzie zagwarantowana w trakcie eksploatacji.

1. Wstęp

Dekarbonizacja w sektorze budowlanym – a przez to w ogrzewaniu¹ – jest niezbędna. A jednak, póki co okazuje się być jednym z najbardziej wymagających aspektów europejskiej transformacji energetycznej. Złożony charakter dekarbonizacji tego sektora zwiększają wysokie koszty początkowe, długie cykle inwestycyjne oraz sytuacyjne różnice w przypadku każdego z budynków. Nie ma jednego, uniwersalnego rozwiązania.

Złożoność ta spowolniła wprowadzanie środków dekarbonizacji dla sektora w ostatnich latach. Aby zrealizować unijne ambicje sformułowane dla programu Fit-for-55 oraz planu celów klimatycznych (CTP)² w postaci 60% redukcji bezpośredniej emisji gazów cieplarnianych w sektorze energetycznym i budowlanym w 2030 w porównaniu z 2015 trzeba działać teraz. Dodatkowo wojna na Ukrainie wywołała dyskusję o zależności od paliw kopalnych, a Komisja Europejska tworzy w ramach REPowerEU strategię szybkiego uniezależnienia się od importu rosyjskich nośników energii.

Nie ma wątpliwości, że elektryfikacja ogrzewania poprzez pompy ciepła będzie kluczowa dla osiągnięcia tych celów. Jednak wciąż nie jest jasne, która ścieżka dekarbonizacji jest najbardziej odpowiednia pod względem opłacalności kosztowej i wykonalności praktycznej. Europejskie Stowarzyszenie Branży Grzewczej (EHI) chce wspierać tą dyskusję oferując swoją znajomość branży. EHI zleciła Guidehouse opracowanie niniejszego badania w celu określenia najbardziej efektywnej kosztowo i skutecznej ścieżki dekarbonizacji dla europejskiego sektora grzewczego. W ocenie uwzględniono nie tylko kluczową rolę pomp ciepła i izolacji budynków, ale też opcje dekarbonizacji takie, jak sieci ciepłownicze, gazy odnawialne i zdekarbonizowane, systemy ogrzewania kolektorami słonecznymi, wydajne wykorzystanie bioenergii (np.: biomasy i biopłynów) oraz innowacyjne technologie grzewcze (np. termiczne pompy ciepła i ogniwa paliwowe).

W tym celu Guidehouse wymodelował i porównał dwie ścieżki dekarbonizacji sektora budowlanego. Ścieżka A koncentruje się na wysokim stopniu elektryfikacji, nie pozostawiając wiele miejsca dla innych alternatywnych technologii lub nośników energii. Ścieżka B rozpatruje wysoką elektryfikację polegającą na jej optymalizacji poprzez bardziej dostępne rozwiązania. Obejmuje to znaczący udział hybrydowych systemów ogrzewania, ale też wykorzystanie innych technologii ogrzewania i nośników energii. Ponadto zasadnicze elementy obu ścieżek zwiększają działania w celu zwiększania efektywności energetycznej w powłokach budynków. Oprócz tego, bardziej wydajne wymienniki ciepła, tj. ogrzewanie podłogowe i grzejniki odgrywają ważną rolę, wspomagając gotowość budynków na stosowanie ogrzewania niskotemperaturowego. Dodatkowo, instalacja systemów ciepłych wykorzystujących ciepło z promieniowania słonecznego, może zredukować potrzebę dalszego wykorzystania energii elektrycznej lub pochodzącej z paliw.

W poniższym punkcie przedstawiono szczegółowe informacje o zastosowanych narzędziach i metodologii, wyniki znaleźć można w punkcie 3. Dodatkowe aspekty społeczne i regionalne omówiono w punkcie 4. Następnie przedstawiono ostateczne wnioski z analizy, a raport wieńczy zalecenia dotyczące polityki i działań niezbędnych dla umożliwienia dekarbonizacji sektora grzewczego na proponowanej ścieżce.

¹ Ogrzewanie przestrzeni i ciepłej wody użytkowej stanowi ok. 80% zużycia energii w budynkach.

² CTP określa cel -55% emisji do 2030 r. (w porównaniu z 1990), a pakiet Fit-for-55 ma na celu podporządkowanie ustawodawstwa unijnego celowi na 2030 r. Zakłada się, iż sektor budowlany i grzewczy w 2030 r. będą emitować 60% mniej emisji bezpośrednich (w porównaniu z 2015).

2. Metodologia

Niniejsze opracowanie porównuje dwie ścieżki dekarbonizacji europejskiego sektora budowlanego do 2050 r. Celem analizy jest określenie najkorzystniejszej ścieżki. Koncentruje się na wywieranym przez wybrany system ogrzewania wpływie na koszty społeczne oraz dostępność zasobów sieci energetycznych. Dodatkowo uwzględniane są kwestie społeczne.

Dwie ścieżki dekarbonizacji określono w punktach 2.1 oraz 2.1.2. Porównanie ma określić, która ścieżka jest najkorzystniejsza dla Europy – z perspektywy społeczeństwa, systemu energetycznego oraz konsumenta końcowego. W punkcie 2.2 wymieniono kluczowe wskaźniki, takie jak koszt całkowity lub obciążenie szczytowe sieci energetycznej. Wskaźniki te przeanalizowano za pomocą modelu reprezentującego europejski sektor grzewczy (por. punkt 2.3). Na końcu przedstawiono dodatkowe oceny uzupełniające ocenę ilościową: kwestie społeczne i regionalne, opisane w punkcie 2.4.

2.1 Ścieżki dekarbonizacji

Analizowane ścieżki muszą osiągnąć te same cele klimatyczne oraz redukcję paliw kopalnych, jak również inne cele sformułowane przez Komisję Europejską. Jednak w celu ich osiągnięcia każda ze ścieżek stosuje inne środki, np. koncentrując się na zastosowaniu różnych systemów ogrzewania. W pierwszej kolejności określono wspólne cele, następnie sformułowano poszczególne ścieżki.

2.1.1 Zasadnicze cele klimatyczne i redukcja paliw kopalnych

Niniejsze opracowanie uwzględnia następujące cele emisji gazów cieplarnianych dla przyszłości sektora budowlanego:

- 2030 – CTP określa łączny cel dla sektora energetycznego i budowlanego, jako 60% redukcja emisji bezpośredniej w porównaniu z rokiem 2015. Emisje bezpośrednie to paliwa kopalne spalane na miejscu, co wyklucza energie elektryczną i sieci ciepłownicze (emisje pośrednie).
- 2050 – EPBD³ ustala cel, zgodnie z którym wszystkie budynki powinny być zero emisyjne do 2050, a dla wszystkich budynków należy stosować neutralne węglowo nośniki energii.

Aby osiągnąć te cele zostały zdefiniowane dwie ścieżki dekarbonizacji sektora budowlanego. W punkcie 2.1.2 opisano różnice pomiędzy tymi ścieżkami. Jednakże istnieją też między nimi podobieństwa. Obie ścieżki zakładają takie samo tempo renowacji w modelowaniu.

Obie ścieżki dzielą również ze sobą pewne założenia dotyczące przyszłości nowo instalowanych systemów ogrzewania. Elektryfikacja będzie jednym z najważniejszych elementów dekarbonizacji sektora budowlanego. Inne istotne źródła ciepła to kotły i piece spalające drewno oraz sieci ciepłownicze. Nowo instalowane kotły olejowe będą ograniczone, gdyż przewiduje się, iż urzędnicy zakażą nowych instalacji kotłów olejowych, jeśli nie będą one w stanie pracować na paliwach odnawialnych. Nowe budynki będą wyposażone głównie w pompy ciepła. Od roku 2030 pompy ciepła będą stanowić system ogrzewania o najwyższym udziale w budynkach. Nastąpi przejście od konsumentów do prosumentów. Systemy grzewcze będą rozwiązaniami coraz bardziej zintegrowanymi z fotowoltaiką montowaną dachach⁴ oraz z systemami zarządzania energią.

³ Dyrektywa dotyczące efektywności energetycznej budynków EPBD

⁴ uznaje się, że fotowoltaika instalowana na dachu zasila sieć i nie jest uwzględniana w kalkulacjach kosztów

Ponadto spełnione zostaną cele określone w REPowerEU, istotne dla sektora energetycznego lub pozostające pod jego wpływem. Oznacza to instalację dodatkowych 30 milionów pomp ciepła w budynkach do 2030 r. oraz znaczące zmniejszenie wykorzystania gazu ziemnego do ogrzewania budynków.

Uwzględniono też zaktualizowane cele dla dostępności biometanu i wodoru w 2030.

2.1.2 Rozwój ścieżek

Niniejsze opracowanie skupia się na dwóch ścieżkach zwanych A i B. Obie ścieżki cechują się podobnymi założeniami w zakresie nowych budynków. Zakładają takie same tempo budowy i efektywność energetyczną nowych budynków. Dodatkowo, efektywności systemów ogrzewania i tempo remontów są niezależne od ścieżki. Ścieżki A i B różnią się pod względem mixu energetycznego w ogrzewaniu, udziału gazów ekologicznych, tempa wymiany ogrzewania i standardu renowacji. W punktach 2.1.2.1 i 2.1.2.2 omówiono szczegółowo różnice między obiema ścieżkami.

2.1.2.1 Ścieżka A

Pierwsza ścieżka – ścieżka A – koncentruje się na zastosowaniu elektrycznych pomp ciepła dla sektora grzewczego, dlatego stanowi rozwiązanie dominujące obecnie w wielu debatach na temat dekarbonizacji budynków. Inne technologie, takie jak sieci ciepłownicze i kotły na biomasę, są wciąż istotne, ale elektryczne pompy ciepła są zdecydowanie dominującą technologią. Jeśli istnieje konieczność wymiany systemu ogrzewania budynku, ścieżka A zakłada, że zawsze preferuje się wymianę na elektryczną pompę ciepła zamiast wykorzystania innych technologii.

Tylko w wyjątkowych przypadkach zamiast elektrycznych pomp ciepła wybierać się będzie inną instalację grzewczą, np. jeśli dostępna jest sieć ciepłownicza lub stan instalacji elektrycznej budynku wymusza zastosowanie kotła na biomasę.

W ścieżce A rola gazu ziemnego i ekologicznego jest ograniczona. Niektóre kraje mają w planie praktycznie zakaz stosowania kotłów gazowych, powodując znaczące zmniejszenie liczby zainstalowanych kotłów gazowych. W ścieżce A zakładamy, że twórcy polityki nadają priorytet innym przypadkom wykorzystania gazów ekologicznych, np. w transporcie i niektórych sektorach przemysłu ciężkiego, uznawanych za trudniejsze do bezpośredniej elektryfikacji. Przekłada się to na zaledwie 3% udział gazu ekologicznego w 2030 r. W 2050 zakłada się całkowitą eliminację gazu. Do tego czasu udział gazu w systemach grzewczych ograniczać się będzie jedynie do małej części systemów hybrydowych i pozostałych w eksploatacji kotłów bazujących na procesie spalania. Spowoduje to demontaż infrastruktury gazowej na poziomie sieci dystrybucyjnej, pozostawiając jedynie jej lokalne części dla przemysłu.

Zakłada się tempo wymiany systemów ogrzewania wynoszące 4,4% w 2030 r., co oznacza wzrost o ok. 30% w porównaniu z aktualnym tempem wymiany na poziomie 3,5%. Jest to niezbędne, pomimo że większość nowo instalowanych systemów stanowią pompy ciepła, dla osiągnięcia redukcji emisji bezpośrednich określonej w CTP.

Aby umożliwić zastosowanie technologii elektrycznych pomp ciepła niezbędna będzie gruntowna renowacja budynków. Norma dla gruntownie remontowanych budynków jest zgodna ze standardem dla budynków zeroemisyjnych (ZEB) określoną w EPBD. Elektryczne pompy ciepła będą też instalowane w mniej efektywnych energetycznie budynkach, w przypadkach niedostępności sieci ciepłowniczych lub biomasy stałej. Ostateczna mix i poziom ambicji dla renowacji przedstawia podpunkt 2.3.1.3.

Z uwagi na skupienie na elektrycznych pompach ciepła, istnieje konieczność rozbudowy elektrycznej sieci zasilającej, wykraczającej poza rozbudowę niezbędną dla rozwoju energii odnawialnej po stronie podaży oraz elektryfikacji innych sektorów, takich jak mobilność.

Rozbudowa ta konieczna jest do zapewnienia bezpieczeństwa podaży, również podczas zimnych, zimowych dni, poprzez zapewnienie dostaw energii w trakcie szczytowego zapotrzebowania. Rozbudowę sieci elektrycznej uzupełniają uruchomienie dodatkowych możliwości wytwarzania, zapewniające dostępność energii w okresach szczytowych. Sieć i możliwości wytwarzania będą szczególnie obciążone podczas bezwietrznych, zimowych tygodni, kiedy produkcja elektryczności ze źródeł odnawialnych jest ograniczona, a zapotrzebowanie na ciepło wysokie. Zakładaną skalę rozbudowy sieci i dodatkowych możliwości wytwarzania obliczono dla zapotrzebowania elektrycznych pomp ciepła podczas bezwietrznych, zimowych tygodni (metodologię obliczania szczytowego zapotrzebowania opisano w punkcie 2.3.2 poniżej).

2.1.2.2 Ścieżka B

Ścieżka B nie koncentruje się na jednej technologii, przewidując zrównoważony mix technologii do ogrzewania budynków. Oprócz elektrycznych pomp ciepła ścieżka B uwzględnia też inne technologie, takie jak instalacje hybrydowe i kotły o wysokiej wydajności. Szczególnie istotną rolę odgrywają tu hybrydowe pompy ciepła. Dodatkowo, termiczne pompy ciepła i mikro-kogeneracja (w tym ogniwa paliwowe) posiadają udział większy niż w ścieżce A. W celu dekarbonizacji budynków dzięki temu mixowi technologii ścieżka B wymaga znacznych ilości gazów ekologicznych, mianowicie biometanu i wodoru. W roku 2030 udział gazów ekologicznych powinien już wynosić 19% całkowitego zapotrzebowania na gaz dla sektora budowlanego. Organy nadzoru będą w mniejszym stopniu sprzeciwiać się instalacji nowych, kondensacyjnych kotłów gazowych, jeśli są one przygotowane do pracy ze źródłami odnawialnymi, a elektryfikacja nie będzie efektywnym rozwiązaniem w danej lokalizacji.

Ścieżka B zakłada wymianę systemów grzewczych na poziomie 6% w 2030 r. Towarzyszy temu koncentracja na wymianie starych, nieefektywnych systemów ogrzewania. W ten sposób możliwa jest znacząca redukcja emisji w ciągu kilku lat – bez konieczności szeroko zakrojonej zmiany nośnika energii. Hybrydyzacja (instalacja pompy ciepła w połączeniu z już istniejącym, efektywnym gazowym kotłem kondensacyjnym) umożliwia szybsze wywarcie wpływu na istniejące systemy ogrzewania, jeśli ich czas użytkowania jeszcze nie upłynął.

Wykorzystanie gazów ekologicznych i systemów hybrydowych umożliwia niższy, średni zakres prac remontowych, co zmniejsza nacisk na budynki „trudne do zredukowania”. Z tego względu ścieżka B pozwala na niższy początkowy zakres remontów niż ścieżka A, przy zachowaniu ambitnego poziomu ZEB do roku 2050. Ostateczny mix i poziom ambicji dla remontów przedstawiono w podpunkcie 2.3.1.3.

Wpływ na sieć zasilającą jest niższy, niż w przypadku ścieżki A. Dzięki wykorzystaniu różnych technologii zmniejszeniu ulegnie szczytowe zapotrzebowanie na energię elektryczną, a przez to inwestycje w sieć przesyłową i dystrybucyjną i możliwości wytwarzania energii. Tym niemniej, konieczna będzie modernizacja sieci gazowej i systemów ogrzewania, umożliwiającą zastosowanie ekologicznego wodoru. Oprócz modernizacji niektórych gazociągów do dedykowanych sieci wodorowych, ścieżka ta nie przewiduje budowy nowej, dedykowanej infrastruktury.

2.2 Kluczowe wskaźniki

Ścieżki A i B zakładają różne drogi dekarbonizacji w celu osiągnięcia celów klimatycznych w latach 2030 i 2050. W celu porównania, która z tych dwóch ścieżek jest korzystniejsza z perspektywy społecznej oraz poszczególnych gospodarstw domowych, zastosowano wskaźniki „kosztu dla klienta końcowego” oraz „kosztu systemowego”.

Koszty klienta końcowego odzwierciedlają koszty, jakie muszą ponieść klienci. Koszty te obejmują inwestycje w powłoki budynków, wymiany systemów ogrzewania i zużycie energii. Koszty systemowe oznaczają dodatkowe koszty infrastruktury systemu

Koszty modernizacji powłoki budynku uzależnione są od skali remontów w ramach danej ścieżki oraz uzyskania niezbędnych poziomów izolacji. Koszty systemu ogrzewania oparte są na połączeniu ogrzewania wg. danej ścieżki oraz tempie wymiany, co oznacza rodzaj i ilość zainstalowanych systemów. Koszty energii i infrastruktury uzależnione są od wybranego wariantu zapotrzebowania na ciepło i mixu źródeł energii. Koszty energii uwarunkowane są przez spodziewany rozwój cen dla różnych nośników energii. Modelowanie sektora grzewczego umożliwiło analizę przyszłych kosztów ogrzewania w budynkach.

Zakładamy, że w przyszłości poziom komfortu przebywania w budynkach powinien być podobny do obecnego, co oznacza utrzymanie temperatury wewnątrz budynków na podobnym poziomie. Zapewnienie tego poziomu komfortu podczas bezwietrznych zimowych tygodni stanowi wyzwanie dla zdekarbonizowanego sektora budowlanego, gdzie zapotrzebowanie na ciepło jest wysokie, a produkcja odnawialnej energii elektrycznej będzie ograniczona. W tym okresie niezbędne będą dodatkowe zdolności wytwarzania energii elektrycznej w celu pokrycia dodatkowego zapotrzebowania na elektryczność do ogrzewania. Zdolność tą najprawdopodobniej zapewnią gazy niskowęglowe, gdyż mogą one stanowić element buforowy i uzupełniający dla systemów energii odnawialnej. Systemy krótkotrwałego magazynowania energii elektrycznej, takie jak akumulatory, nie są w stanie zbilansować jednego tygodnia. Mogą jedynie przenosić obciążenie przez kilka godzin, maksymalnie jeden dzień, ale nie więcej przy obecnym poziomie dostępnych technologii. Koszty dodatkowego wytwarzania, niezbędnego w trakcie bezwietrznych zimowych tygodni, są ujęte w koszcie infrastruktury, jak opisano w punkcie 2.3.3.

W obu ścieżkach uwzględniony jest dodatkowy koszt modernizacji infrastruktury gazowej pod kątem przygotowania do pracy z paliwem wodorowym. Jeśli zakładany udział wodoru jest raczej niski i stosowany jest biometan, nie cała infrastruktura gazowa wymaga modernizacji (ogólne zapotrzebowanie na gaz również będzie znacząco niższe); uwzględniono też fakt, iż wodór można wymieszać do 20% obj. w istniejącej sieci gazu ziemnego, a UE już proponuje 3% obj. do 2030 r.⁵. Dodatkowo, koszt tzw. "alei wodorowych" nie został uwzględniony dla sektora budowlanego, gdyż odpowiadać za nie będą inne sektory, takie jak przemysł i transport.

2.3 Modelowanie europejskiego sektora budowlanego: model BEAM²

W celu uzyskania oceny ilościowej jako podstawy dla naszej argumentacji, przeprowadzono modelowanie europejskiego sektora budowlanego. Zastosowany model był już wykorzystywany w różnych badaniach dla Komisji europejskiej, takich jak ocena wpływu EPBD, i nosi nazwę BEAM².

W poniższym punkcie opisano dane wejściowe przyjęte w modelu oraz określono zastosowane wartości początkowe.

2.3.1 Dane wejściowe dla modelu sektora budowlanego

Model BEAM² służy do ilościowego określenia ścieżek oraz danych wejściowych dla kluczowych wskaźników, określonych w punkcie 2.3. Zestaw danych wejściowych/wyjściowych modelu wykorzystano, jako linię odniesienia dla europejskiego sektora budowlanego. Zestaw parametrów przedstawia się następująco:

- **Dane zasobów budowlanych** jako rozkład metrów kwadratowych na budynek referencyjny, grupa wiekowa i technologia ogrzewania na początku roku 2020

⁵ REPowerEU, 2022: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-05/SWD_2022_230_1_EN_autre_document_travail_service_part1_v3.pdf

- **Strefy referencyjne UE**, dzielące Państwa Członkowskie UE na pięć Stref Odniesienia (Strefa Północna, Północno-Wschodnia, Zachodnia, Południowo-Wschodnia oraz Południowa)
- **Dane Klimatyczne** wskazujące średnie miesięczne temperatury w pięciu Strefach Referencyjnych
- **Budynki Referencyjne** dla trzech budynków mieszkalnych (jednorodzinne, małe wielorodzinne, duże wielorodzinne) oraz pięciu niemieszkalnych (Biurowe, handlowo-usługowe, edukacyjne, turystyczne i zdrowotne, inne).
- **Poziomy efektywności powłok budynków** dla budynków referencyjnych oraz ich pierwotny poziom (przed remontem i po remoncie) dla każdej strefy referencyjnej i grupy wiekowej
- **Efektywność systemu ogrzewania** jako efektywność systemów ogrzewania i gorącej wody
- **Ceny energii** dla każdej Strefy Referencyjnej
- **Zmiany współczynnika gazów cieplarnianych i PE** od dziś do 2050 r.
- **Rozwój Zasobów Budowlanych**, czyli sposób, w jaki udział różnych poziomów efektywności energetycznej budynków dla całej powierzchni pomieszczeń będzie zmieniać się we wszystkich zasobach budowlanych w wyniku wybranej ścieżki
- **Koszty inwestycji** dla działań w zakresie zasobów budowlanych i infrastruktury (różne w zależności od strefy klimatycznej)

Oprócz powyższych „niezmiennych” danych wejściowych modelu/warunków brzegowych, ścieżki różnią się w zakresie następujących parametrów:

- **Poziomy efektywności powłoki budynku** dla budynków referencyjnych i ich modernizacji oraz poziomów nowych budynków w każdej strefie referencyjnej i grupie wiekowej będą rozwijać się w ramach ogólnych zasobów budowlanych
- **Dane wejściowe specyficzne dla ścieżki**, np. tempa remontów lub poziomy docelowe remontów
- **Współczynnik gazów cieplarnianych** dla gazu z uwagi na różne udziały gazu ekologicznego

2.3.1.1 Definicja stref UE

Ocena z użyciem modelu BEAM² jest podzielona na pięć stref, obejmujących wszystkie państwa członkowskie EU-27, por. Rys. 1. Wpływ różnych ścieżek obliczany jest dla każdej z tych stref osobno, jako iż niektóre parametry kluczowe (np. klimat, zasoby budowlane itp.) znacząco się różnią, dlatego będą rozpatrywane osobno. Analiza z użyciem BEAM² jest przeprowadzana w rocznych interwałach, do roku 2050.

Rys. 1 Strefy referencyjne dla EU-27



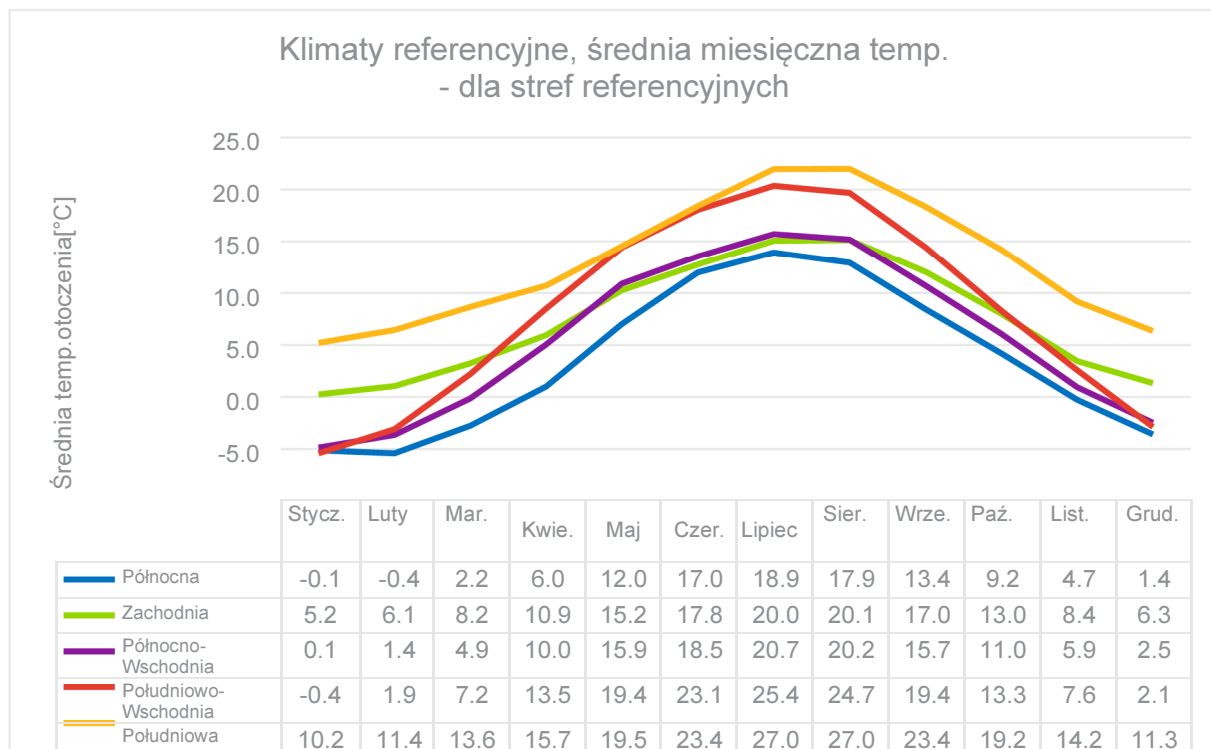
2.3.1.2 Dane klimatyczne

Dla pięciu Stref referencyjnych BEAM², Północnej, Północno-Wschodniej, Zachodniej, Południowo-Wschodniej i Wschodniej, określonych w poprzednim punkcie, wybrano klimaty reprezentatywnych miast. Aby odzwierciedlić zorientowane na przyszłość podejście modelu BEAM², wykorzystano przyszłe dane klimatyczne z 2030 (IPPC, ścieżka B1).

⁶ Północna: Sztokholm; Północno-Wschodnia: Warszawa, Zachodnia: Bruksela; Południowo-Wschodnia: Bukareszt; Południowa: Barcelona

Rys. 2 przedstawia średnie miesięczne temperatury dla wybranych klimatów w poszczególnych Strefach referencyjnych.

Rys. 2 Średnie miesięczne temperatury klimatów odniesienia w Strefach referencyjnych



Dane klimatyczne stanowią podstawę określenia zapotrzebowania na energię w danej kombinacji budynków referencyjnych (RB), grup wiekowych (AG) oraz poziomów modernizacji (RL) co godzinę.

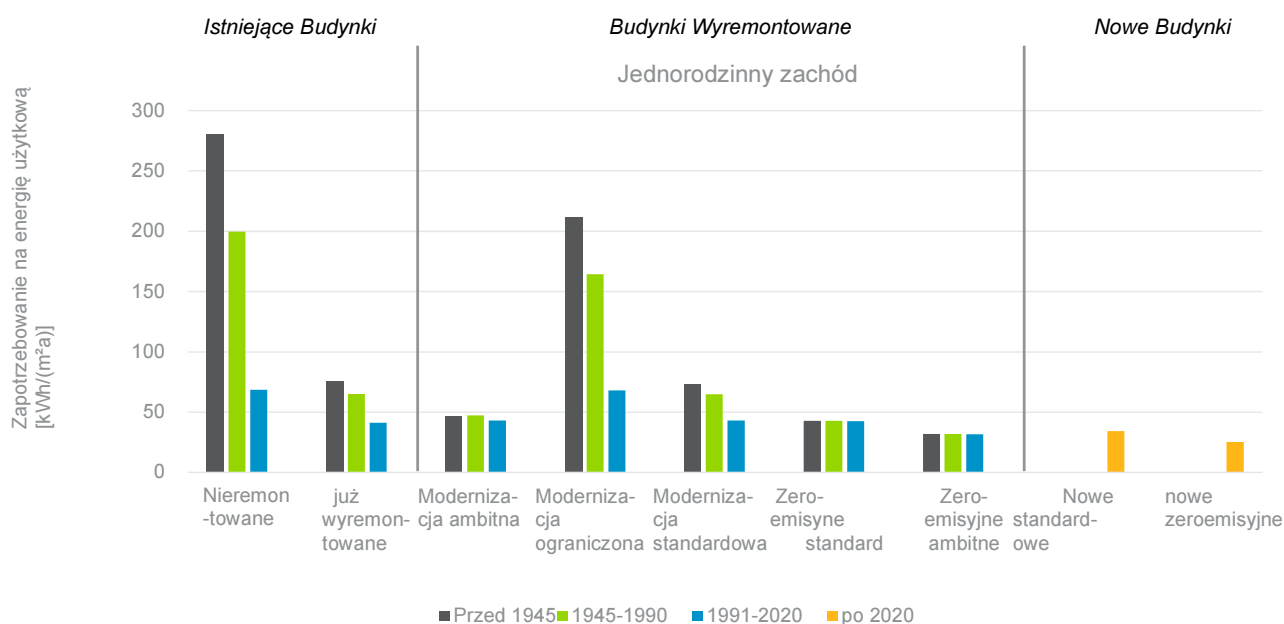
2.3.1.3 Budynki referencyjne

Budynki referencyjne są takie same dla obu ścieżek, jednak udział poszczególnych typów budynków jest inny. Dla modernizacji i poziomów ZEB (zeroemisyny) wybrano dwa różne poziomy ambicji. Rozkład tych rodzajów budynków różni się w zależności od ścieżki. Szczegółowy opis wykorzystanych budynków referencyjnych znaleźć można w Załączniku A.1. Tu przedstawiono wyłącznie przypadek reprezentatywny, w celu wyjaśnienia zastosowanej metodologii (Rys. 3).

Rys. 3 przedstawia różne rozważane kategorie budynków. Zależy to od roku budowy (przed 1945, 1945-1990, 1991-2020 i po 2020) oraz standardu remontowego. Oprócz tego istnieją trzy różne rodzaje budynków, tj. trzy mieszkalne (jednorodzinny, mały wielorodzinny, duży wielorodzinny) oraz pięć niemieszkalnych (biurowe, handlowo-usługowe, edukacyjne, turystyczne i zdrowotne, inne). Dla każdej z nich obliczono odpowiednie kategorie na Rys. 5.

Istniejące zasoby budowlane opisano za pomocą sześciu budynków po lewej stronie. Aby określić zmiany zasobów budowlanych w czasie w modelu zastosowano 30 kategorii budynków „wyremontowanych” oraz dwa typy budynków „nowych” dla nowych budowli.

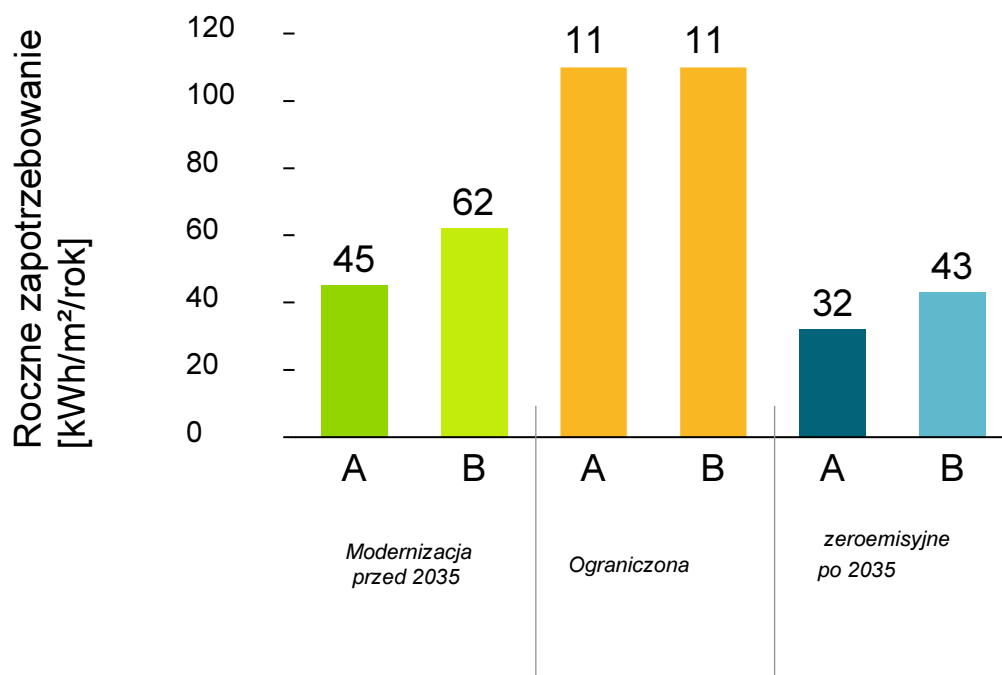
Rys. 3 Przykładowe poziomy renowacji, wyrażone poprzez zapotrzebowanie na energię domu jednorodzinnym w strefie Zachodniej



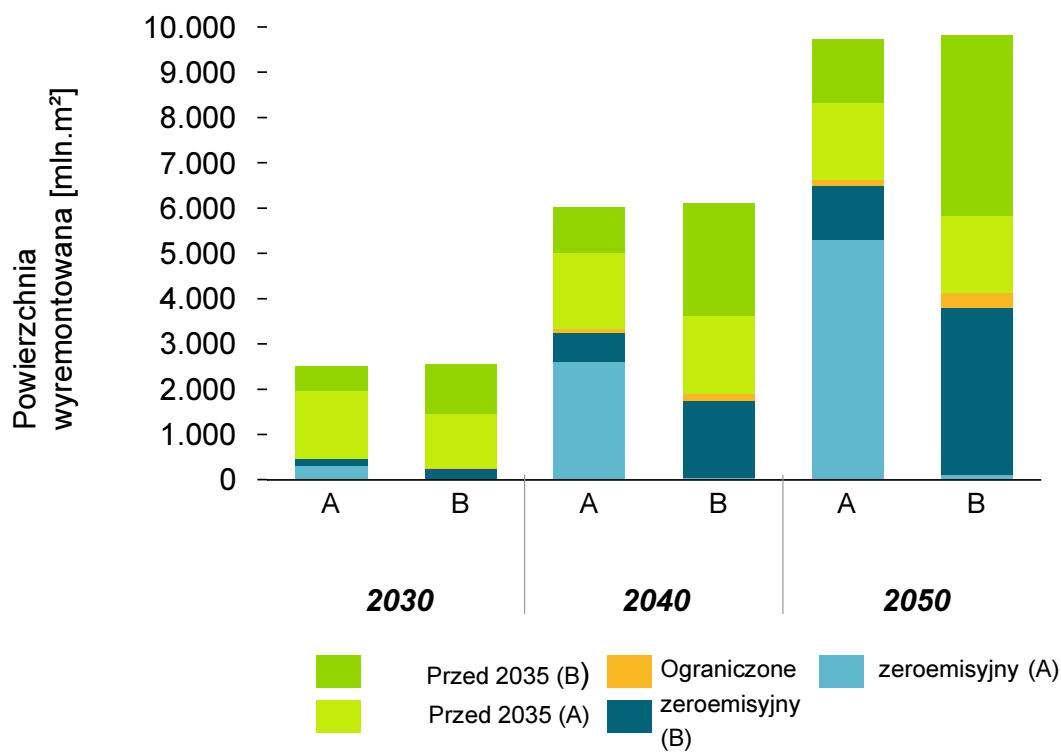
Tempo remontów określa, ile metrów kwadratowych istniejących budynków zmienia się rocznie w budynki wyremontowane, a tempo nowych budynków określa, ile metrów kwadratowych dodatkowych, nowych budynków jest dodawanych co roku. Obie ścieżki cechują się podobnym tempem remontów i ilością nowych budynków, jednak różnią się pod względem udziału każdej z kategorii budynków.

Rys. 4 przedstawia, jaki wpływ na zapotrzebowanie energetyczne mają różne standardy budynków. Wykres na Rys. 5 poniżej przedstawia udział każdego z tych standardów budowlanych w obu ścieżkach. Budynki podobnego typu, ale o różnej skali remontu są oznaczone jako A i B – zgodnie ze scenariuszem, w którym są głównie – ale nie wyłącznie – stosowane.

Rys. 4 Różnice w średnim zapotrzebowaniu na energię pomiędzy standardami ścieżki A i ścieżki B



Rys. 5 Udział każdego ze standardów remontowych w ścieżkach



2.3.1.4 Systemy ogrzewania

Rozpatrywane systemy ogrzewania wymieniono poniżej. Należy wspomnieć, że nowo zainstalowane kondensacyjne kotły gazowe uznaje się za “gotowe do pracy z wykorzystaniem wodoru”. Założono, iż energia słoneczna służy głównie do ogrzewania wody i ma stosunkowo niewielki udział w ogrzewaniu powierzchni.

W niniejszym opracowaniu określenie pompy ciepła obejmuje wszystkie systemy, tj. powietrze-woda, powietrze-powietrze oraz gruntowe. Ponieważ europejskie zasoby budowlane bazują głównie na hydraulicznych systemach ogrzewania, w modelu tym rozpatrywana jest instalacja hydraulicznych pomp ciepła (powietrze-woda, gruntowe). Ich zaletą jest łatwiejsza integracja w istniejących hydraulicznych systemach dystrybucji, większa wydajność w większości konfiguracji budynków oraz możliwość hybrydyzacji istniejących kotłów kondensacyjnych. Dzięki temu rośnie potencjał redukcji CO₂ i prężność systemu energetycznego, a wdrażanie można przeprowadzić szybciej.

Mikro-kogeneracja, np. ogniwa paliwowe i termiczne pompy ciepła nie są wyraźnie rozpatrywane w tym modelu. Odgrywają one istotną rolę dekarbonizacji zasobów budowlanych w przyszłości. Jednak z uwagi na ich obecną, marginalną rolę oraz wczesny etap zaawansowania technologii, nie są rozpatrywane w głównym modelu, a jedynie jakościowo.

W modelu rozpatrywane są następujące źródła ciepła:

- Paliwo gazowe⁷, technika kondensacyjna (gotowe do wykorzystania H₂)
- Paliwo gazowe, kotły konwencjonalne
- Paliwo płynne, technika kondensacyjna (gotowe na ekologiczne paliwo płynne)
- Paliwo płynne, kotły konwencjonalne
- Pompa ciepła
- Pompa ciepła w układzie hybrydowym
- Sieć ciepłownicza
- Kolektory słoneczne (głównie do przygotowania ciepłej wody użytkowej)
- Biomasa drzewna (kotły i piece)
- Ogrzewanie elektryczne -bezpośrednie

Dodatkowe generatory ciepła rozpatrzono jakościowo:

- Mikro-kogeneracja (w tym ogniwa paliwowe)
- Termiczne pompy ciepła

Rozważono zastosowanie niskotemperaturowych wymienników ciepła (podłogowe, grzejniki niskotemperaturowe), z odpowiednim dopasowaniem systemów ogrzewania.

2.3.1.5 Ekonomiczne dane wejściowe

Dane wejściowe w zakresie kosztów inwestycji i cen energii opisano w załączniku A.2.1.

⁷ Zakłada się, że wszystkie kotły pracujące na paliwach gazowych mogą też działać na biometanie

2.3.2 Określenie szczytowego obciążenia elektrycznego

Jednym z kluczowych wskaźników określenia, która ze ścieżek jest najkorzystniejsza jest ostateczne szczytowe obciążenie elektryczne w wyniku ogrzewania. Z tego względu ocena koncentruje się na najgorszym scenariuszu, jakim jest zimny i bezwietrzny zimowy tydzień. Jest to szczególnie istotne z uwagi na równoległe wysiłki niezbędne do pokonania wyzwań związanych z mobilnością i oczekiwanego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną spowodowanego przez pojazdy elektryczne. Jednakże koszt określony w tym badaniu nie modeluje ani nie uwzględnia tego czynnika.

Uwzględniając udział ilościowy systemów ogrzewania w przyszłości, obciążenie szczytowe najprawdopodobniej wywołają pompy ciepła. W celu jego określenia wykonano dwa zasadnicze działania: Określenie obciążenia cieplnego oraz (2) wywołanego przez nie obciążenia szczytowego.

Definicja i implikacje bezwietrznego zimowego tygodnia

Zakłada się, że podczas bezwietrznego, zimowego tygodnia produkcja energii elektrycznej z OZE będzie ograniczona, gdyż nie wieje wiatr, jest przeważnie ciemno i pochmurno. Z drugiej strony, bardzo niskie temperatury powodują sytuację, gdzie systemy ogrzewania w budynkach pracują z maksymalną mocą. Taka sytuacja utrzymuje się przez tydzień. Chociaż obecnie takie okoliczności mają ograniczony wpływ, gdyż większość źródeł ciepła jest wciąż elastyczna (konwencjonalna), a ilość elektrycznych systemów ogrzewania w zasobach budowlanych jest ograniczona, w przyszłości diametralnie się to zmieni. Systemy elektryczne będą posiadać większość udziału w energiach odnawialnych, a ogrzewanie budynków będzie przeważnie elektryczne, tj. pompy ciepła. Sytuacja taka trwa tydzień, co oznacza, iż krótkotrwała elastyczność, np. elektryczne magazyny energii lub elastyczność popytu, nie są w stanie zrekompensować braku stałego wytwarzania energii. Do tego niezbędne są elastyczne, konwencjonalne elektrownie, tj. gazowe. Dodatkowo, olbrzymia ilość energii niezbędnej dla elektrycznych systemów ogrzewania nałoży ograniczenia na sieci przesyłu i dystrybucji, dlatego do przygotowania systemu energetycznego niezbędna będzie rozbudowa sieci.

Po pierwsze, w celu oszacowania spowodowanego obciążenia grzewczego, określana jest zapotrzebowanie na moc obliczeniową budynków referencyjnych (z wyłączeniem układów hybrydowych, gdzie gazowe lub olejowe kotły kondensacyjne mogą zapewnić ciepło w okresach szczytowych). Temperatura obliczeniowa systemu ogrzewania zależy od położenia geograficznego i zakłada się, iż jest średnią temperaturą szacowanego zimowego tygodnia. Następnie moc obliczeniowa każdego budynku referencyjnego jest sumowana, zgodnie z rozkładem rodzajów budynków oraz poziomem ich modernizacji, jak wynika z obliczeń modelu. Wynik to szczytowe obciążenie ogrzewania.

Następnie jest ono przekształcane na odpowiednie szczytowe obciążenie elektryczne, z zastosowaniem efektywności systemu ogrzewania oraz innych czynników. Obejmują one ograniczone opcje zapewnienia elastyczności sieci zasilającej. Wydajność pomp ciepła spada w trakcie poddawanego ocenie zimowego tygodnia (w porównaniu ze średnią COP w ciągu roku), gdyż pracują one w okolicach i poniżej temperatur obliczeniowych. Należy podkreślić, iż średnia wydajność całoroczna jest znacząco wyższa. Poniżej przedstawiono podsumowanie rozumowania.

Obliczone obciążenie grzewcze jest pomniejszane (w obu ścieżkach) o 57%, odzwierciedlając szczytowe obciążenie elektryczne sieci zasilającej. Redukcja ta wynika z kilku względów i założonych środków, mianowicie:

- Nawet w okresach szczytowych 50% ciepła nadal zapewnia pompa ciepła, choć z bardzo niską wydajnością (ok. 2,0), natomiast pozostałe 50% wytwarza bezpośredni, elektryczny element grzewczy. Podsumowując, zakładamy ogólny wskaźnik efektywności (COP) 1,5

- 15% pokrywają gruntowe pompy ciepła, pracujące z COP 2,8 (w tych warunkach)
- Chociaż zakłada się, że poziom komfortu będzie bardzo zbliżony do obecnego, dopuszczalne są niewielkie jego spadki. Możliwa jest opcja przesunięcia obciążenia o 2h/dziennie, gdzie ogólne wartości szczytowe można zredukować o 15%.
- Pompy ciepła zazwyczaj są przewymiarowane. Choć przewiduje się spadek przewymiarowania z biegiem czasu, został założony współczynnik 10-20%. Dodatkową dostępną moc można wykorzystać do zmniejszenia wartości szczytowych o 15%, poprzez wykorzystanie masy budynków oraz wody zawartej w emiterach ciepła, jako krótkotrwałego magazynu ciepła.

2.3.3 Założenia i obliczenia kosztów dotyczących infrastruktury

Koszty dodatkowej infrastruktury sieci w obu ścieżkach obliczane są na podstawie szczytowego zapotrzebowania podczas bezwietrznych zimowych tygodni. Okres ten cechuje się najwyższą deltą pomiędzy szczytem elektrycznym ze względu na systemy grzewcze i wytwarzanie elektryczności, dlatego stanowi wartości szczytowe, jakie sieć dystrybucyjna powinna być w stanie zapewnić.

Aby obliczyć koszty infrastruktury niezbędnej do pokrycia szczytowego zapotrzebowania, zostały obliczone koszty rozbudowy sieci i koszty dodatkowego wytwarzania. Koszty rozbudowy sieci dzielą się na wysokonapięciowe systemy przesyłu koszty sieci dystrybucyjnych niskiego i średniego napięcia. Średni koszt rozbudowy sieci w Euro/kW dla średniego i wysokiego napięcia pochodzi z Ecofys 2016⁸. Dla kosztów inwestycji w zakresie niskiego napięcia, badanie określa średnią wartość EUR/gospodarstwo domowe/rok, gdyż rozbudowa sieci niskiego napięcia uzależniona jest również od ilości gospodarstw wyposażonych w pompy ciepła. Średni koszt rozbudowy sieci elektrycznej wg badania Ecofys 2016⁹ obejmuje OPEX, przyjmowany na poziomie 1,5% rocznego CAPEX. OPEX obejmuje utrzymanie, straty netto i koszty administracyjne. Koszty inwestycji uwzględniają odsetki 5%, ale nie obejmują przewidywanej inflacji. Istnieją dwa istotne założenia techniczne. Po pierwsze, zakłada się, że różnica w kosztach infrastruktury pomiędzy obszarami wiejskimi i miejskimi uśrednia się we wszystkich regionach, gdyż obszary wiejskie wymagają dłuższych sieci przyłączeniowych, a w miastach wyższy jest koszt prac ziemnych.

Po drugie, zakłada się żywotność ekonomiczną zasobów na 40 lat. W zakresie kosztów wytwarzania, wartość szczytowa jest mnożona przez całkowite koszty elektrowni¹⁰.

2.4 Dodatkowe oceny

We wcześniejszych punktach omówiono techniczne i ekonomiczne aspekty badania. Przeprowadzono dwie dodatkowe oceny w celu zapewnienia szerszej perspektywy w zakresie różnic pomiędzy dwoma przedstawionymi ścieżkami dekarbonizacji. Pierwsza z nich uwzględnia kwestie społeczne, szacując wpływ na poziomie gospodarstw domowych. Druga stanowi ocenę państw, analizując różnice w ramach UE.

2.4.1 Kwestie społeczne

W celu porównania obu ścieżek uwzględniamy dodatkowe kwestie społeczne. Ogólna analiza kosztów dla konsumentów końcowych nie bierze pod uwagę realiów społecznych wszystkich właścicieli budynków. Faktem jest, iż instalacja pompy ciepła jest najbardziej wydajna w budynku o wysokiej efektywności energetycznej, której obecnie większość budowli nie posiada w wystarczającym stopniu.

8 https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Rapport_Ecofys_Waarde_van_Congestieaanpak_86.pdf 9 Zakłada się, że koszty nie zmieniają się znacząco w porównaniu z okresem 2016-2021, gdyż technologia transformatorów i linii energetycznych rozwija się od dziesięcioleci; uwzględniono wyłącznie inflację.

10 <https://elib.dlr.de/135971/1/MuSeKo-Endbericht-2020-08-31.pdf>

Jeśli źródło ciepła zepsuje się i właściciel będzie zobowiązany do zainstalowania pompy ciepła, zalecane jest przeprowadzenie kompleksowej termomodernizacji, obejmującej wysokonakładowe inwestycje. Jeśli właściciel budynku nie dysponuje odpowiednim kapitałem, istnieją dwie opcje: instalacja większej pompy ciepła, która będzie droższa i po przyszłych dalszych remontach będzie przewymiarowana, lub uzyskanie kredytu na pokrycie kosztów pełnej termomodernizacji. Pierwsza opcja prawdopodobnie okaże się droższa wraz z upływem czasu, druga oznacza wysokie nakłady inwestycyjne lub może zmniejszyć gotowość do podjęcia takich działań. Wszystkie te aspekty należy uwzględnić podczas opracowywania i porównywania ścieżek.

W zakresie kwestii społecznych porównujemy ścieżki remontów i badamy ich elastyczność z uwzględnieniem stanu poszczególnych budynków i sytuacji finansowej właścicieli. Analiza ta pomaga zrozumieć, czy alternatywne ścieżki są znacznie bardziej kosztowne i jakie technologie mają w nich zastosowanie. Ponieważ działania modernizacyjne zazwyczaj odbywają się stopniowo, remonty nazywa się etapowymi. W celu obliczenia dodatkowych kosztów remontów etapowych, metodologia zakłada porównanie kosztu remontu etapowego z remontem 1-stopniowym (kompleksowa termomodernizacja + pompa ciepła). Okres porównania wynosi 30 lat dla obu opcji. Koszty rozpatrywane w analizie to CAPEX, OPEX oraz wartość rezydualna instalacji. Są one sumowane w celu porównania obu podejść.

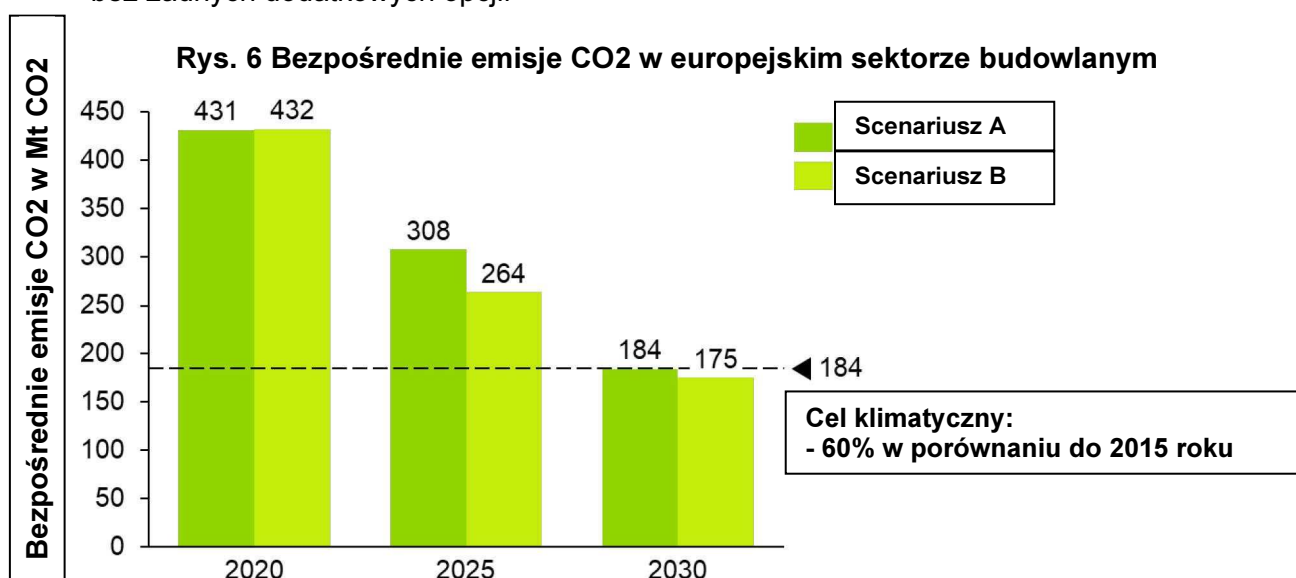
2.4.2 Oceny państw

27 państw UE cechuje się wysokim zróżnicowaniem specyfiki sektora budowlanego. Różnice mogą wynikać z miksu ogrzewania, dostępnych nośników energii i infrastruktury uzupełniającej danego kraju. Ale także z polityk dotyczących budynków i powiązanych systemów energetycznych i przyszłych planów klimatycznych rządów państw członkowskich. Aby zilustrować te różnice analizujemy wpływ obu ścieżek na pięć konkretnych krajów, położonych w różnych strefach klimatycznych UE. Te pięć państw to: Niemcy, Francja, Włochy, Hiszpania i Polska. Dla każdego z tych państw utworzono arkusz informacyjny wykazujący specyficzne wnioski.

3. Wyniki

3.1 Emisje gazów cieplarnianych (2030/2050)

EPBD ustaliło cel: Wszystkie budynki powinny być bezemisyjne do 2050 r. Dodatkowo, budynki powinny wykorzystywać jedynie neutralne węglowo nośniki energii do 2050 r. Obie ścieżki osiągają cel zero emisji w 2050 r., z wyłącznym wykorzystaniem neutralnych węglowo nośników energii. Pakiet FiT for 55 nie określa konkretnego celu dla sektora budowlanego na rok 2030. Jednak plan celu klimatycznego określa łączny cel dla sektora energetycznego i budowlanego, jako 60% redukcję emisji bezpośredniej w porównaniu z rokiem 2015. Emisje bezpośrednie to paliwa spalane na miejscu, co wyklucza elektryczność i sieci ciepłownicze. Obie ścieżki osiągają cel redukcji emisji bezpośrednich w 2030 r. Ścieżka B osiąga ten cel z wykorzystaniem efektywnej zmiany paliw, z uwzględnieniem indywidualnych sytuacji, natomiast ścieżka A przewiduje szeroko zakrojoną zmianę paliwa, bez żadnych dodatkowych opcji.



3.2 Rozwój mixu technologii

3.2.1 Ścieżka A

Ścieżka A kładzie nacisk na wykorzystanie elektrycznych pomp ciepła, jako głównej technologii dekarbonizacji. Przekłada się na to wyniki modelowania. Od roku 2030 wszystkie elektryczne pompy ciepła posiadają najwyższy udział w systemach ogrzewania budynków. Pompy hybrydowe posiadają jedynie niewielki udział i służą głównie, jako technologia pomostowa. W roku 2050 hybrydowe pompy ciepła zostają wycofane w Europie. Ponadto w roku 2050 w sektorze budowlanym nie będzie wykorzystywany gaz. Inne technologie odgrywają pewną rolę w przyszłej mieszance technologii dla ścieżki A. Przykładowo biomasa i sieci ciepłownicze nieznacznie zwiększają swój udział do roku 2050.

Rys. 7 Rozwój systemów grzewczych (na m²) dla ścieżki A

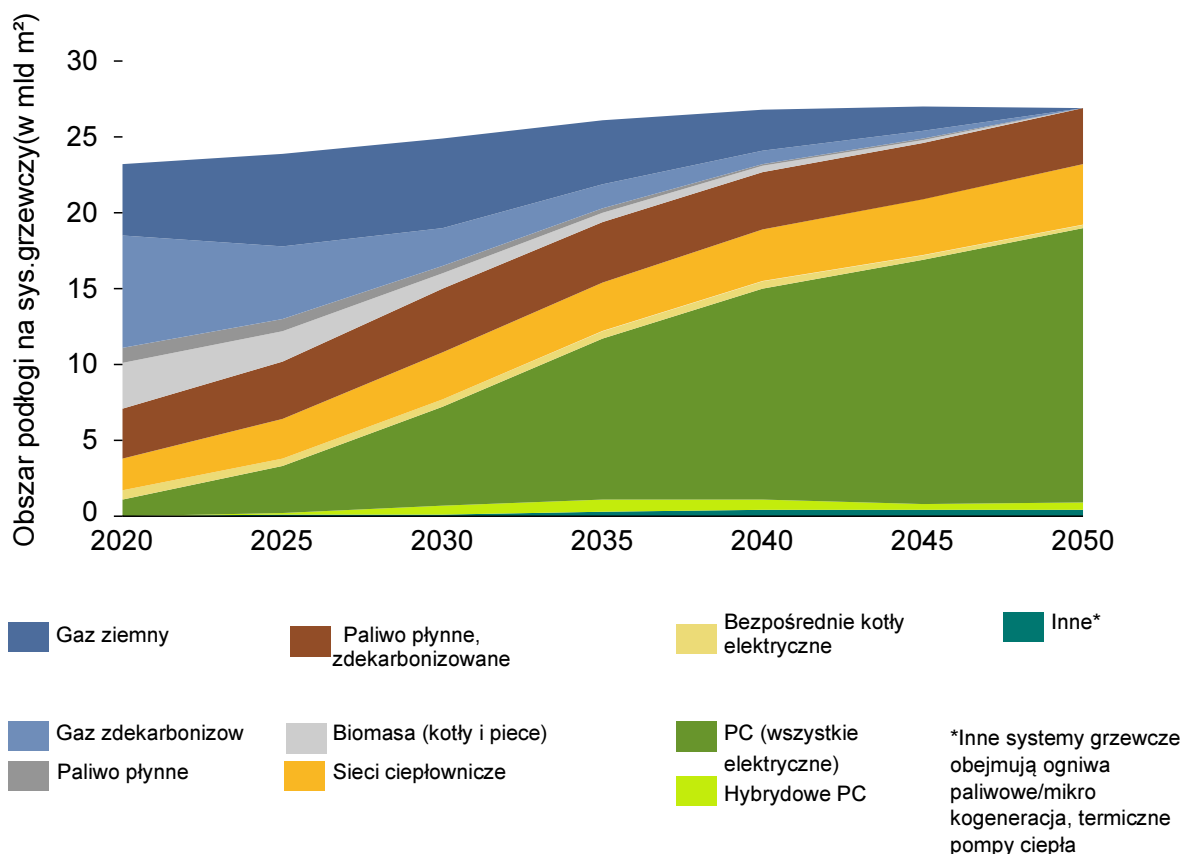


Tabela 18 w Załączniku przedstawia w przybliżeniu ilość systemów grzewczych w budynkach dla ścieżki A. Wartość tą ustalono na podstawie wyników modelowania ukazanych powyżej w m².

3.2.2 Ścieżka B

Rozwój systemów grzewczych dla ścieżki B jest inny niż dla ścieżki A pod wieloma względami. Główne przyczyny to wykorzystanie zielonych gazów i szybsze tempo wymiany systemów ogrzewania (6%/rocznie). Szybsze tempo wymiany systemów ogrzewania prowadzi do szybszego zmniejszenia liczby pracujących nieefektywnych kotłów i szybkiej redukcji emisji. Nieefektywne kotły zastępowane są przez rozwiązania hybrydowe. W roku 2050 udział hybrydowych pomp ciepła wynosi 22%, a kotłów na paliwa gazowe – dodatkowe 16%. W pełni elektryczne pompy ciepła nadal odgrywają ważną rolę i stanowią 31% zainstalowanych systemów ogrzewania w 2050 r. Inne systemy ogrzewania, takie jak ogniwa paliwowe, mikrokogeneracja czy termiczne pompy ciepła są obecne na rynku od 2030 r. Mogą odegrać jeszcze większe role, ale okaże się to dopiero po dalszym rozwoju technologii i ich dogłębnemu przetestowaniu na rynku. Systemy grzewcze są wspierane przez wydajne systemy oddawania ciepła (np. ogrzewanie powierzchniowe/podłogowe), co prowadzi do znacznego zmniejszenia ostatecznego zapotrzebowania energetycznego. Kolejną technologią redukującą zapotrzebowanie na energię jest wykorzystanie energii słonecznej, zmniejszającą zapotrzebowanie na ciepło o 10% ok. roku 2050.

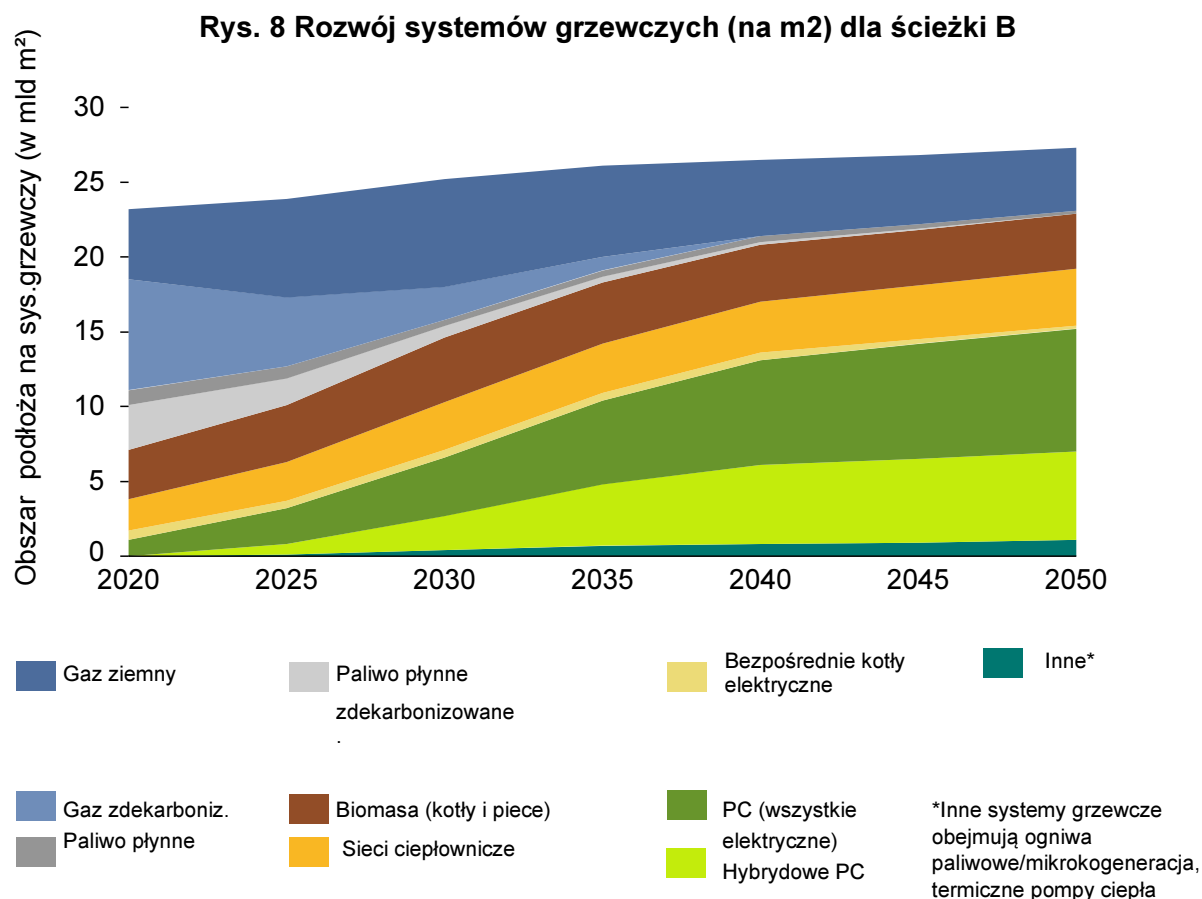
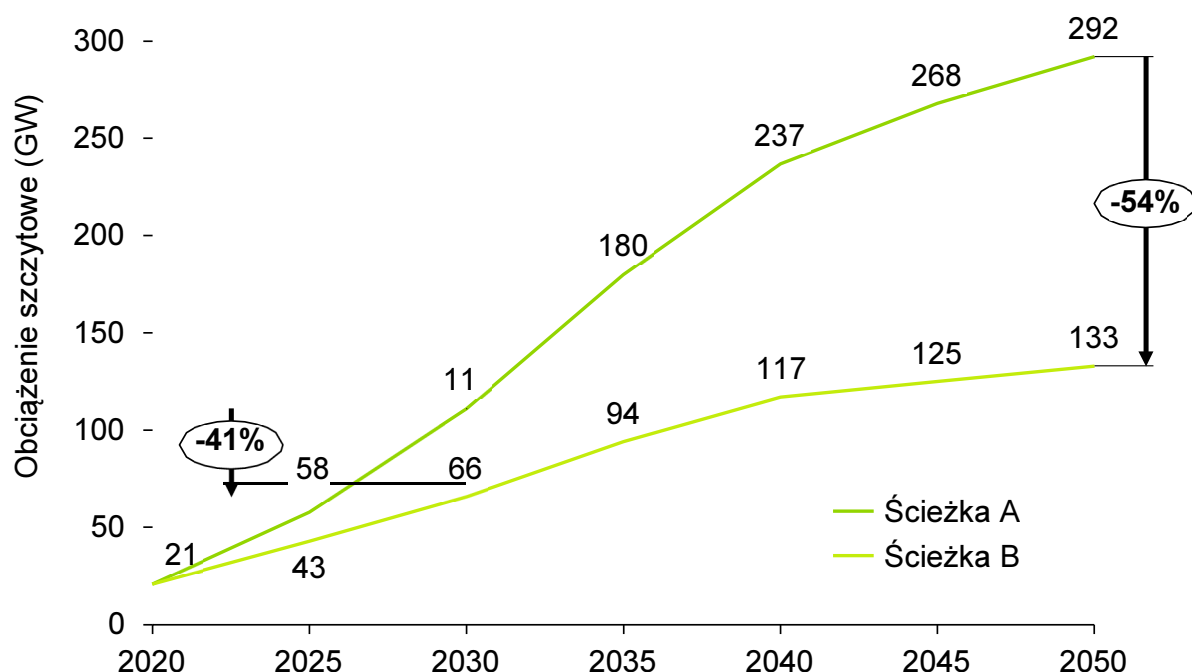


Tabela 19 w Załączniku przedstawia w przybliżeniu ilość systemów grzewczych w budynkach dla ścieżki B. Wartość tą wyliczono z wykorzystaniem wyników modelowania ukazanych powyżej w m².

3.3 Wpływ na infrastrukturę

Obie ścieżki spowodują zwiększone obciążenie szczytowe dla sieci elektrycznej i wytwarzania, gdyż obie cechują się wysokim udziałem elektrycznych pomp ciepła. Ścieżka A posiada najwyższy udział elektrycznych pomp ciepła, dlatego powoduje najwyższe obciążenie szczytowe. W roku 2030, dodatkowe obciążenie szczytowe dla ścieżki A wynosi 111 GW i wzrasta do 292 GW w 2050 r. W porównaniu ze ścieżką B, ścieżka A cechuje się obciążeniem szczytowym wyższym o 41% w 2030 r. oraz o 54% do roku 2050.

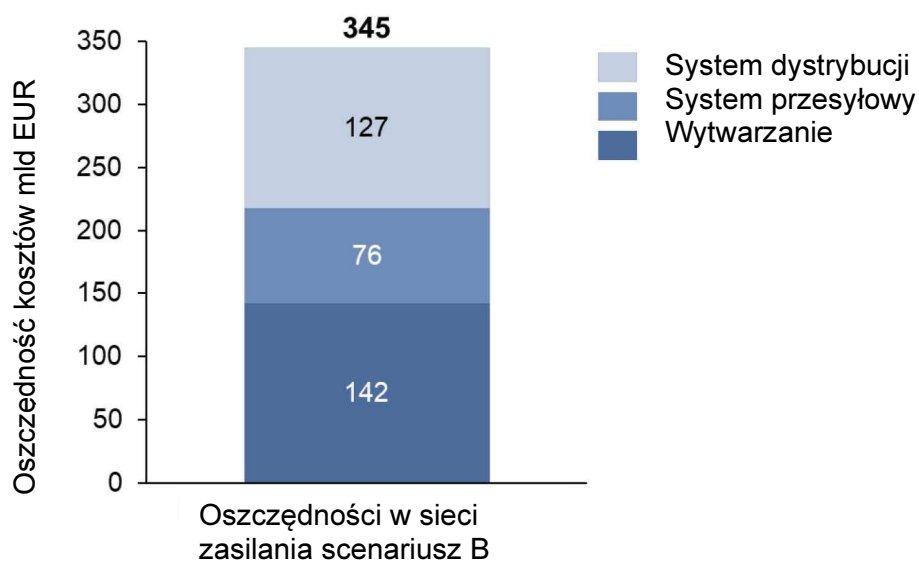
Rys. 9 Porównanie końcowych obciążeń szczytowych wywołanych przez pompy ciepła



Dla obu ścieżek, efektywność systemu i złagodzenie szczytu zmniejszają teoretyczne obciążenie szczytowe w zależności od zapotrzebowania na energię. Szczegółowo objaśnia to punkt 2.3.2. Podjęcie działań w zakresie szczytowego obciążenia umożliwia jego redukcję o 57%, w porównaniu ze ścieżką, gdzie takie działania nie są podejmowane.

Zapotrzebowanie na obciążenie szczytowe jest głównym czynnikiem w obliczeniach dotyczących kosztów sieci energetycznej i wytwarzania. Od dnia dzisiejszego do roku 2050, wprowadzenie ścieżki B umożliwi oszczędności przekraczające 300 miliardów Euro, jak pokazano na Rys. 10. różnica wynika głównie z oszczędności na rozbudowie sieci dystrybucyjnej i niższych potrzeb w zakresie zdolności do wytwarzania dodatkowej energii elektrycznej. Dodatkowe oszczędności powoduje mniejszą konieczność rozbudowy sieci przesyłowej.

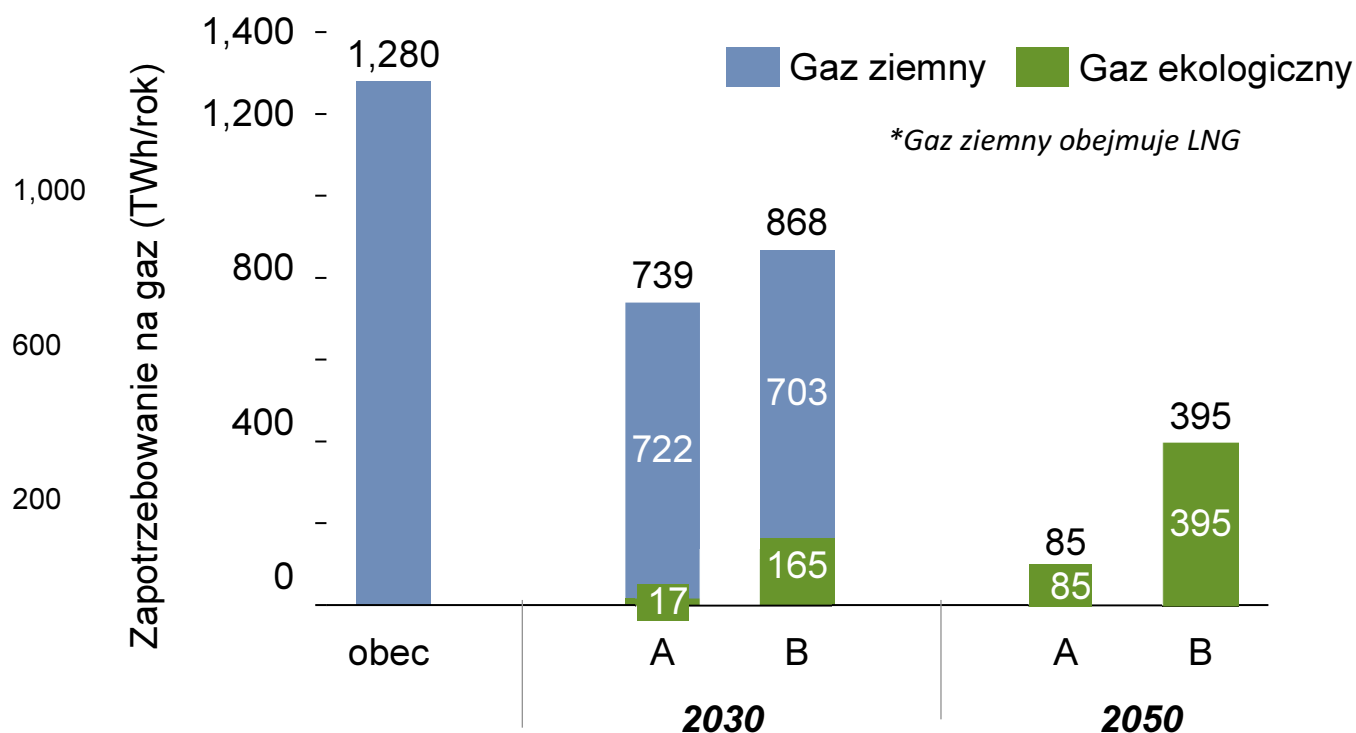
Rys. 10 Oszczędności kosztów infrastruktury energetycznej dla ścieżki B



3.4 Zużycie paliw gazowych w perspektywie czasu

Zarówno ścieżka A jak i B umożliwiają znaczne zmniejszenie zapotrzebowania na gaz do roku 2030 i 2050. Zmniejszenie to wynika ze zmiany rodzaju paliw, hybrydyzacji oraz działań dotyczących podwyższania efektywności energetycznej w budynkach. W roku 2030, ścieżka A wymaga 739 TWh/rocznie, z czego 17 TWh/rocznie stanowi gaz ekologiczny. Ścieżka B cechuje się zapotrzebowaniem na gaz wynoszącym 868 TWh/rok, z czego 165 TWh/rok stanowią gazy ekologiczne (w założeniu 80% biometanu i 20% wodoru). Zapotrzebowanie w roku 2030 jest zgodne z REPowerEU, która ustanawia cel 350 TWh biometanu i rozważa włączenie do sieci wodoru w wysokości ok. 45 TWh (1.3 miliona t)¹¹. W roku 2050 zapotrzebowanie na gaz jest jeszcze niższe dla obu ścieżek i obejmuje wyłącznie gaz ekologiczny. Ścieżka B posiada wyższe zapotrzebowanie na gaz, niż ścieżka A, gdyż ścieżka A koncentruje się głównie na elektrycznych pompach ciepła. Dla ścieżki B pozostałe zapotrzebowanie na gaz wynosi 395 TWh (z czego 60% to wodor, a 40% biometan), czyli -70% w porównaniu z aktualnym zapotrzebowaniem na gaz. Znaczące obniżenie zapotrzebowania gaz oznacza duże prawdopodobieństwo, iż dostępność zielonych będzie w stanie pokryć zapotrzebowanie na taką ilość dla sektora budowlanego.

Rys. 11 Całkowite zapotrzebowanie na gaz dla Ścieżek A i B (UE)



3.5 Derywacja kosztów na podstawie ścieżek

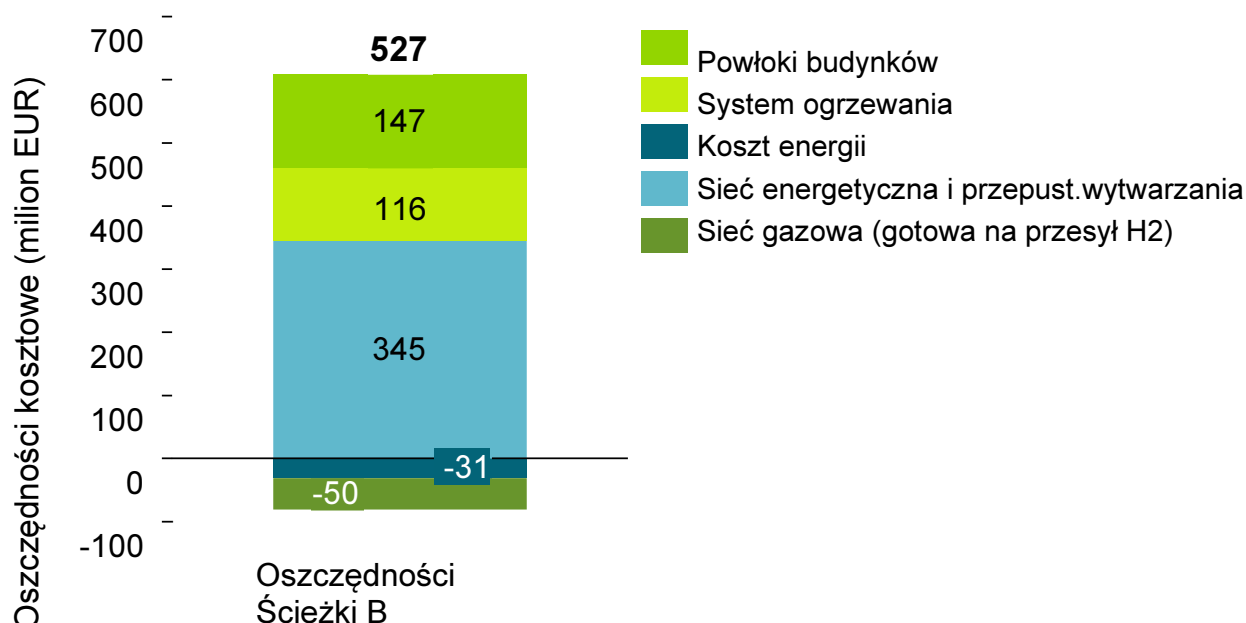
Całkowita oszczędność kosztów od dnia dzisiejszego do roku 2050 przekroczy 500 miliardów EUR w przypadku wybrania ścieżki B.

Oszczędności wynikają głównie z mniejszej rozbudowy sieci i niższych potrzeb dodatkowego wytwarzania, przy czym łączne oszczędności dla ścieżki B wynoszą 345 miliardów EUR. Źródłem dodatkowych oszczędności są niższe ambicje na starcie w zakresie termoizolacji, co oznacza mniejsze inwestycje w powłoki budynków (147 miliardów EUR). Wyższe koszty energii (31 miliardów EUR) kompensują niższe koszty systemów ogrzewania (116 miliardów EUR).

¹¹ REPowerEU, 2022

Dodatkowe inwestycje w sieć dystrybucji gazu w zakresie dedykowanych gazociągów wodorowych wynoszą 50 miliardów EUR.¹²

Rys. 12 Oszczędności kosztowe ścieżki B w porównaniu z A



3.6 Niezbędna siła robocza

Ocena ścieżek wykazała, że celów KE nie da się osiągnąć bez przyspieszenia tempa wymian systemów ogrzewania, tempa remontowania budynków w połączeniu z szeroko zakrojoną wymianą paliw. Zarówno przyspieszenie jak i niezbędne technologie – głównie pompy ciepła – wymagają (1) większej ilości instalatorów oraz (2) pogłębienia i zmiany ich kompetencji. Nie uwzględniono tu nawet istotnych konsekwencji dla szerszego łańcucha dostaw (na wyższym/nizszym szczeblu), które dodatkowo zwiększają zapotrzebowanie na personel.

Komunikat Komisji Europejskiej dot. oceny wpływu (część 1/4) EPBD¹³ zawierał podobną ocenę, zgodnie z którą do roku 2030 powstanie ogółem 1,4 miliona miejsc pracy wymagających niskiego i średniego poziomu kwalifikacji, w porównaniu z 2020 – jeśli taki scenariusz zostanie zrealizowany. Kolejne 450 000 dodatkowych miejsc pracy powstanie w segmencie wysokich kwalifikacji. Daje to dobre pojęcie o skali starań niezbędnych do transformacji po stronie instalacji i łańcucha dostaw.

¹² W Ocenie Wpływu EPBD dodatkowy koszt scenariusza zakładającego osiągnięcie celów dekarbonizacji budynków (np. S3-I) w porównaniu z BAU bez osiągnięcia celów wynosi ok 4 miliarda EUR w okresie 2020-2050 - SWD(2021)453 (1/4), p. 82 https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12910-Energy-efficiency-Revision-of-the-Energy-Performance-of-Buildings-Directive_en

¹³ Raport z oceny wpływu - SWD(2021)453 (1/4), s 92. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12910-Energy-efficiency-Revision-of-the-Energy-Performance-of-Buildings-Directive_en

4. Kwestie dodatkowe

4.1 Aspekty społeczne

W ramach analizy ocenie poddaje się budynek referencyjny w celu porównania etapowej termomodernizacji z remontem 1-etapowym. Budynek referencyjny to mały blok mieszkalny zbudowany w 1980 i nieremontowany. Punktem wyjściowym analizy jest konieczność wymiany systemu ogrzewania. Dach i okna powinno się zmodernizować w ciągu następnych 5 lat. Jednak remont elewacji nie będzie konieczny przez następne 10 lat.

Ocenie podano cztery przykładowe ścieżki remontu etapowego, opisane w poniższej tabeli, które mogą się oczywiście różnić tempem i kolejnością w zależności od stanu technicznego budynku. Z biegiem czasu, we wszystkich przypadkach wprowadzane są te same działania. Jednak w przypadku termomodernizacji 1-etapowej (nr 1) wszystkie te działania są wdrażane w pierwszym roku, natomiast remont etapowy oznacza wprowadzenie każdego z nich co ok. 5 lat. Po 20 latach zakłada się, że system ogrzewania należy ponownie wymienić.

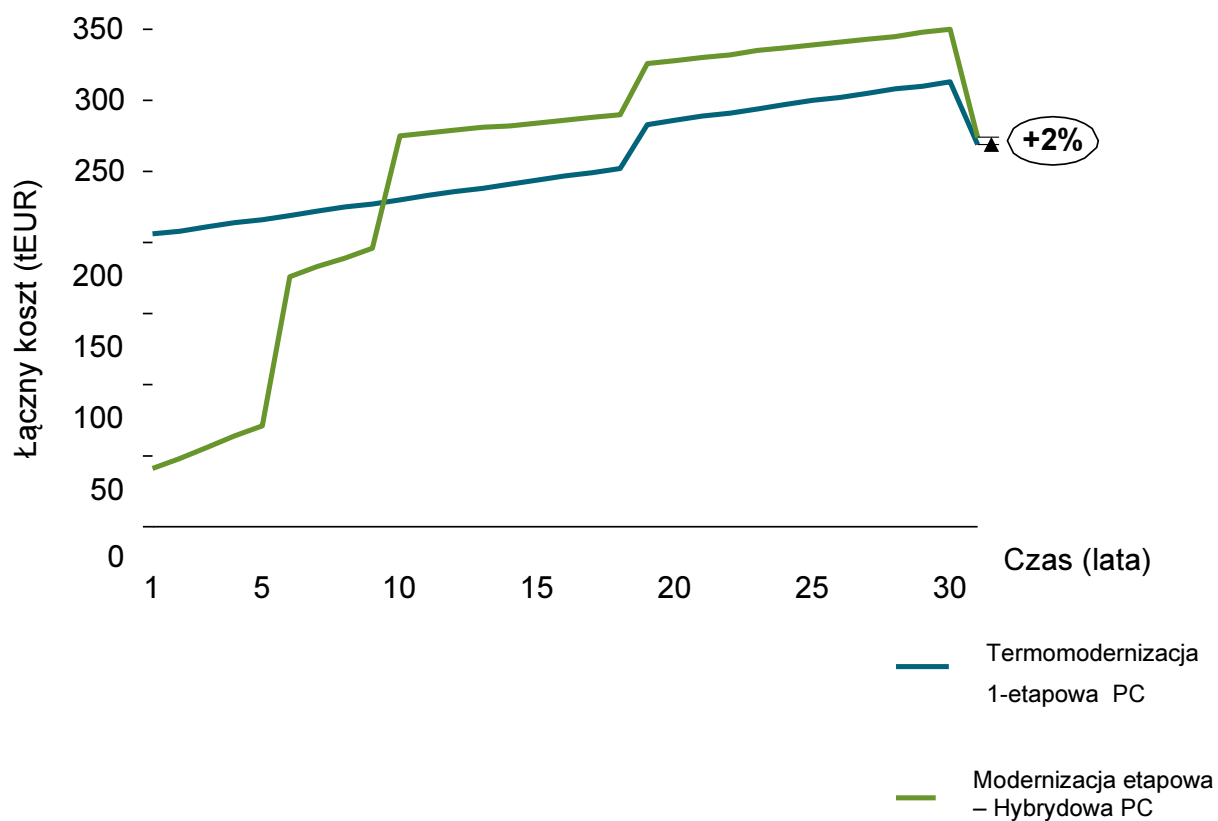
Tabela 1 Cztery ścieżki remontowe

#	Opcje	1. rok	5. rok	10. rok	20. rok
1	Pompa ciepła + remont 1-stopniowy	Nowa pompa ciepła; modernizacja dachu, okien, przegród zewnętrznych	-	-	Nowa pompa ciepła
2	Pompa ciepła + remont etapowy	Nowa pompa ciepła; modernizacja dachu i okien	-	Modernizacja przegród zewnętrznych	Nowa pompa ciepła
3	Hybrydowa pompa ciepła + remont etapowy	Nowa hybrydowa pompa ciepła	Modernizacja dachu i okien	Modernizacja przegród zewnętrznych	Nowa hybrydowa pompa ciepła
4	Kocioł gazowy + remont etapowy	Nowy kocioł gazowy	Modernizacja dachu i okien	Modernizacja przegród zewnętrznych	Nowy kocioł gazowy

W celu określenia wpływu termomodernizacji 1-stopniowej w porównaniu z remontem etapowym, przypadek nr 1 (pompa ciepła + remont 1-stopniowy) porównuje się z przypadkami remontu etapowego przy różnych wariantach systemu ogrzewania. W porównaniu zastosowano łączny koszt przez 30 lat.

Wyniki wskazują, że jeśli termomodernizacja jednostopniowa jest niewykonalna z uwagi na zbyt wysoką inwestycję początkową, łączne koszty w czasie będą wyższe. Jednak istnieje znacząca różnica pomiędzy technologiami. Remont etapowy z zastosowaniem pompy ciepła lub kotła kondensacyjnego zwiększa koszty o ok. 10%, jednak konfiguracja z hybrydową pompą ciepła powoduje wzrost kosztów o jedynie 2%, co można uznać za wartość marginalną. Porównanie dla tego ostatniego przypadku przedstawiono na Rys. 13, pozostałe znaleźć można w załączniku A.4.1.

Rys. 13 Przypadek 1 (pompa ciepła + remont 1-stopniowy) w porównaniu z przypadkiem 3 (hybrydowa pompa ciepła + remont etapowy)



4.2 Aspekty regionalne

Wyniki przedstawione w punkcie 3 ukazują różnice pomiędzy dwoma ścieżkami dla EU-27. EU-27 można podzielić na różne strefy klimatyczne o odmiennej charakterystyce. Sytuacja w obrębie państw EU-27 różni się nie tylko z uwagi na klimat, ale też obecną infrastrukturę, kompozycję systemów ogrzewania oraz wprowadzone polityki. Aby podkreślić różnice pomiędzy poszczególnymi państwami, w poniższym rozdziale przedstawiono podsumowanie wyników na poziomie krajowym dla następujących państw: Niemcy, Francja, Włochy, Hiszpania i Polska. Należy podkreślić, że nie przeprowadzono modelowania na podstawie poszczególnych państw. Przedstawione tu wyniki określają jedynie w przybliżeniu konsekwencje dla danego państwa.

4.2.1 Niemcy

4.2.1.1 Wstęp

Niemieckie dyskusje dotyczące dekarbonizacji sektora budowlanego koncentrują się na remontach i elektryfikacji. Jednak obecnie mówi się także o roli gazu w sieci dystrybucyjnej. W celu elektryfikacji sektora budowlanego rząd zamierza zainstalować 6 milionów pomp ciepła do 2030 r. i 14 milionów do roku 2045. Niemiecki rząd inwestuje w fundusze na rzecz podwyższania wydajności energetycznej i rozwoju energii odnawialnych (BEG¹⁴: budżet €8 miliardów do 2021, np., 45% inwestycji na zastąpienie kotłów olejowych pompami ciepła lub kotłami na biomasę). Plany nowej koalicji obejmują szereg działań w zakresie polityk dla budynków: Bardziej ambitne standardy dla nowych budowli (GEG: EH 55¹⁵); Nowe systemy ogrzewania muszą posiadać udział minimalny 65% energii odnawialnej od 2024 r. (choć powstaje pytanie na ile realistyczne jest spełnienie tych wymogów);

Fundusze wsparcia (BEG) są przesuwane na remonty. W roku 2025 udostępnionych zostanie dodatkowo 10 miliardów EUR na budynki efektywne energetycznie. Spodziewana jest „gruntowna” zmiana zapisów w GEG w 2023 r., obejmująca implementację EPBD (normy minimalnej efektywności energetycznej itp.). W Niemczech ogrzewanie powierzchni i przygotowanie ciepłej wody użytkowej odpowiada za 31% całkowitego, końcowego zapotrzebowania na energię w kraju. Obecnie większość budynków mieszkalnych jest ogrzewana za pomocą gazu, oleju i ciepła ze źródeł odnawialnych. Do ogrzewania wykorzystuje się też energię elektryczną, a aktualne emisje powiązane z energią elektryczną wynoszą 366 gCO₂/kWh, kiedy elektryczność jest pobierana z sieci. Niemcy mają ambitne plany klimatyczne i chcą osiągnąć 80% udział energii odnawialnej do 2030 r., elektrownie atomowe mają zostać wycofane do 2023.

Niemcy to największy na świecie producent biogazu i biometanu. W 2019 Niemcy posiadały 11 269 działających biogazowni, wytwarzających 82 TWh, oraz 232 biometanowni wytwarzających 10 TWh. W kwestii wodoru Niemcy są wysoce uzależnione od importu, gdyż przewiduje się, że cena produkcji lokalnej będzie porównywalnie wysoka. Przewiduje się, iż zapotrzebowanie niemieckiego rynku wodoru będzie najwyższe w Europie, głównie za sprawą przemysłu (stal, substancje chemiczne), jak też sektora energetycznego i grzewczego. Niemcy przewidują dostawy 20 – 50 TWh do 2030, ze wzrostem 160-350 TWh do 2050 r.

¹⁴ Bundesförderung für effiziente Gebäude (wsparcie federalne dla programu wydajnych budynków)

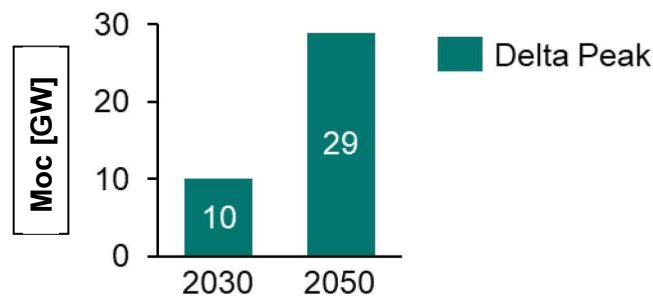
¹⁵ Gebäude Energiegesetz: Effizienzhaus 55 (budowlane prawo energetyczne: norma wydajności 55).

4.2.1.2 Wyniki dla ścieżki

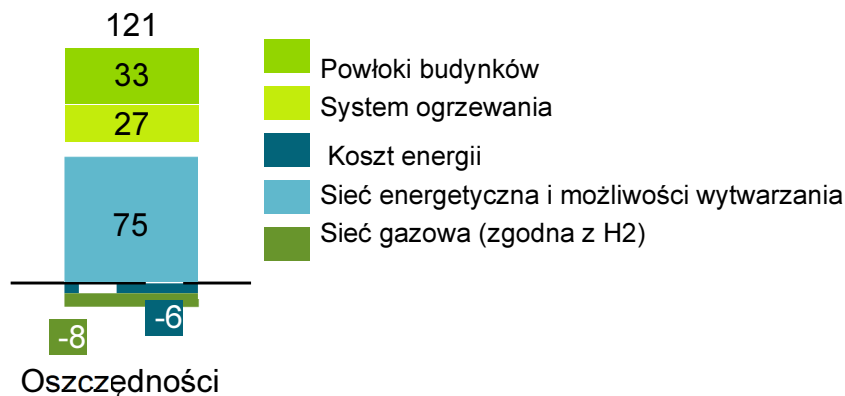
W porównaniu ze ścieżką A, łączne oszczędności kosztowe dla ścieżki B wyniosą 121 miliardów Euro do 2050 r., z czego 54 miliardy pochodzą z budynków (powłoki, system ogrzewania i koszty energii), a 67 miliardów z oszczędności na infrastrukturze (sieć energetyczna i gazowa, rozszerzenie zdolności wytwórczej).

Oszczędności na infrastrukturze są najwyższe i wynikają głównie z niższego zapotrzebowania szczytowego ścieżki B w porównaniu ze ścieżką A. W roku 2030 różnica wynosi 10 GW, aby urosnąć do 29 GW w 2050 r. Wartości te wynikają ze strefy klimatycznej, z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło w danej strefie.

Rys. 14 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych w Niemczech dla ścieżki B w porównaniu z A



Rys. 15 Łączne oszczędności kosztowe* w Niemczech dla ścieżki B do roku 2050



* Na podstawie wyników dla strefy z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło.

4.2.2 Francja

4.2.2.1 Wstęp

We Francji istnieją dwie ważne polityki budowlane ukierunkowane na efektywność energetyczną. Po pierwsze Ustawa o Transformacji Energetycznej z 2015 która określiła cel 28% redukcji końcowego zużycia energii w budynkach w 2050 r. w porównaniu z poziomem z 2012. Jednym z działań w celu osiągnięcia tej redukcji jest modernizacja 500 000 istniejących mieszkań w każdym roku, z których połowa powinna być zamieszкана przez konsumentów wrażliwych. Druga ważna polityka budowlana to Kodeks Budowlany „RE2020”, zgodnie z którym wszystkie nowe budynki muszą posiadać maksymalne zużycie energii pierwotnej rzędu 100 kWh/m² dla wszystkich użytkowników końcowych.

W latach 2000-2017 zużycie energii do ogrzewania powierzchni spadło o 10 punktów procentowych, dzięki staraniom w zakresie redukcji zużycia energii u odbiorców. Za ogrzewanie we Francji odpowiada głównie gaz, źródła odnawialne i energia elektryczna. Inne stosowane paliwa do ogrzewania to olej i w małym stopniu węgiel. Francja posiada najwięcej biometanowni w Europie i w roku 2020 wytworzyła ok. 2 TWh biometanu. Francja kontynuuje szybki wzrost produkcji biometanu, modernizując 306 działających zakładów¹⁶. Francuska strategia w zakresie biometanu jest częścią Wieloletniego Planu Energetycznego, określającego plan działania do roku 2028. Główny cel dla biometanu to zwiększenie produkcji trafiającej do sieci do 6 TWh w roku 2023 oraz od 14 do 22 TWh w roku 2028 (6%-8% całkowitego zużycia gazu)¹⁷.

Oprócz biometanu Francja posiada też krajową strategię rozwoju zdekarbonizowanego i odnawialnego wodoru. W ramach tej strategii Francja założyła cel instalacji 6,5 GW elektrolizerów do roku 2030. Rząd przeznaczył 1,5 miliarda € na inwestycje w rozwój francuskiego sektora elektrolizy.

4.2.2.2 Wyniki dla ścieżki

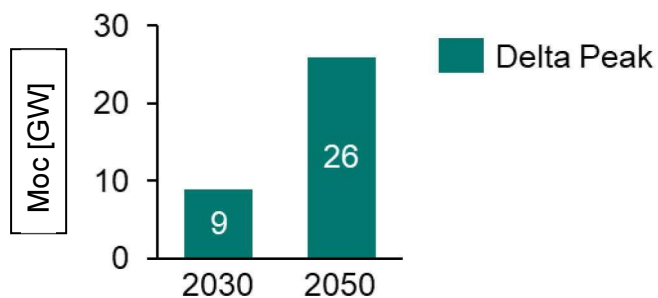
W porównaniu ze ścieżką A, łączne oszczędności kosztowe dla ścieżki B wyniosą 107 miliardów Euro do 2050 r., z czego 48 miliardów pochodzi z budynków (powłoki, system ogrzewania i koszty energii), a 59 miliardów z oszczędności na infrastrukturze (sieć energetyczna i gazowa, dodatkowa zdolność wytwórcza).

Oszczędności na infrastrukturze są najwyższe i wynikają głównie z niższego zapotrzebowania szczytowego ścieżki B w porównaniu ze ścieżką A. W roku 2030 różnica wynosi 9 GW, aby urosnąć do 26 GW w 2050 r. Wartości te wynikają ze strefy klimatycznej, z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło w danej strefie.

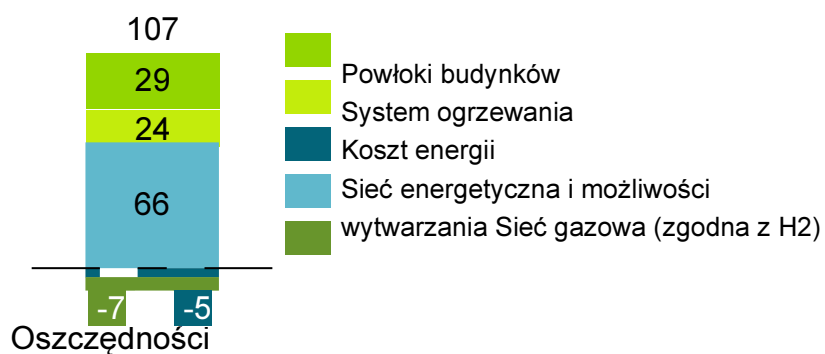
¹⁶ Raport dotyczący stanu rynku i trendów 2021, Gas for Climate, <https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/12/Gas-for-Climate-Market-State-and-Trends-report-2021.pdf>

¹⁷ French Ministry of Ecological Transition, Executive Summary – French Strategy for Energy and Climate, Multiannual Energy Plan, 2019-2023, 2024-2028, <https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/PPE-Executive%20summary.pdf>

Rys. 16 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych we Francji dla ścieżki B w porównaniu z A



Rys. 17 Łączne oszczędności kosztowe* we Francji dla ścieżki B do roku 2050



** Na podstawie wyników dla strefy z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło.*

4.2.3 Włochy

4.2.3.1 Wstęp

We Włoszech obowiązuje szereg praw, które finansowo motywują działania na rzecz efektywności energetycznej i remonty budynków: Prawo Budżetowe, Dekret Prawa 34/2020 oraz Dekret Ustawodawczy 48/2020. W kwestii efektywności energetycznej budynków, istnieje wymaganie minimalne dla nowych i istniejących budynków. Istniejące budynki muszą przejść kapitalny remont, odpowiedni dla rodzaju budynku i strefy klimatycznej. Nowe budynki PA, posiadane lub zamieszkane, powinny być NZEB (budynki okołozeroenergetyczne) od 1 stycznia 2019, wszystkie inne nowe budynki od 1 stycznia 2019¹⁸. Włochy zachęcają administrację publiczną i osoby prywatne do wdrażania działań na rzecz poprawy efektywności energetycznej w budynkach i instalacjach technicznych, jak również wytwarzania ciepła z energii odnawialnej w ramach planu Konta Termicznego (Conto Termico)¹⁹.

W 2019 udział włoskiego sektora mieszkalnego w ogólnym zużyciu energii wyniósł 27,8%. W zużyciu energii przez gospodarstwa domowe dominuje gaz, drewno i energia elektryczna²⁰.

Pierwszy Dekret Biometanu wprowadzony w 2018 r. określa cele dla produkcji biometanu. Cele te ograniczono do sektora transportowego.

Trwają prace nad nowym Dekretem Biometanu, obejmującym inne sektory oprócz transportu. Oczekuje się, iż nowy mechanizm motywacji będzie promować wytwarzanie dodatkowych 2,3-2,5 mld m³/r biometanu w celu dekarbonizacji sektora przemysłowego i mieszkalnego. Celem tego mechanizmu jest stymulacja produkcji biometanu z sektora rolnego oraz promocja przebudowy istniejących biogazowni oraz budowy nowych.

Oprócz biometanu Włochy inwestują również w wodór. W listopadzie 2020 Ministerstwo Rozwoju Gospodarczego opublikowało pierwsze Wytyczne dla Państwowej Strategii Wodorowej. Wytyczne przewidują 10 miliardów € inwestycji publicznych i prywatnych w produkcję, dystrybucję, badania i rozwój wykorzystania wodoru²¹.

4.2.3.2 Wyniki ścieżki

W porównaniu ze ścieżką A, łączne oszczędności kosztowe dla ścieżki B wyniosą 101 miliardów Euro do 2050 r., z czego 37 miliardów pochodzi z budynków (powłoki, system ogrzewania i koszty energii), a 64 miliardy z oszczędności na infrastrukturze (sieć energetyczna i gazowa, zdolność wytwórcza).

Oszczędności na infrastrukturze są najwyższe i wynikają głównie z niższego zapotrzebowania szczytowego ścieżki B w porównaniu ze ścieżką A. W roku 2030 różnica wynosi 9 GW, aby urosnąć do 29 GW w 2050 r. Wartości te wynikają ze strefy klimatycznej, z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło w danej strefie.

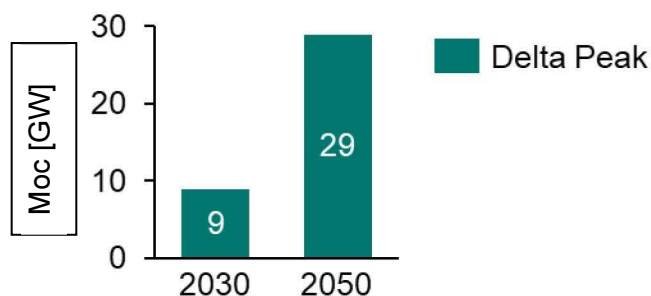
¹⁸ <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-trends-policies-profiles/italy.html>

¹⁹ <https://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-italy.pdf>

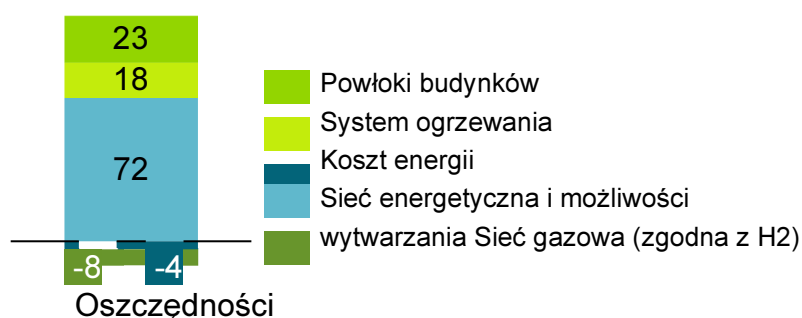
²⁰ Raport Statystyczny EBA 2020

²¹ Raport. dot. sytuacji rynkowej i trendów 2021, Gaz dla Klimatu, <https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/12/Gas-for-Climate-Market-State-and-Trends-report-2021.pdf>

Rys. 18 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych we Włoszech dla ścieżki B w porównaniu z A



Rys. 19 Łączne oszczędności kosztowe* we Włoszech dla ścieżki B do roku 2050



* Na podstawie wyników dla strefy z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło.

4.2.4 Hiszpania

4.2.4.1 Wstęp

Hiszpania ma dwa główne mechanizmy poprawy efektywności energetycznej sektora budowlanego. Po pierwsze, Państwowy Plan Mieszkaniowy, obejmujący miejską i wiejską renowację i regenerację. Państwowy Plan Mieszkaniowy obejmuje programy finansowania prac w zakresie poprawy wydajności energetycznej i równowagi, ze szczególnym naciskiem na powłoki wielorodzinnych budynków mieszkalnych i domów jednorodzinnych. Konieczna jest 20%-30% redukcja rocznego zapotrzebowania na energię przez ogrzewanie i klimatyzowanie budynków.

Po drugie, Program Pomocy dla działań w zakresie odzyskiwania energii w istniejących budynkach (PREE). PREE posiada budżet w wysokości 300 milionów EUR, a jego celem jest przyspieszenie termomodernizacji istniejących budynków²².

Sektor budynków mieszkalnych i usługowych odpowiada za 31,4% ostatecznego zużycia energii wynoszącego 82,1 Mtoe w 2018 r. Ok. 43% tego zużycia wynika bezpośrednio z ogrzewania. W Hiszpanii zużycie energii przez gospodarstwa domowe zdominowane jest przez energię elektryczną, gaz ziemny oraz w równym stopniu olej opałowy i źródła odnawialne²³.

Hiszpański plan działań w zakresie biogazu ma na celu zwiększenie produkcji i zużycia biogazu i biometanu w krótkim i średnim okresie czasu. Hiszpania przewiduje największą rolę dla biometanu w transporcie ciężkim, oraz jako substytut gazu ziemnego w sieci²⁴. Hiszpania posiada 120 biogazowni, które w 2019 r. wyprodukowały 8 TWh. W Hiszpanii najczęściej występuje biogaz pochodzący ze ścieków. W zakresie wodoru, Hiszpańska

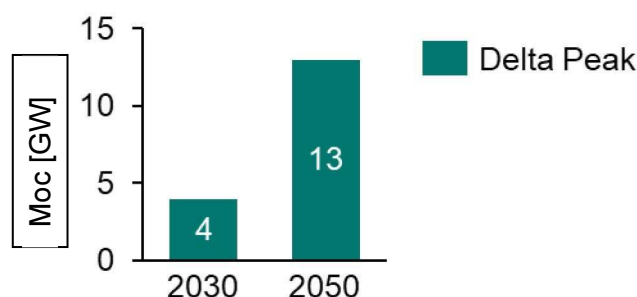
Wizja 2030 przewiduje moc zainstalowaną 4 GW elektrolizerów. Według szacunków, do roku 2024 moc zainstalowana elektrolizerów wynosić będzie od 300 do 600 MW. Hiszpania chce wspierać odnawialny wodór poprzez uproszczenie procedur administracyjnych, bezpośrednie/hydrauliczne rurociągi komunalne oraz system odnawialnego wodoru GoGO²⁵.

4.2.4.2 Wyniki ścieżki

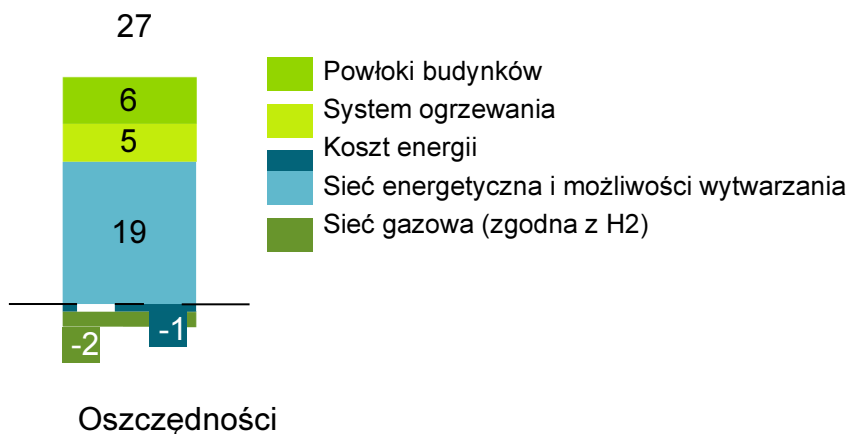
W porównaniu ze ścieżką A, łączne oszczędności kosztowe dla ścieżki B wyniosą 27 miliardów Euro do 2050 r., z czego 10 miliardów pochodzi z budynków (powłoki, system ogrzewania i koszty energii), a 17 miliardów z oszczędności na infrastrukturze (sieć energetyczna i gazowa, dodatkowa zdolność wytwórcza).

Oszczędności na infrastrukturze są najwyższe i wynikają głównie z niższego zapotrzebowania szczytowego ścieżki B w porównaniu ze ścieżką A. W roku 2030 różnica wynosi 4 GW, aby urosnąć do 13 GW w 2050 r. Wartości te wynikają ze strefy klimatycznej, z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło w danej strefie.

Rys. 20 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych w Hiszpanii dla ścieżki B w porównaniu z A



Rys. 21 Łączne oszczędności kosztowe* w Hiszpanii dla ścieżki B do roku 2050



* Na podstawie wyników dla strefy z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło.

²²Raport wydajności energetycznej – Hiszpania <https://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/energy-efficiency-spain.pdf>

²³Raport statystyczny EBA 2020

²⁴The News 24, "Rząd wprowadza plan działań promowania biogazu w Hiszpanii," 15 lipca 2021, <https://www.then24.com/2021/07/15/the-government-launches-the-roadmap-to-promote-biogas-in-spain/>.

²⁵Ministerstwo Transformacji Ekologicznej i Wyzwań Demograficznych, Plan Działań dla Wodoru, 14 październik 2020, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/energy_climate_change_environment/events/presentations/02.03.02_mf34_presentation-spain-hydrogen_roadmap-cabo.pdf.

4.2.5 Polska

4.2.5.1 Wstęp

Polska wprowadziła rozwiązania w zakresie działań na rzecz poprawy wydajności energetycznej budynków. Rozwiązania te powinny zapewnić 43 GWh oszczędności energetycznych w latach 2021-2030. Polska posiada kilka mechanizmów finansowania, których celem jest zwiększenie równowagi sektora budowlanego. Dwa szczególnie interesujące to Fundusz Termomodernizacji i Remontów, oraz Ulga Termomodernizacyjna. Głównym celem Funduszu Termomodernizacji i Remontów jest zapewnienie wsparcia finansowego dla inwestorów podejmujących projekty termomodernizacji i remontów oraz wypłata rekompensat właścicielom budynków mieszkalnych. Przewidywane oszczędności energetyczne w latach 2021-2030 wynoszą 70 ktoe/rok. Drugie z nich, Premia Termomodernizacyjna, to ulga podatkowa umożliwiająca odliczenie od dochodu wydatków związanych z wdrożeniem projektów termomodernizacyjnych w jednorodzinnych budynkach mieszkalnych. Przewiduje się, iż w okresie 2021-2030 premia ta zapewni 200 ktoe oszczędności rocznie.

W roku 2019 w Polsce zużycie energii przez gospodarstwa domowe wyniosło 18.2 Mtoe, z czego 63,1% stanowiło ogrzewanie przestrzeni. W ostatecznym zużyciu energii w sektorze mieszkalnym dominuje gaz ziemny, węgiel i energia elektryczna.

Polska jest w czołowej trójce krajów UE o największej dziennej produkcji wodoru²⁷. Przewiduje się, iż Polska będzie jednym z krajów o najwyższym udziale energii elektrycznej wytworzonej z wodoru. Szacuje się, iż do 2050 r. Polska posiadać będzie największy udział energii elektrycznej wytworzonej z wodoru, wynoszący ok. 17%²⁸. Trwają rozmowy w zakresie wsparcia finansowego w celu rozpoczęcia produkcji biometanu w Polsce. W roku 2019 Polska posiadała 315 biogazowni, które w 2019 wytworzyły 3 TWh.

4.2.5.2 Wyniki ścieżki

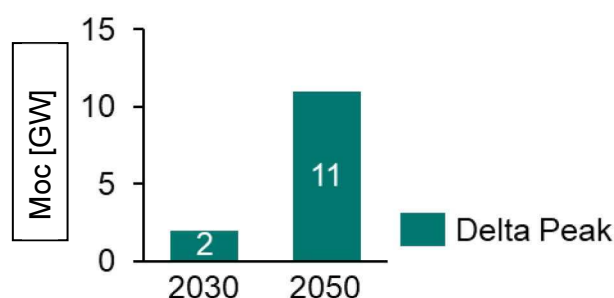
W porównaniu ze ścieżką A, łączne oszczędności kosztowe dla ścieżki B wyniosą 35 miliardów Euro do 2050 r., z czego 12 miliardów pochodzi z budynków (powłoki, system ogrzewania i koszty energii), a 23 miliardy z oszczędności na infrastrukturze (sieć energetyczna i gazowa, powiększenie zdolności wytwórczej). Oszczędności na infrastrukturze są najwyższe i wynikają głównie z niższego zapotrzebowania szczytowego ścieżki B w porównaniu ze ścieżką A. W roku 2030 różnica wynosi 2 GW, aby urosnąć do 11 GW w 2050 r. Wartości te wynikają ze strefy klimatycznej, z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło w danej strefie.

²⁶ <https://www.odyssee-mure.eu/publications/efficiency-trends-policies-profiles/poland.html>

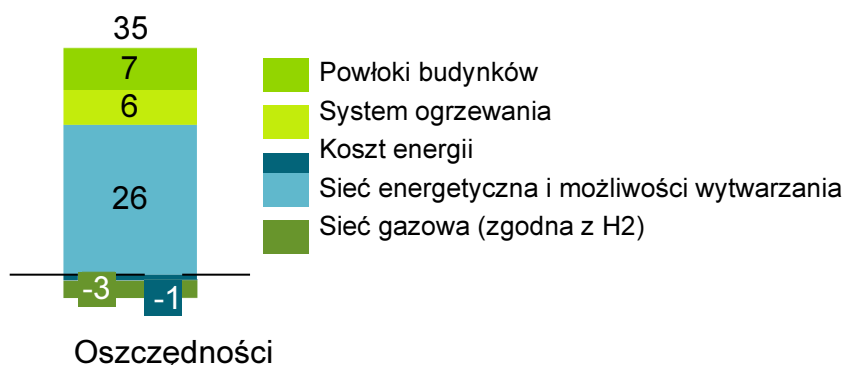
²⁷ Fuel Cell and Hydrogen Observatory, 2020a

²⁸ European Hydrogen Backbone. Analysing future demand, supply, and transport of hydrogen. June 2021 via https://gasforclimate2050.eu/wp-content/uploads/2021/06/EHB_Analysing-the-future-demand-supply-and-transport-of-hydrogen_June-2021_v3.pdf

Rys. 22 Redukcja elektrycznych wartości szczytowych w Polsce dla ścieżki B w porównaniu z A



Rys. 23 Łączne oszczędności kosztowe* w Polsce dla ścieżki B do roku 2050



* Na podstawie wyników dla strefy z uwzględnieniem udziału krajowego zapotrzebowania na ciepło.

5. Wnioski

Porównanie obu ścieżek prowadzi do następujących wniosków:

Szerszy mix technologii zapewnia efektywną kosztowo ścieżkę, dzięki której społeczeństwo może osiągnąć dekarbonizację budynków do roku 2050.

Przedstawiona analiza wykazała, że cele energetyczne i klimatyczne KE można osiągnąć dzięki obu ścieżkom i wymagają one zasadniczej i przyspieszonej transformacji sektora grzewczego oraz znaczących inwestycji.

W tym kontekście, ścieżka B – wykorzystująca potencjał kilku różnych wybranych technologii ogrzewania i nośników energii – wymaga niższych kosztów inwestycji i, w porównaniu ze ścieżką A, pozwala zaoszczędzić pieniądze użytkownikom końcowym i społeczeństwu: ogółem prawie 530 miliardów euro do roku 2050, przez co jest bardziej wykonalna i akceptowalna społecznie. Oszczędności te wynikają z konieczności realizacji niższych inwestycji w infrastrukturę, powłoki budynków i system ogrzewania. Wybrana kompozycja technologii ogrzewania ma wpływ na koszty infrastruktury. W tym przypadku rozważone zostały dodatkowe koszty dla systemu elektrycznego – zarówno dla: sieci i zdolności wytwórczych – w okresach szczytowych wywołanych przez konieczność ogrzewania podczas ciemnego, bezwietrznego zimowego tygodnia, kiedy produkcja elektryczności odnawialnej jest wysoce ograniczona²⁹. Inwestycje w sieć gazową, z uwagi

na zastosowanie wodoru, również są rozważane, jednak ich wpływ ogranicza się do potrzeb systemu elektroenergetycznego i stosowany jest znaczny udział biometanu. Końcowy zestaw rozwiązań proponowanych przez szerszy wachlarz technologii ścieżki B umożliwi redukcję dodatkowego, szczytowego zapotrzebowania na elektryczność o ponad 50% w roku 2050, a porównaniu ze ścieżką A. Oznacza to, że do roku 2050 łączne oszczędności na rozbudowie sieci i zdolności wytwarzania wyniosą 340 miliardów EUR. Dla porównania, wyższy udział wodoru w ścieżce B wymaga modernizacji sieci dystrybucji gazu, w celu zastosowania dedykowanych rurociągów do przesyłania wodoru. Szacowane koszty wynoszą 50 miliardów Euro do 2050 r.

Szybka wymiana nieefektywnych systemów ogrzewania, działania w zakresie efektywności energetycznej, hydrauliczne pompy ciepła i instalacje hybrydowe to klucze do osiągnięcia celów klimatycznych na 2030 r.

Sektor grzewczy – jako obecny konsument 33%¹¹ całego gazu ziemnego w UE – stoi na czele starań w obszarze zmniejszenia zapotrzebowania na gaz ziemny. Redukcja zużycia gazu stała się jeszcze pilniejsza wskutek wojny na Ukrainie i wynikającego z niej zapisy zawarte w REPowerEU. Dwie ścieżki dekarbonizacji prezentują, jak można osiągnąć cele dekarbonizacji poprzez różnorodne działania: zwiększenie efektywności energetycznej, przyspieszenie wymiany nieefektywnych kotłów, przyspieszone wprowadzenie hydraulicznych pomp ciepła, hybrydowe systemy grzewcze i hybrydyzację jako wykorzystanie mixu dostępnych technologii, oraz efektywne kosztowo wykorzystanie gazów odnawialnych. Ilość gazu ziemnego zużywanego w 2030 r. miałaby stanowić jedynie 55% obecnego zapotrzebowania na gaz ziemny (ścieżka B).

Działania w zakresie efektywności powłok budynków są skuteczne w dłuższej perspektywie (2050), ale nie mogą odgrywać dominującej roli w osiągnięciu celów krótkofalowych do 2030. Poprzez podwojenie tempa wymian i zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło o ok. 10%, można je osiągnąć do 2030 r., ale wymaga to wielu starań. Aby osiągnąć niezbędną redukcję emisji, konieczne jest również znaczne zwiększenie tempa wymian systemów ogrzewania do 5% w roku 2025 i do 6% w 2030, w połączeniu z naciskiem na wymianę starych i nieefektywnych urządzeń. W pełni elektryczne pompy ciepła zapewnią istotne zmniejszenie emisji i uzależnienia od paliw kopalnych. Jednak obecnie nie można ich zainstalować we wszystkich budynkach, gdyż niektóre z nich wymagają termomodernizacji oznaczającej wysokie koszty inwestycyjne, a system energetyczny nie jest jeszcze przygotowany na zaspokojenie wysokiego, szczytowego zapotrzebowania na prąd podczas bezwietrznych zimowych tygodni.

Dlatego niezbędny będzie szerszy mix technologii do ogrzewania i nośników energii – pod warunkiem, że będą one w pełni kompatybilne z celami dekarbonizacji. Wprowadzenie nowych, hybrydowych pomp ciepła i hybrydyzacja istniejących instalacji grzewczych w tym efektywnych kotłów kondensacyjnych odegra szczególną rolę, gdyż umożliwią one szybkie zmniejszenie zapotrzebowania na gaz, nie obciążając przy tym dodatkowo systemu elektroenergetycznego. W zasadzie, w okresach szczytowych układy hybrydowe mogą całkowicie przełączać się na rosnący udział ekologicznych paliw gazowych, przez co nie powodują dodatkowego, szczytowego zapotrzebowania na energię.

29 Powyższe wymagania wynikają w całości z elektryfikacji ogrzewania. Oznacza to, iż nie uwzględniają inwestycji niezbędnych do elektryfikacji innych użytkowników końcowych, tj. transport lub instalacji odnawialnych, tj.: fotowoltaiki

30 Należy wziąć pod uwagę, iż elementy modernizacji mogą być niezbędne dla przemysłu, np. SME niepodłączonych do sieci gazowych, lub nastąpią niezależnie wokół tzw. alei wodorowych.

Tylko sektor mieszkalny (ACER, <https://www.acer.europa.eu/gas-factsheet>)

W rezultacie wpływ elektryfikacji ogrzewania na dodatkowe możliwości systemu jest znacznie ograniczony. Kiedy na późniejszym etapie w budynku przeprowadzone zostaną dodatkowe działania w zakresie podwyższenia efektywności, pompy ciepła będą mogły pracować bez wsparcia ze strony kotła.

Jednym z głównych elementów na drodze do osiągnięcia zeroemisyjności netto w 2050 roku jest zmniejszenie ogólnego zapotrzebowania budynków na energię. Z tego względu podwojenie tempa remontów, opartych na odpowiednio kompleksowych modernizacjach, to w obu ścieżkach kluczowy czynnik dla osiągnięcia celów dla sektora we wszystkich budynkach określonych w dyrektywie o efektywności energetycznej budynków do roku 2050.

Inne technologie ogrzewania, takie jak mikro-kogeneracja (np. ogniwa paliwowe), termiczne pompy ciepła, kotły na biomasę, ciepło z energii słonecznej i ekologiczne paliwa płynne również znacznie przyczynią się do dekarbonizacji budynków, zależnie od konkretnego przypadku użytkowania. Ponadto, zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło – i przygotowanie zasobów budowlanych na wykorzystanie pomp ciepła – wspierane jest przez ogrzewanie podłogowe i inne efektywne niskotemperaturowe wymienniki ciepła.

Taki przyrost modernizacji powłok budynków oraz wymiana starych i nieefektywnych źródeł ciepła oznacza coraz większą potrzebę dodatkowej siły roboczej. Niezbędni będą zarówno instalatorzy, jak i budowlancy. W szczególności do osiągnięcia docelowych planów klimatycznych konieczni będą instalatorzy pomp ciepła. Ponadto, ścieżka B wymaga mniejszej ilości dodatkowych robotników budowlanych niż obecnie, z uwagi na mniejszy zakres koniecznych remontów.

Zielone gazy odgrywają ważną rolę w dekarbonizacji budynków

W niniejszej analizie wykorzystanie zielonych gazów do ogrzewania jest elementem obu ścieżek, ale odgrywa ważniejszą rolę w ścieżce B. Zielone gazy nie zastąpią paliw kopalnych w stosunku jeden do jednego. Wyjaśnia to kilka czynników, mianowicie dostępność i koszt, ale też poważna transformacja zapotrzebowania energetycznego budynków, dla której przewiduje się istotny spadek. Spadek ten wynikać będzie z nasilonych działań w zakresie poprawiania efektywności energetycznej i większej liczby remontów, przy czym efektywne technologie, w szczególności pompy ciepła – samodzielne lub w układach hybrydowych – będą coraz częściej wprowadzane w ramach przyspieszonej elektryfikacji.

Należy wziąć pod uwagę fakt, iż różne sektory mogą konkurować o dostęp do gazów zdekarbonizowanych; tym niemniej sektor grzewczy może napędzać podaż i spadek kosztów na wczesnych etapach dostaw wodoru. Ważne jest, iż sektor grzewczy już dziś może przyjąć znaczący udział wodoru³². Cel REPowerEU³³ dla dostaw biometanu w 2030 r. wynosi ok. 350 TWh (35 mln m³), natomiast zwiększone cele dostaw wodoru przekraczają 600 TWh do roku 2030 i sugeruje się jego przyłączenie do sieci dystrybucyjnej. Z tego względu zakłada się, iż do roku 2030 sektor budowlany może otrzymać znaczący udział całości dostaw biometanu (ok. 40%), również z uwagi na często zdecentralizowany charakter produkcji biometanu, oraz mniejsze części całościowych dostaw wodoru (ok. 5-10% w ścieżce B).

³² Dekarbonizacja łańcucha gazowego, rozwiązania w obliczu wyzwań i zalecenia(2021)
https://entsog.eu/sites/default/files/2022-02/Prime-Movers-Group-GQ%20and%20H2_SG2%20report_FINAL.pdf

³³ https://energy.ec.europa.eu/system/files/2022-05/SWD_2022_230_1_EN_autre_document_travail_service_part1_v3.pdf

Do roku 2050 Ścieżka B wymaga mniej niż jednej trzeciej obecnego zużycia paliw gazowych w sektorze grzewczym, przy założeniu odejścia od wykorzystywania gazu ziemnego. Całkowite zapotrzebowanie na gazy odnawialne (biometan i wodór) do roku 2050 wyniesie 395 TWh/rok.

Korzyści z szerokiego wyboru technologii dla użytkowników końcowych

Inną korzyścią wynikającą z umożliwienia stosowania bardziej zrównoważonego mixu technologicznego jest uwzględnienie studium wykonalności dla ścieżek dekarbonizacji ogrzewania w różnych sytuacjach budowlanych i grupach dochodowych oraz umożliwienie zastosowania dostosowanych i przyrostowych rozwiązań w zakresie redukcji emisji. Dekarbonizacja sektora budowlanego z pewnością wpłynie na konsumentów końcowych. Szerszy zestaw technologii pozwala obywatelom wybrać najlepsze rozwiązanie dla ich konkretnej sytuacji, jeśli potrzebują nowego systemu grzewczego lub wdrażają działania związane z poprawą efektywności energetycznej. Tym samym pozwala na bardziej ekonomiczne rozwiązywanie poszczególnych przypadków.

W przypadku niektórych budynków kompleksowy remont i elektryfikacja to bardzo skuteczne rozwiązanie. Jednak przeszkody, takie jak wysokie inwestycje początkowe, potrzebni pracownicy itp. ograniczają wykonalność i rzeczywistą realizację. W takich sytuacjach budowlanych wymagane wcześniej głębokiej renowacji i dopuszczenie ograniczonych opcji systemów grzewczych niesie ze sobą ryzyko ominięcia rzeczywistości społecznej dotkniętych tym problemem użytkowników końcowych. Projekty pełnej renowacji wiążą się z wysokimi inwestycjami początkowymi w budynki. Zamiast tego ścieżka z wykorzystaniem szerokiej różnorodności technologii zapewnia rozwiązanie umożliwiające niższy początkowy koszt inwestycji (np.: -50% dla instalacji hybrydowej w porównaniu do całkowicie elektrycznej pompy ciepła z odpowiednimi modernizacjami). Pozwala to na dostosowany do potrzeb wybór systemu grzewczego o podobnym potencjale redukcji emisji i może okazać się bardziej efektywny z punktu widzenia systemu. Remont "krok po kroku" (remont etapowy) jest więc w niektórych przypadkach bardziej przystępny, gdy w grę wchodzi niższe grupy dochodowe. Może nawet przyspieszyć redukcję emisji, ponieważ obniża się finansowa przeszkoda do działania. Wywołuje to szybsze i zdecydowane działania w celu zmniejszenia zużycia energii w sektorze budowlanym.

6. Zalecenia dotyczące polityki

1. **Przyspieszenie obniżenia emisyjności budynków poprzez najbardziej opłacalny zestaw działań, tak aby był on skuteczny również w przypadku budynków "trudnych do obniżenia emisyjności" i aby zmieścić się w pozostałym budżecie na emisję dwutlenku węgla.**

Z analizy wynika, że dekarbonizacja budynków jest kluczowa i że jest to zagadnienie złożone. Dla każdego pojedynczego budynku zależy to od jego sytuacji wyjściowej oraz indywidualnych uwarunkowań dotyczących właścicieli i użytkowników. Działania obejmują wymianę starych systemów grzewczych na efektywne, gotowe do wykorzystania lub współpracy z odnawialnymi źródłami energii i przyszłościowe technologie, hybrydyzację, podejmowanie działań po stronie popytu, takich jak termiczna poprawa powłok zewnętrznych budynków i instalacja niskotemperaturowych wymienników ciepła, przejście na bezemisyjne nośniki energii, łączenie sektorów i odpowiednie działania po stronie podaży, takie jak optymalny dobór mocy wytwórczych, przesyłowych, dystrybucyjnych i magazynowych zarówno w przypadku energii elektrycznej, jak i gazu.

2. **Umożliwienie stosowania szerokiego zestawu wysokoefektywnych, gotowych do wykorzystania odnawialnych źródeł energii i przyszłościowych technologii grzewczych oraz zabezpieczenie skutecznego przejścia na bezemisyjny system energetyczny**

Należy uwzględnić lokalny rozwój systemu energetycznego (wytwarzanie, sieci). Dlatego też instrumenty polityczne powinny umożliwiać rozwiązania dostosowane do potrzeb w zależności od pozycji wyjściowej, ponieważ nie istnieje rozwiązanie "uniwersalne". Na przykład: pompy ciepła są odpowiednim rozwiązaniem dla wszystkich budynków przygotowanych na rozwiązania niskotemperaturowe, podczas gdy instalacje hybrydowe, kotły przyszłościowe i gotowe do wykorzystania odnawialnych źródeł energii są rozwiązaniami dla etapowych renowacji, dla budynków z ograniczonymi możliwościami dalszego ulepszania powłoki budynku.

Ponadto indywidualne wybory systemu grzewczego mają wpływ na infrastrukturę energetyczną i dobór możliwego mixu energetyczny i odpowiednich technologii. Dlatego też inteligentne instrumenty polityczne powinny zmierzać w kierunku całościowego, oczekiwanego rynku ciepłowniczego, który uwzględni ograniczenia całych systemów energetycznych i zapewnia elastyczność umożliwiającą rozwiązania w zależności od pozycji wyjściowej.

Indywidualna ścieżka modernizacji jest dobrym rozwiązaniem, które uwzględnia pozycję wyjściową budynku oraz indywidualną sytuację właścicieli i użytkowników, a także lokalny rozwój systemu energetycznego (wytwarzanie, sieci) i może pokazać plan efektywnej, stopniowej renowacji budynku.

3. **Wspieranie szybkiej wymiany (ok. 6%/rok) nieefektywnych źródeł ciepła i optymalizacji systemów ogrzewania wodnego z pompami ciepła, hybrydowymi systemami z pompami ciepła, rozwiązaniami gotowymi na gazy odnawialne i innymi kluczowymi technologiami dekarbonizacji ogrzewania**

Aby osiągnąć cele na rok 2030, wymiana starych nieefektywnych systemów grzewczych na efektywne i gotowe do wykorzystania odnawialne technologie, w szczególności pompy ciepła i hybrydowe pompy ciepła, jest kluczowa i powinna być wspierana. Powinno to być dodatkowo wsparte rozwiązaniami gotowymi na gazy odnawialne i inne kluczowe technologie dekarbonizacji ogrzewania. Należą do nich m.in. kotły przystosowane do wykorzystania energii odnawialnej, pompy ciepła z napędem termicznym, kotły na biomasę, jednostki mikrokogeneracyjne i ogniwa paliwowe, a także systemy solarne wykorzystujące kolektory słoneczne i magazyny ciepła.

4. **Wspieranie niezbędnych inwestycji wstępnych na rzecz większej efektywności energetycznej w budynkach, efektywnych i gotowych do wykorzystania odnawialnych źródeł energii systemów grzewczych oraz systemu elektroenergetycznego w celu osiągnięcia przystępnej cenowo dla użytkowników końcowych transformacji.**

Obie ścieżki pokazują, że dekarbonizacja sektora budowlanego jest szeroko zakrojoną transformacją i wymaga dużych inwestycji z góry w różnego rodzaju działania. Dlatego instrumenty polityczne powinny zapewnić stałe wysokie inwestycje w technologie dekarbonizacyjne.

5. Zapewnienie dostępności niezbędnej, wykwalifikowanej siły roboczej dzięki inicjatywom w zakresie szkoleń i przekwalifikowania w sektorze prywatnym i publicznym

Obie ścieżki wymagają dużego wzrostu liczby wykwalifikowanych pracowników, dlatego należy wspierać rozwój systemów szkoleń i kwalifikacji dla instalatorów i firm instalacyjnych.

6. W odniesieniu do powłok zewnętrznych budynku ważne jest, aby dążyć do stosowania najbardziej opłacalnych działań na rzecz polepszania efektywności energetycznej w celu osiągnięcia pożądaných standardów dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków

Instrumenty polityczne powinny zachęcać do inwestycji ukierunkowanych na opłacalne i bardziej ambitne poziomy efektywności dla elementów budynków.

7. Stymulowanie wzrostu udziału energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych oraz uwzględnienie w planowaniu sieci oceny skutków elektryfikacji ogrzewania i jej potencjału w zakresie elastyczności po stronie popytu

Elektryfikacja wymaga dostępności odnawialnej energii elektrycznej. Wymaga to również dostosowania infrastruktury dystrybucji energii elektrycznej i elastycznych mocy wytwórczych, jak również pełnego wykorzystania potencjału elastyczności strony popytowej i integracji systemu.

8. Stymulowanie wzrostu produkcji gazów zielonych i zapewnienie dostępności dobrze zdefiniowanych ilości dla sektora ciepłowniczego w celu osiągnięcia celów na rok 2030 i 2050. Przyspieszenie dla dostosowania infrastruktury dystrybucji energii elektrycznej i gazu w celu zwiększania efektywności systemu i integracji sektorowej. W stosownych przypadkach wspieranie dalszego zaangażowania lokalnych operatorów sieci w planowanie regionalne

Ścieżka B, która z punktu widzenia społeczeństwa jest bardziej odpowiednia, zakłada zwiększenie wykorzystania biometanu i innych gazów zielonych, aby osiągnąć cele dla roku 2030 i zmniejszyć zależność od gazu rosyjskiego. W obu przypadkach konieczne i uzasadnione jest również dostosowanie infrastruktury dystrybucji energii elektrycznej i gazu.

9. Poprzez politykę produktową i klimatyczną (ekoprojekt i etykietowanie energetyczne) wspierać innowacje i wdrażanie wysokoefektywnych technologii grzewczych, gotowych na zeroemisijne nośniki energii, w tym "gotowość" do zasilania wodorem i innymi zielonymi gazami

Ramy polityczne powinny przyczynić się do przejścia na technologie przyszłościowe, zdolne do działania na ekologicznych nośnikach energii, z myślą o dopasowaniu do różnych rodzajów budynków i potrzeb lokalnych. Celem jest, aby inwestycje były "dopasowane" do ścieżki dekarbonizacji, bez wywoływania efektów zamknięcia.

10. Zapewnienie wysokiej sprawności systemów grzewczych w eksploatacji

Można to uznać za kluczowy element sprawiedliwego, przystępnego kosztu energii i rozsądnego zwrotu nakładów inwestycyjnych na zeroemisijne systemy grzewcze.

Załącznik A. Dane wejściowe Model BEAM

A.1 Budynki referencyjne

A.1.1 Definicja budynków referencyjnych

W sektorze mieszkaniowym budynki referencyjne dla każdej strefy referencyjnej oraz dla istniejących i nowych budynków zostały opracowane na podstawie budynków referencyjnych TABULA34 każdego państwa członkowskiego dla:

- Dom jednorodzinny (SFH)
- Mały dom wielorodzinny (SMFH)
- Duży dom wielorodzinny (SMFH)

W poniższych tabelach przedstawiono główne parametry geometrii dla referencyjnych budynków mieszkalnych (istniejących i nowych).

Tabela 2: Dom jednorodzinny (SFH), istniejące budynki na strefę referencyjną

Parametr	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Całkowita powierzchnia podłogi	106	126	187	159	157	m ²
Liczba mieszkań	1	1	1	1	1	-
Średnia wysokość pomieszczenia	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	m
Ściany zewnętrzne	153	120	158	200	165	m ²
Okna	22	25	36	28	22	m ²
Sufit piwnicy	106	73	114	122	83	m ²
Dach/sufit górny	112	79	129	127	88	m ²

Tabela 3: Mały dom wielorodzinny (SMFH), istniejące budynki na strefę referencyjną

Parametr	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Całkowita powierzchnia podłogi	455	503	391	427	633	m ²
Liczba mieszkań	6	6	5	4	6	-
Średnia wysokość pomieszczenia	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	m
Ściany zewnętrzne	364	383	397	504	685	m ²
Okna	104	92	90	89	87	m ²
Sufit piwnicy	176	191	171	189	251	m ²
Dach/sufit górny	211	205	171	209	278	m ²

³⁴ TABULA; EPISCOPE (2021): *Typologia budynku*. Dostępny online na stronie <https://episcopo.eu/building-typology/>, dostęp 1/29/2021.

Tabela 4: Duży dom wielorodzinny (LMFH), istniejące budynki wg strefy referencyjnej

Parametr	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Całkowita powierzchnia podłogi	1 418	2 333	3 585	1 729	1 858	m ²
Liczba mieszkań	17	33	74	24	23	-
Średnia wysokość pomieszczenia	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	m
Ściany zewnętrzne	862	1 439	2 056	1 262	1 479	m ²
Okna	247	428	850	377	265	m ²
Sufit piwnicy	491	473	544	402	392	m ²
Dach/sufit górny	494	481	579	442	386	m ²

Tabela 5: Dom jednorodzinny (SFH), nowe budynki na strefę referencyjną

Parametr	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Całkowita powierzchnia podłogi	112	132	229	272	138	m ²
Liczba mieszkań	1	1	2	1	1	-
Średnia wysokość pomieszczenia	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	m
Ściany zewnętrzne	188	139	227	237	145	m ²
Okna	25	25	43	40	21	m ²
Sufit piwnicy	116	82	121	190	89	m ²
Dach/sufit górny	118	86	147	201	90	m ²

Tabela 6: Mały dom wielorodzinny (SMFH), nowe budynki na strefę referencyjną

Parametr	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Całkowita powierzchnia podłogi	409	419	409	399	637	m ²
Liczba mieszkań	5	7	5	4	8	-
Średnia wysokość pomieszczenia	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	m
Ściany zewnętrzne	383	395	383	370	611	m ²
Okna	72	73	72	71	127	m ²
Sufit piwnicy	152	191	152	112	159	m ²
Dach/sufit górny	160	191	160	129	159	m ²

Tabela 7: Duży dom wielorodzinny (LMFH), nowe budynki na strefę referencyjną

Parametr	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Całkowita powierzchnia podłogi	1 377	2 052	6 565	2 390	2 477	m ²
Liczba mieszkań	16	27	153	34	29	-
Średnia wysokość pomieszczenia	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	m
Ściany zewnętrzne	868	1 216	3 432	1 274	1 821	m ²
Okna	231	370	1 744	657	337	m ²
Sufit piwnicy	484	445	883	499	472	m ²
Dach/sufit górny	487	445	933	611	460	m ²

Budynki referencyjne niemieszkalne

W sektorze niemieszkalnym budynki referencyjne zostały opracowane zgodnie z załącznikiem I.5 do dyrektywy EPBD35:

- Budynek biurowy (OFB)
- Budynek handlowy (TRB)
- Budynek edukacyjny (EDB)
- Budynki turystyczne i zdrowotne (TOB_HEB)
- Inne budynki niemieszkalne (ONB)

W poniższej tabeli przedstawiono główne parametry geometrii dla referencyjnych budynków niemieszkalnych na podstawie ostatniej oceny skutków dyrektywy EPBD.³⁶

Tabela 8: Budynki referencyjne niemieszkalne

Parametr	Biuro (OFB)	Handel (TRB)	Edukacja (EDB)	Turystyczne/Zdrow. (TOB_HEB)	Inne (ONB)	Jednostka
Całkowita powierzchnia podłogi	1 801	1 448	2 552	3 694	2 434	m ²
Średnia wysokość pomieszczenia	2.6	3.6	2.6	2.8	3	m
Ściany zewnętrzne	277	302	318	691	682	m ²
Okna	150	130	106	229	201	m ²
Sufit piwnicy	360	724	1216	964	507	m ²
Dach/sufit górny	360	724	1216	964	507	m ²

A.1.2 Poziomy efektywności powłoki budynku

Rozważane poziomy efektywności powłoki budynku są zróżnicowane w zależności od strefy odniesienia (i grupy wiekowej (AG)). Rozważane poziomy status quo, poziomy modernizacji i poziomy nowej budowy budynków w zasobie to:

Poziomy status quo

- Bez modernizacji
- Już po modernizacji

Poziomy odnowienia

- modernizacja ambitna
- modernizacja ograniczona
- standard modernizacji
- modernizacja standard ZEB (standard zeroenergetyczny)
- modernizacja ambitna ZEB (standard zeroenergetyczny)

³⁵ UE (2018): *Wersja skonsolidowana dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona)*. EPBD, zmieniła dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z 5/30/2018 oraz rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z 12/11/2018.

UWAGA: Szpitale oraz hotele i restauracje są wymienione w kategorii Budynki turystyczne/zdrowotne (TOB_HEB). Obiekty sportowe są uwzględniane z innymi budynkami nieresortowymi (ONB).

³⁶ Boermans, Thomas; Bettgenhäuser, Kjell; Ashok, John; Grözinger, Jan (2016): *Ocena ex-ante i ocena opcji politycznych dla dyrektywy EPBD. Raport końcowy*. ECOFYS, t. engineering sweco. Edycja przez Komisję Europejską (KE). Bruksela.

Poziomy dla nowego budownictwa

- nowy standard
- nowy ZEB

Po tabelach przedstawiających odpowiednie poziomy efektywności powłoki budynku dla budynków mieszkalnych publikowane są tabele dla budynków niemieszkalnych.

Tabela 9: Efektywność cieplna budynku dla strefy referencyjnej i grupy wiekowej - budynki mieszkalne, nieremontowane³⁷

Komponent powłoki budynku	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Przed 1945						
nieodnowiony						
Ściana	0.70	1.90	1.40	1.68	1.80	W/m ² K
Okno	2.82	4.13	3.91	2.57	5.32	W/m ² K
Podłoga	0.55	1.72	1.66	1.21	1.94	W/m ² K
Dach	0.46	2.08	0.99	1.29	2.21	W/m ² K
1945-1990						
nieodnowiony						
Ściana	0.51	1.35	1.07	1.47	1.63	W/m ² K
Okno	2.51	3.79	3.00	2.49	4.90	W/m ² K
Podłoga	0.37	1.31	1.20	1.09	1.87	W/m ² K
Dach	0.31	1.34	0.74	1.13	1.70	W/m ² K
1991-2020						
nieodnowiony						
Ściana	0.26	0.44	0.48	0.80	1.08	W/m ² K
Okno	1.75	2.02	2.05	1.76	3.45	W/m ² K
Podłoga	0.26	0.42	0.70	0.72	1.06	W/m ² K
Dach	0.16	0.32	0.31	0.48	0.95	W/m ² K

³⁷ Oprócz wskazanych wartości U, w poziomie "nieremontowanym" uwzględniono mostki cieplne o wartości 0,15 W/m²K.

Tabela 10: Efektywność energetyczna budynku według strefy odniesienia i grupy wiekowej - budynki niemieszkalne, nieremontowane^{38, 39}

Komponent powłoki budynku	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Przed 1945						
nieremontowany						
Ściana	0.88	1.63	1.19	1.53	2.11	W/m ² K
Okno	2.76	3.71	4.02	2.85	5.53	W/m ² K
Podłoga	0.53	1.46	1.45	1.10	1.64	W/m ² K
Dach	0.43	1.39	0.98	1.29	1.65	W/m ² K
1945-1990						
nieremontowany						
Ściana	0.52	1.47	1.05	1.27	1.72	W/m ² K
Okno	2.51	3.85	3.02	2.80	5.10	W/m ² K
Podłoga	0.39	1.28	1.07	1.02	1.32	W/m ² K
Dach	0.34	1.17	0.72	1.11	1.48	W/m ² K
1991-2020						
nieremontowany						
Ściana	0.30	0.47	0.38	0.74	0.83	W/m ² K
Okno	1.60	1.92	1.91	2.24	3.05	W/m ² K
Podłoga	0.33	0.46	0.77	0.70	0.89	W/m ² K
Dach	0.16	0.34	0.20	0.52	0.65	W/m ² K

Tabela 11: Efektywność energetyczna budynku dla strefy referencyjnej i grupy wiekowej - Budynki mieszkalne, już wyremontowane^{40, 41}

Komponent powłoki budynku	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Przed 1945						
już wyremontowano						
Ściana	0.24	0.55	0.52	0.72	1.63	W/m ² K
Okno	1.75	2.24	3.91	2.57	4.70	W/m ² K
Podłoga	0.25	0.54	0.56	0.60	1.27	W/m ² K
Dach	0.17	0.35	0.37	0.46	1.20	W/m ² K
1945-1990						
już wyremontowano						
Ściana	0.21	0.45	0.43	0.60	1.26	W/m ² K
Okno	1.40	1.76	2.68	2.19	3.45	W/m ² K
Podłoga	0.21	0.47	0.53	0.49	0.94	W/m ² K
Dach	0.17	0.28	0.33	0.36	0.85	W/m ² K

³⁸ iNSPIRe, 2014

³⁹ Oprócz wskazanych wartości U, w poziomie "nieremontowanym" uwzględniono mostki cieplne o wartości 0,15 W/m²K.

⁴⁰ iNSPIRe, 2014

⁴¹ Oprócz wskazanych wartości U, w poziomie "już wyremontowano" uwzględniono mostki cieplne o wartości 0,10 W/m²K.

Komponent powłoki budynku	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
1991-2020						
już wyremontowano						
Ściana	0.17	0.33	0.33	0.50	0.84	W/m ² K
Okno	1.00	1.20	1.90	1.76	2.00	W/m ² K
Podłoga	0.17	0.38	0.50	0.39	0.56	W/m ² K
Dach	0.16	0.20	0.28	0.28	0.45	W/m ² K

Tabela 12: Efektywność energetyczna budynku według strefy odniesienia i grupy wiekowej - budynki niemieszkalne, modernizacja ambitna^{42, 43}

Komponent powłoki budynku	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Przed 1945						
Już wyremontowano						
Ściana	0.24	0.55	0.52	0.72	1.63	W/m ² K
Okno	1.75	2.24	4.02	2.85	4.70	W/m ² K
Podłoga	0.25	0.54	0.56	0.60	1.27	W/m ² K
Dach	0.17	0.35	0.37	0.46	1.20	W/m ² K
1945-1990						
Już wyremontowano						
Ściana	0.22	0.45	0.43	0.60	1.26	W/m ² K
Okno	1.54	1.76	2.69	2.36	3.45	W/m ² K
Podłoga	0.21	0.47	0.53	0.49	0.94	W/m ² K
Dach	0.16	0.28	0.33	0.36	0.85	W/m ² K
1991-2020						
Już wyremontowano						
Ściana	0.20	0.33	0.33	0.50	0.83	W/m ² K
Okno	1.30	1.20	1.90	1.90	2.00	W/m ² K
Podłoga	0.17	0.38	0.50	0.39	0.56	W/m ² K
Dach	0.14	0.20	0.20	0.28	0.45	W/m ² K

⁴² iNSPIRe, 2014

⁴³ Oprócz wskazanych wartości U, w poziomie "już wyremontowane" uwzględniono mostki cieplne o wartości 0,10 W/m²K.

Tabela 13: Wydajność powłoki budynku dla strefy referencyjnej - budynki mieszkalne i niemieszkalne, poziomy modernizacji⁴⁴

Komponent powłoki budynku	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Już wyremontowano ⁴⁵						
Ściana	0.24	0.26	0.24	0.27	0.76	W/m ² K
Okno	1.00	1.47	1.24	1.14	3.71	W/m ² K
Podłoga	0.31	0.28	0.32	0.30	0.64	W/m ² K
Dach	0.15	0.19	0.16	0.25	0.68	W/m ² K
Ograniczona modernizacja ⁴⁶						
Ściana	<i>Zależy od odpowiedniego poziomu startowego "nie wyremontowano".</i>					W/m ² K
Okno	<i>Zależy od odpowiedniego poziomu startowego "nie wyremontowano".</i>					W/m ² K
Podłoga	0.28	0.36	0.28	0.36	1.20	W/m ² K
Dach	0.10	0.12	0.10	0.12	0.40	W/m ² K
Modernizacja standard 46						
Ściana	<i>Zależy od danego poziomu startowego "odnowienie ambitne".</i>					W/m ² K
Okno	<i>Zależy od danego poziomu startowego "odnowienie ambitne".</i>					W/m ² K
Podłoga	0.28	0.36	0.28	0.36	1.20	W/m ² K
Dach	0.10	0.12	0.10	0.12	0.40	W/m ² K
Modernizacja ZEB^{46, 47}						
Ściana	0.14	0.18	0.14	0.18	0.60	W/m ² K
Okno	0.65	0.85	0.65	0.85	1.25	W/m ² K
Podłoga	0.28	0.36	0.28	0.36	1.20	W/m ² K
Dach	0.10	0.12	0.10	0.12	0.40	W/m ² K

⁴⁴ iNSPIRe, 2014

⁴⁵ Oprócz wskazanych wartości U, na poziomie "modernizacja na poziomie średnim" uwzględniono mostki cieplne o wartości 0,10 W/m²K.

⁴⁶ Oprócz wskazanych wartości U w poziomach "modernizacja ZEB" uwzględniono mostki cieplne o wartości 0,05 W/m²K.

⁴⁷ Automatyczne urządzenia zacinające (z wyjątkiem strefy N) są ujęte w standardzie "modernizacja ZEB".

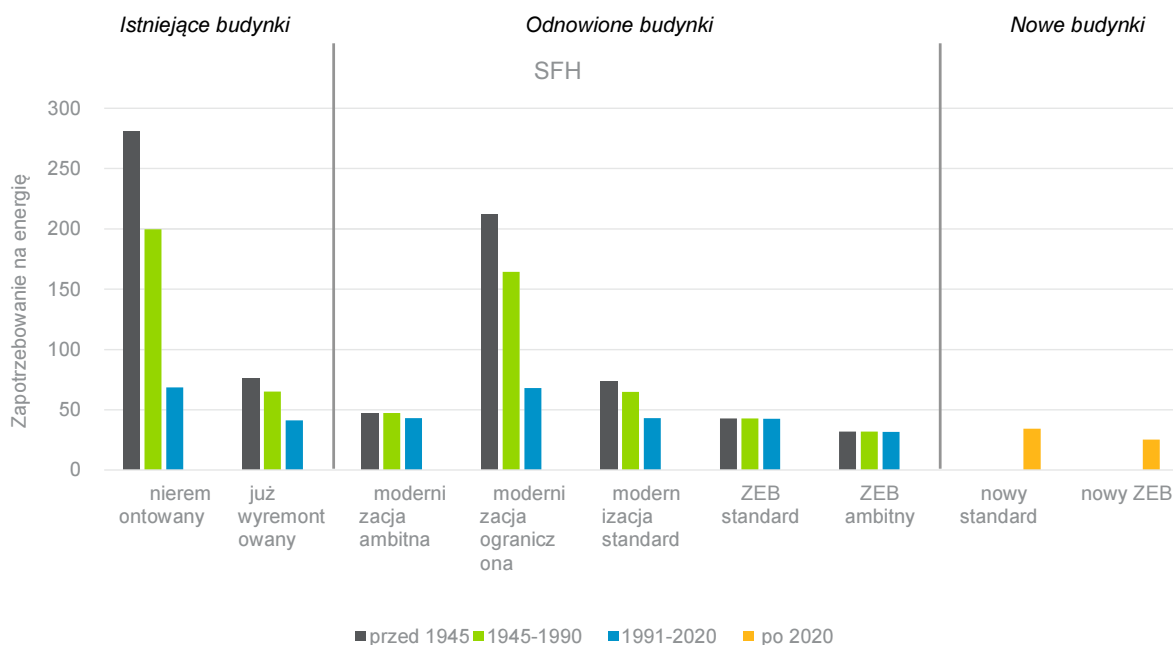
Tabela 14: Efektywność energetyczna budynku w strefie referencyjnej - budynki mieszkalne i niemieszkalne, poziomy dla nowych konstrukcji⁴⁸

Komponent powłoki budynku	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Nowy standard⁴⁹						
Ściana	0.19	0.20	0.19	0.21	0.60	W/m ² K
Okno	0.88	1.28	1.08	0.99	3.25	W/m ² K
Podłoga	0.27	0.25	0.28	0.26	0.56	W/m ² K
Dach	0.13	0.17	0.14	0.22	0.60	W/m ² K
Nowy zeb^{50, 51}						
Ściana	0.14	0.18	0.14	0.18	0.60	W/m ² K
Okno	0.65	0.85	0.65	0.85	1.25	W/m ² K
Podłoga	0.28	0.36	0.28	0.36	1.20	W/m ² K
Dach	0.10	0.12	0.10	0.12	0.40	W/m ² K

A.1.3 Efektywność powłoki budynku (przykładowa dla strefy zachodniej)

Oprócz definicji budynków referencyjnych przedstawiono tu przykładowe wyniki dla wynikających z nich potrzeb energetycznych.

Rysunek 24 Dom jednorodzinny (SFH)

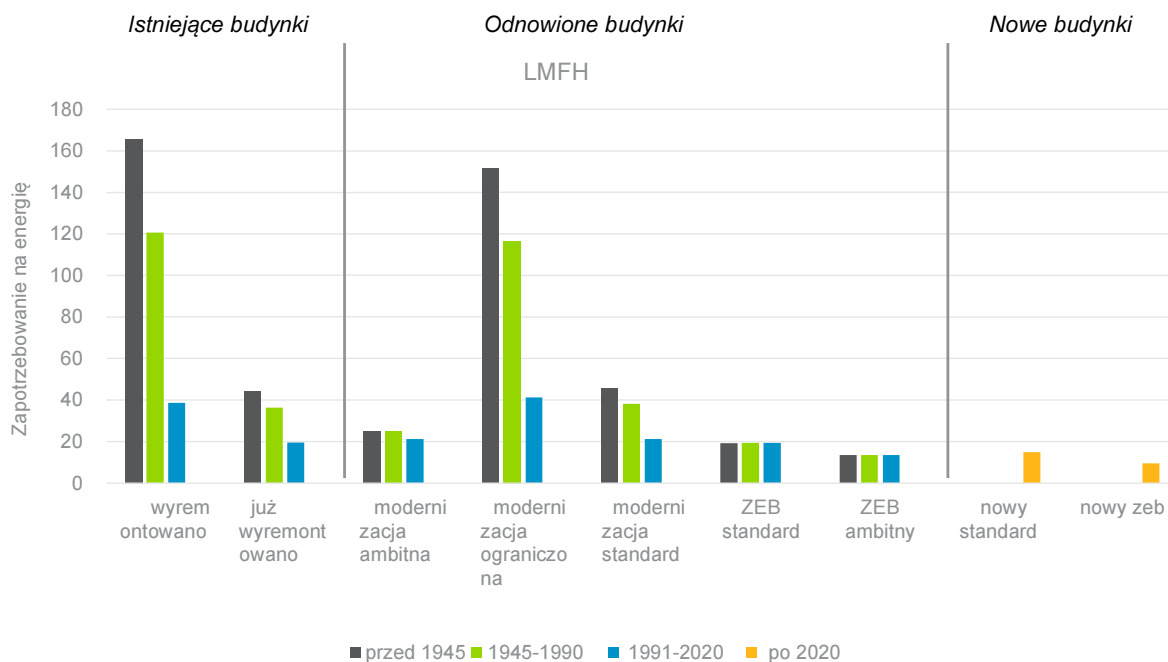
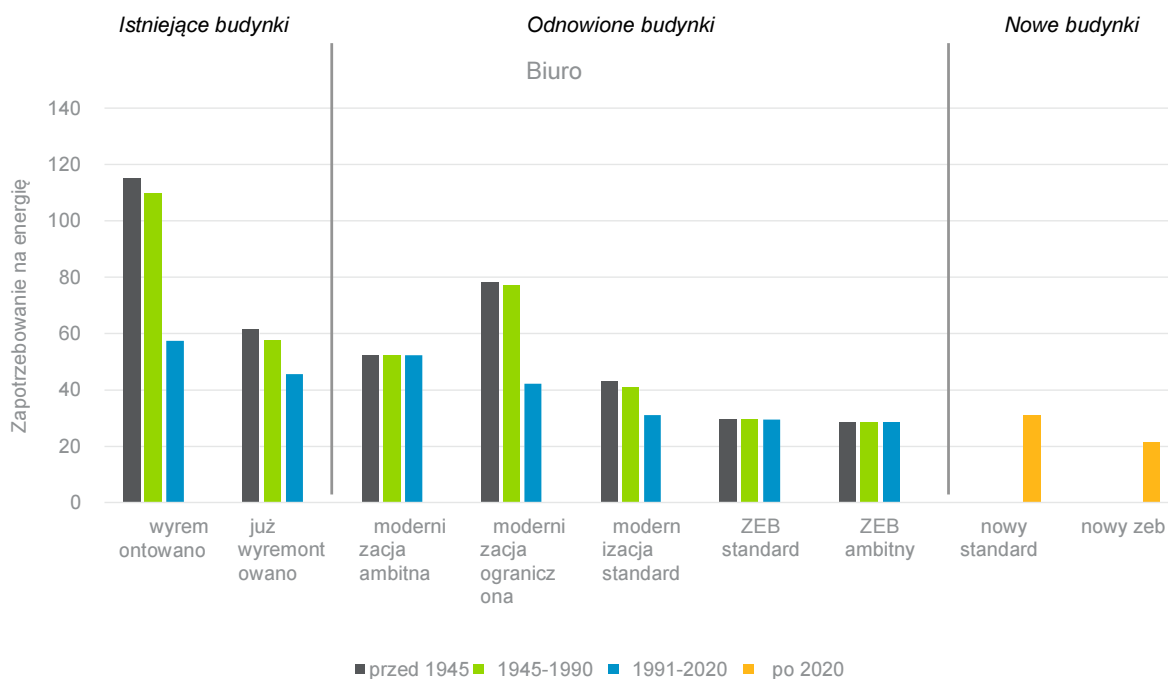


⁴⁸ iNSPIRe, 2014

⁴⁹ Oprócz wskazanych wartości U, na poziomie "nowego standardu" uwzględnia się mostki cieplne o wartości 0,05 W/m²K.

⁵⁰ Oprócz wskazanych wartości U na poziomie "nowego ZEB" uwzględniono mostki cieplne o wartości 0,00 W/m²K.

⁵¹ Automatyczne urządzenia zacinające (z wyjątkiem strefy N) oraz systemy wentylacyjne z odzyskiem ciepła zaliczane są do standardu "nowy ZEB".

Rysunek 25 Duży dom wielorodzinny (LMFH)

Rysunek 26 Budynek biurowy


A.2 Założenia ekonomiczne

A.2.1 Koszt inwestycji

Koszty inwestycyjne zastosowane w niniejszym opracowaniu oparte są na inwestycjach zastosowanych w EPBD IA 2016. Ekstrapolacja do kosztów w 2020 r. została przeprowadzona z wykorzystaniem zmian indeksu kosztów budowlanych (CCI) Eurostatu. W poniższej tabeli przedstawiono wynikowe współczynniki ekstrapolacji dla każdej strefy odniesienia.

Ogólnie rzecz biorąc, koszty inwestycyjne w tym badaniu są definiowane jako dodatkowe koszty związane z energią. Oznacza to, że pod uwagę brane są tylko dodatkowe koszty środków, które mają wpływ na charakterystykę energetyczną budynku. Koszty ogólne (np. rusztowania, tynkowanie lub malowanie) uznaje się za występujące tak czy inaczej, ponieważ renowacja energetyczna według tej definicji jest zawsze połączona z działaniem konserwacyjnym (zasada sprzężenia). W efekcie tempo działań remontowych nie może wykroczać poza tempo działań konserwacyjnych przy założeniu jedynie dodatkowych kosztów związanych z energią. W przypadku przyjęcia wyższych wskaźników remontowych należy uwzględnić przynajmniej część kosztów ogólnych i eksploatacyjnych na remont energetyczny (co nie ma miejsca w niniejszym opracowaniu).

Tabela 15 Czynniki ekstrapolacji kosztów inwestycyjnych

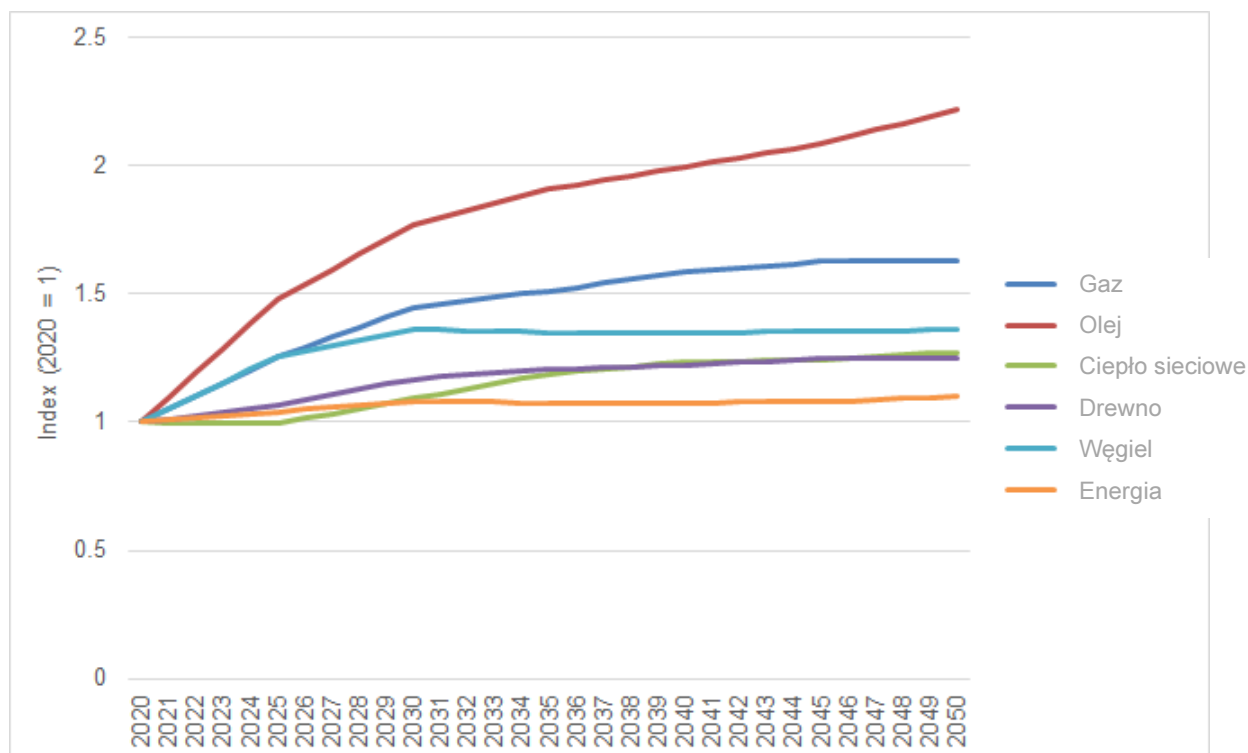
	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Współczynniki ekstrapolacji Construction Cost Index 2015-2019	1.11	1.13	1.10	1.23	1.03	-

A.2.2 Ceny energii

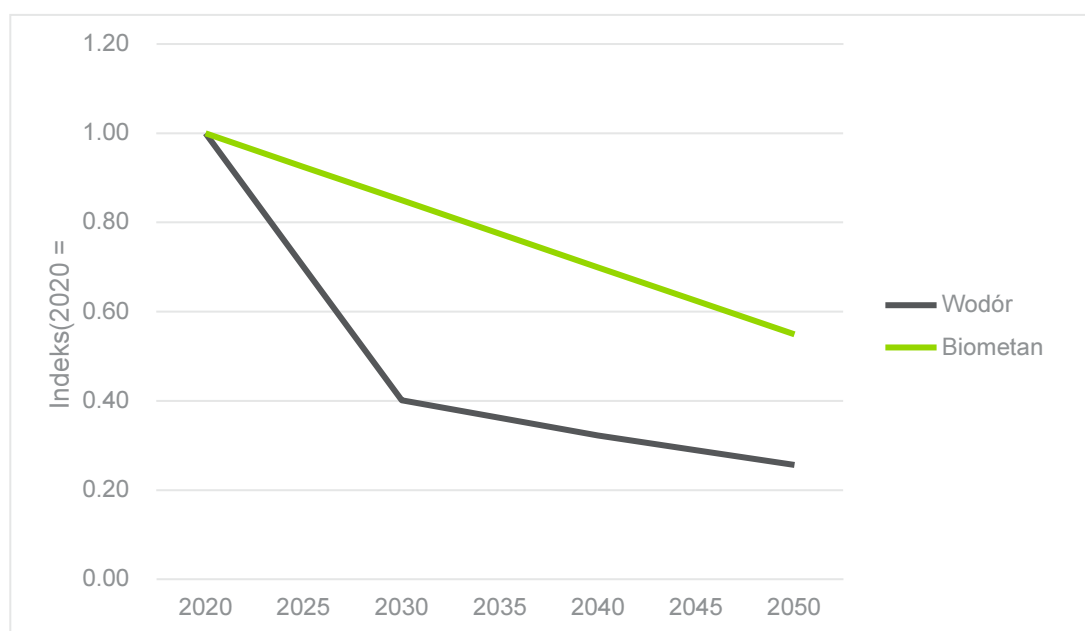
Tabela 16 Cena energii na strefę

	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Ceny energii mieszkalnictwo						
Gaz	0.107	0.069	0.050	0.038	0.074	Euro/kWh
Olej	0.156	0.084	0.075	0.037	0.104	Euro/kWh
Ciepło z sieci	0.153	0.107	0.072	0.063	0.114	Euro/kWh
Drewno	0.119	0.073	0.044	0.043	0.071	Euro/kWh
Węgiel	0.082	0.063	0.039	0.029	0.038	Euro/kWh
Energia elektryczna	0.229	0.248	0.145	0.125	0.227	Euro/kWh
Ceny energii innej niż mieszkaniowa						
Gaz	0.029	0.028	0.032	0.030	0.030	Euro/kWh
Olej	0.042	0.034	0.048	0.029	0.042	Euro/kWh
Ciepło z sieci	0.041	0.043	0.046	0.049	0.046	Euro/kWh
Drewno	0.032	0.030	0.028	0.033	0.029	Euro/kWh
Węgiel	0.022	0.025	0.025	0.022	0.015	Euro/kWh
Energia elektryczna	0.138	0.159	0.110	0.122	0.159	Euro/kWh

Rysunek 27 Stosowany wskaźnik cen energii 2020-2050 (przykład dla strefy zachodniej)



Rysunek 28 Stosowany wskaźnik cen energii 2020-2050 dla "nowych paliw"



A.3 Dalsze dane

A.3.1 Czynniki emisji

Tabela 17 Wskaźniki emisji w roku zerowym dla każdej strefy

Nośnik energii	Północna	Zachodnia	Północno-wschodnia	Południowo-wschodnia	Południowa	Jednostka
Gaz	202	202	202	202	202	gCO ₂ /kWh
Olej	267	267	267	267	267	gCO ₂ /kWh
Ciepło z sieci	136	240	248	288	206	gCO ₂ /kWh
Drewno	0	0	0	0	0	gCO ₂ /kWh
Węgiel	341	341	341	341	341	gCO ₂ /kWh
Energia elektryczna	65	211	563	388	337	gCO ₂ /kWh
Energia elektryczna PC	81	208	367	304	281	gCO ₂ /kWh
Wodór	65	65	65	65	65	gCO ₂ /kWh
Biometan	50	50	50	50	50	gCO ₂ /kWh

A.4 Dodatkowe dane wyjściowe

A.4.1 Wskazania dotyczące rozwoju liczby systemów grzewczych na Ścieżkę

Tabela 18: Wskazanie liczby systemów grzewczych w zasobach budowlanych (ścieżka A)

w mil.	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Paliwo gazowe, węgiel	33	44	42	30	19	11	0
Paliwo gazowe, zdekarbonizowane	40	26	14	9	6	3	0
Paliwo płynne, węgiel	2	1	1	0	0	0	0
Paliwo płynne, zdekarbonizowane	15	10	5	3	2	1	0
Kotły/piece na biomasę	8	9	11	10	10	11	11
Ciepło z sieci	7	9	11	11	12	14	16
Kotły elektryczne bezp.	2	1	1	1	1	0	0
PC (wszystkie elektryczne)	5	14	32	52	69	80	91
Hybrydowe PC	0	1	3	4	4	2	3
Inne*	0	0	1	1	2	2	2

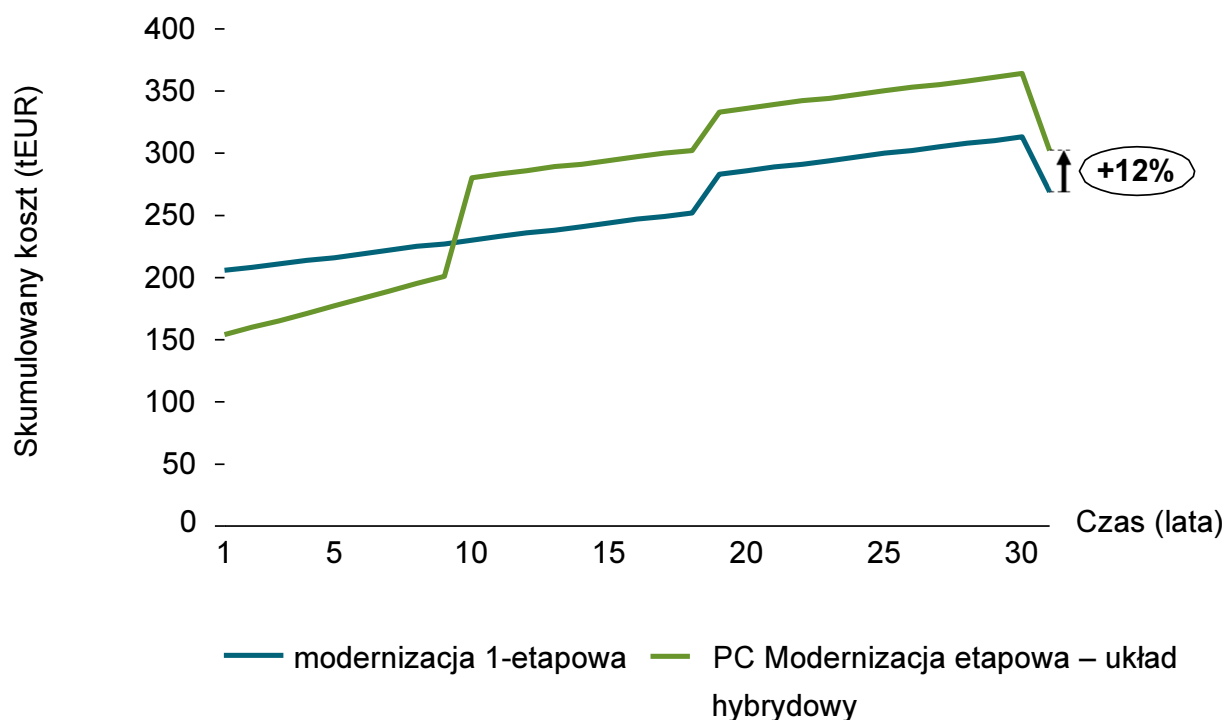
*Inne systemy grzewcze jak ogniwa paliwowe/mikrokogeneracja, pompy ciepła zasilane ciepłnie

Tabela 19: Wskazanie liczby systemów grzewczych w zasobach budowlanych (ścieżka B)

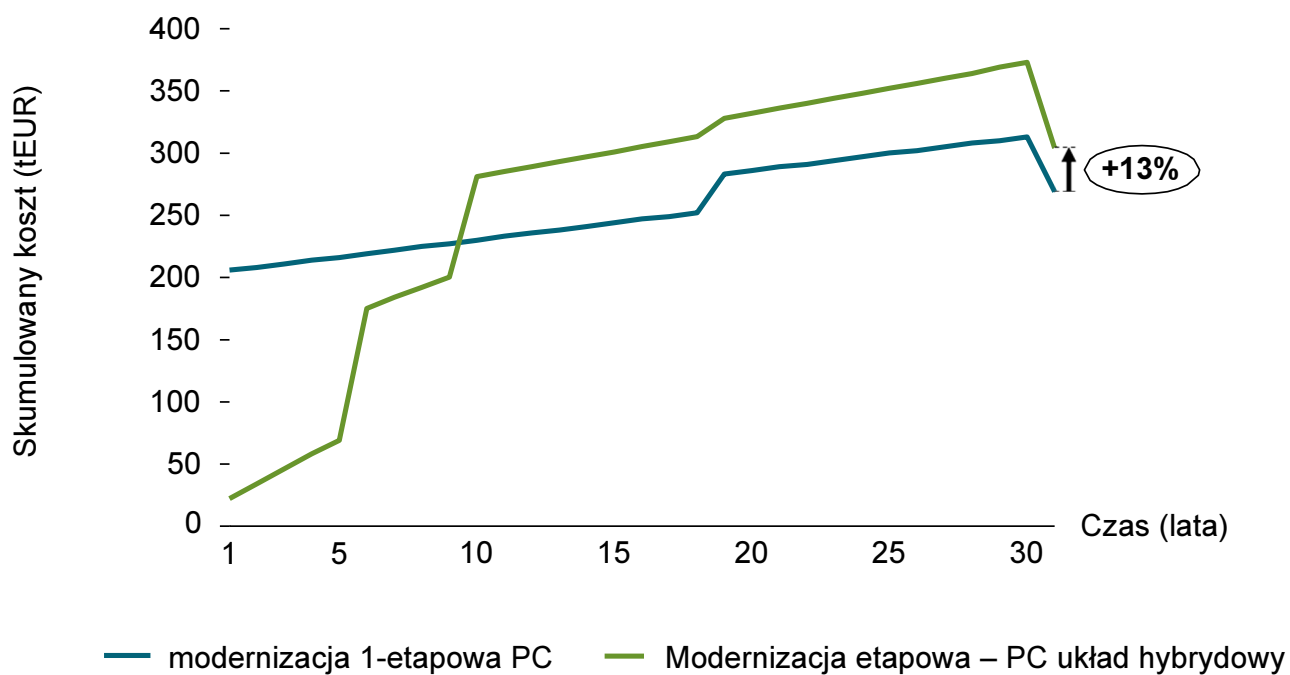
w mil.	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Paliwo gazowe, węgiel	33	46	48	40	34	29	26
Paliwo gazowe, zdekarbonizowane	40	24	11	5	0	0	0
Paliwo płynne, węgiel	2	1	1	1	1	1	1
Paliwo płynne, zdekarbonizowane	15	9	4	2	1	0	0
Kotły/piece na biomasę	8	9	10	9	9	9	9
Ciepło z sieci	7	8	10	11	11	12	13
Kotły elektryczne bezp.	2	2	1	1	1	1	1
PC (wszystkie elektryczne)	5	10	18	26	32	34	37
PC hybrydowe	0	5	17	27	32	31	30
Inne*	0	1	2	3	4	4	5

*Inne systemy grzewcze jak ogniwa paliwowe/mikrokogeneracja, pompy ciepła zasilane ciepłnie

A.4.2 Względy społeczne

Rysunek 29 Przypadek 1 (pompa ciepła + remont jednoetapowy) vs. przypadek 2 (pompa ciepła + remont etapowy)


Rysunek 30 Przypadek 1 (pompa ciepła + remont jednoetapowy) vs. przypadek 4 (kocioł kondensacyjny + remont etapowy)



Załącznik B Aspekty regionalne

Sytuacja w państwach członkowskich UE jest bardzo zróżnicowana pod względem zasobów budowlanych, potrzeb w zakresie ogrzewania i chłodzenia, charakterystyki systemu energetycznego i nośników energii. Należy wziąć pod uwagę aspekty regionalne, jak również realia dotyczące zasobów budowlanych.

Nie ma jednego uniwersalnego rozwiązania dla wszystkich państw członkowskich, obszarów regionalnych i budynków UE.

◊ ***Szczegółowe informacje na temat sytuacji 5 państw członkowskich w odniesieniu do ich obecnych celów, infrastruktury i zasobów są przedstawione w arkuszach informacyjnych dla poszczególnych krajów***

guidehouse.com