

Przyszłość pomp ciepła

International
Energy Agency

Tłumaczenie dostarczone przez



World Energy Outlook Special Report

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

The IEA examines the full spectrum of energy issues including oil, gas and coal supply and demand, renewable energy technologies, electricity markets, energy efficiency, access to energy, demand side management and much more. Through its work, the IEA advocates policies that will enhance the reliability, affordability and sustainability of energy in its 31 member countries, 11 association countries and beyond.

This publication and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

IEA member countries:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czech Republic
Denmark
Estonia
Finland
France
Germany
Greece
Hungary
Ireland
Italy
Japan
Korea
Lithuania
Luxembourg
Mexico
Netherlands
New Zealand
Norway
Poland
Portugal
Slovak Republic
Spain
Sweden
Switzerland
Republic of Türkiye
United Kingdom
United States

IEA association countries:

Argentina
Brazil
China
Egypt
India
Indonesia
Morocco
Singapore
South Africa
Thailand
Ukraine

The European Commission also participates in the work of the IEA

Źródło: IEA.
International Energy Agency
Strona internetowa: www.iea.org

Obecnie wiele sposobów ogrzewania budynków na całym świecie – takich jak domy, biura, szkoły i fabryki – nadal opiera się głównie na wykorzystaniu paliw kopalnych, zwłaszcza gazu ziemnego. Od dawna jasne jest, że prowadzi to do dużych emisji gazów cieplarnianych, a obecny światowy kryzys energetyczny wyraźnie przypomina o pilnej potrzebie przejścia na czystsze a jednocześnie bardziej przystępne cenowo i niezawodne sposoby ogrzewania budynków.

W takim kontekście pompy ciepła, które mogą skutecznie dostarczać ciepło do budynków i przemysłu, stanowią kluczową technologię, dzięki której ogrzewanie staje się bezpieczniejsze i bardziej zrównoważone. Szybko stają się one coraz bardziej konkurencyjne kosztowo, wzбудzając zainteresowanie coraz większej liczby rządów, przedsiębiorstw i konsumentów na całym świecie. Jednakże do tej pory nie przeprowadzono kompleksowego globalnego badania na temat obecnego stanu wykorzystania pomp ciepła – i ich przyszłej roli w naszych systemach energetycznych. Niniejszy raport specjalny z serii *World Energy Outlook* ma na celu wypełnienie tej luki.

Z naszej dogłębnej analizy wynika, że plany polityczne ogłoszone dotychczas przez rządy na całym świecie wskazują na dużą ekspansję pomp ciepła, co będzie miało wyraźny wpływ na wykorzystanie gazu, oleju opałowego i węgla do ogrzewania. Pompy ciepła mają potencjał do zmniejszenia globalnej emisji dwutlenku węgla o co najmniej 500 milionów ton do 2030 r. Dla Europy są one niezbędnym narzędziem eliminacji zależności od rosyjskiego gazu, ponieważ mogą obniżyć wpływ największego źródła zapotrzebowania na gaz w Europie – ogrzewania budynków – o co najmniej 21 miliardów metrów sześciennych w 2030 roku.

Z drugiej strony ten raport specjalny pokazuje, że istnieją kluczowe wąskie gardła, które należy rozwiązać, aby przyspieszyć produkcję i wdrażanie pomp ciepła. Wsparcie rządowe jest niezbędne, aby pomóc konsumentom przewyciężyć koszty początkowe i wykorzystać oszczędności, jakie zapewniają pompy ciepła. Jest to pilny priorytet, aby można było ochronić gospodarstwa domowe o niskich dochodach przed kryzysem energetycznym. Brakuje również pracowników do instalowania pomp ciepła, ponieważ w Europie i Stanach Zjednoczonych już dzisiaj trudno jest obsadzić stanowiska w zawodach takich jak elektryk, technik czy pracownik budowlany.

Rosnąca rola pomp ciepła wymaga od decydentów również zwracania szczególnej uwagi na implikacje związane z bezpieczeństwem zaopatrzenia w energię elektryczną. Połączenie wdrożenia pomp ciepła z modernizacją budynków pod kątem efektywności energetycznej może zmniejszyć te zagrożenia, a wykorzystanie inteligentnych systemów sterowania może nadać pompom ciepła rolę aktywów sieciowych, jeśli będą one wprowadzane jednocześnie z odpowiednim planowaniem sieci elektroenergetycznych.

Chciałbym podziękować Europejskiemu Bankowi Odbudowy i Rozwoju za współpracę przy tym raporcie, a także ponad 120 przedstawicielom wysokiego szczebla z całego świata reprezentującym rządy, przemysł i środowisko akademickie, którzy wzięli udział w owocnych warsztatach dotyczących pomp ciepła, które zorganizowaliśmy w październiku 2022 w siedzibie IEA w Paryżu, gdzie mieliśmy możliwość podzielenia się różnymi punktami widzenia i cennymi spostrzeżeniami. Jestem również bardzo wdzięczny zespołowi IEA, który pracował szybko nad przygotowaniem tego aktualnego i wszechstronnego raportu pod znakomitym kierownictwem mojej koleżanki Laury Cozzi. Jestem przekonany, że w tej ważnej chwili pomoże on decydentom na całym świecie torować drogę pompom ciepła, aby mogły odegrać kluczową rolę w rozwiązywaniu kryzysów energetycznych i klimatycznych.

Dr Fatih Birol
Dyrektor Wykonawczy
Międzynarodowa Agencja Energetyczna

Szanowni Państwo,

Raport Międzynarodowej Agencji Energii „The Future of Heat Pumps” dotyczący perspektywy rozwoju pomp ciepła, to dokument prezentujący w spójny, przejrzysty sposób obecną sytuację oraz perspektywy rozwoju niskoemisyjnych źródeł ciepła dla odbiorców indywidualnych, i komunalnych. Obszar opisany w raporcie w istotny sposób wpisuje się zarówno w bezpieczeństwo dostaw ciepła, jak i bezpieczeństwo energetyczne oraz wspiera politykę suwerenności energetycznej realizowanej w ramach PEP 2040. W obliczu kryzysu energetycznego wywołanego przez agresję Rosji na Ukrainę zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego jest przedsięwzięciem o kluczowym znaczeniu, więc w tym kontekście pompy ciepła mogą nie tylko dokonać zmiany na rynku grzewczym, ale także być ważnym elementem transformacji energetycznej.

W Polsce ponad 40% gospodarstw domowych jest zaopatrzonych w ogrzewanie i ciepłą wodę z sieciowych systemów ciepłowniczych. Dotyczy to nie tylko największych miast i aglomeracji, ale również miasteczek o charakterze powiatowym. Z przyczyn historycznych i socjoekonomicznych, znaczący wolumen ciepła systemowego pochodzi ze spalania węgla kamiennego, który jest paliwem charakteryzującym się wysoką emisją CO₂. Powoduje to znaczące obciążenia finansowe przedsiębiorstw ciepłowniczych, wynikające z konieczności umarzania uprawnień do emisji CO₂ w ramach systemu EU ETS. Warto zwrócić uwagę, że obecnie udział OZE w paliwach służących wytwarzaniu ciepła systemowego wynosi zaledwie ok. 10 %, z czego największy wkład wnosi biomasa.

Konsekwentna polityka klimatyczna Unii Europejskiej, wyrażająca się w szczególności w pakiecie Fit for 55, powoduje, że kwestia emisyjności ciepła dostarczanego z systemów ciepłowniczych do budynków zyskuje na znaczeniu. Wymagania odnośnie nowych i znacznie zmodernizowanych budynków, dążą do osiągnięcia zerowej emisji, co oznacza, że poza odpowiednią izolacją termiczną budynki będą musiały mieć zapewniony wysoki udział OZE w dostarczanej energii.

Dodatkowo konieczność poprawy jakości powietrza powoduje, że w warunkach ograniczeń dostępności paliw kopalnych, niezbędne jest korzystanie z odnawialnych źródeł energii. Polski rząd, biorąc tę konieczność pod uwagę jako jeden z nadrzędnych celów realizowanej przez siebie polityki energetyczno-klimatycznej, wprowadził inicjatywę dążącą do jak najszybszego wprowadzenia wymaganych zmian. Widać to na przykładzie programu „Czyste Powietrze”, którego celem jest ograniczenie emisji pyłów i innych zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery w wyniku wykorzystywania kotłów na paliwa stałe. Dzięki uruchomionym programom dotacyjnym, Polska jest europejskim liderem pod względem rozwoju rynku pomp ciepła. Według dostępnych danych w ubiegłym roku w Polsce sprzedano ponad 200 tys. pomp ciepła, z czego ponad 188 tys. to pompy ciepła typu powietrze-woda. W ciągu 10 lat nastąpił ponad stukrotny wzrost rynku pomp ciepła tego typu. To pokazuje, że działania podjęte przez Polskę przynoszą wymierne efekty i mają istotny wpływ na realizację unijnej polityki energetyczno-klimatycznej, przyczyniając się do poprawy jakości powietrza.

W Ministerstwie Klimatu i Środowiska opracowaliśmy „Wieloletni Program Rozwoju Wykorzystania Zasobów Geotermalnych w Polsce”, którego obszerny fragment dedykowany jest rozwojowi technologii pomp ciepła czerpiących energię nie tylko z otaczającego powietrza, ale także z energii zmagazynowanej w Ziemi lub w wodzie i ciepłe odpadowym generowanym w różnych obszarach działalności gospodarczej.

Kluczową jednak rolę powinno odgrywać wykorzystanie geotermii niskotemperaturowej, czyli tzw. płytkiej geotermii. Wykorzystuje ona ciepło zgromadzone w gruncie, tuż pod powierzchnią ziemi oraz w skałach na głębokości nie przekraczającej 200 m. Na korzyści oferowane przez to rozwiązanie zwrócono już uwagę w przedmiotowym raporcie i prowadzonych dyskusjach w ramach IEA, w których miałem przyjemność uczestniczyć jako

przedstawiciel Polski w Radzie Zarządzającej Agencji. Ich rozwój jest szczególnie dynamiczny w krajach o podobnych warunkach klimatycznych, jak Polska. Posiadają one szerokie perspektywy, zwłaszcza w przypadku zastosowań dla pojedynczych budynków lub ich grup. Trzeba również zwrócić uwagę, że pompy ciepła mogą pracować także dla wytwarzania chłodu, co wydłuża czas ich pracy w roku i zwiększa opłacalność ekonomiczną. Przede wszystkim są jednak stabilnym, praktycznie niewyczerpywalnym źródłem ciepła i chłodu. Energia produkowana przy ich zastosowaniu jest dostępna przez całą dobę, 365 dni w roku, niezależnie od warunków pogodowych i warunków atmosferycznych.

Najtańsze i najprostsze w procesie montażu są pompy ciepła typu powietrznego, ponieważ nie wymagają wykonywania prac ziemnych związanych z montażem dolnego źródła. Wodne i gruntowe pompy ciepła, dla których konieczne jest zainstalowanie dolnego źródła w gruncie lub wykonanie studni głębinowych, cechują się wyższymi kosztami, ale w końcowym rozrachunku ekonomicznym są wydajniejsze i bezpieczniejsze, szczególnie w okresach bardzo niskich temperatur.

Pompy ciepła są technologią stale rozwijaną, a osiągnięta przez nie sprawność jest coraz wyższa, podobnie jak zakres temperatur pracy. Jest to szczególnie istotne dla polskich systemów ciepłowniczych, które projektowane pod kątem stosowania paliw kopalnych, w okresie sezonu grzewczego charakteryzują się temperaturą zasilania powyżej 100°C. Z tego powodu, dotychczas uznawano pompy ciepła jako niekompatybilne do zasilania takich systemów ciepłowniczych w sezonie grzewczym. Jednak również w tym obszarze pojawiają się zmiany, gdyż projektowane są coraz wydajniejsze pompy o parametrach dostosowanych do pracy w takich warunkach.

Warto podkreślić, że w ostatnich kilku latach obserwowany był także dynamiczny przyrost nowych instalacji OZE. W ciągu siedmiu lat moc zainstalowana w OZE w Polsce wzrosła trzykrotnie, osiągając poziom 22 GW. Produkcja energii elektrycznej z OZE stanowi wsparcie dla rozwijającego się rynku pomp ciepła gdyż w przypadku prosumentów, energia z instalacji fotowoltaicznych, zmniejsza zapotrzebowania na energię z sieci elektroenergetycznej, a tym samym stanowi odciążenie w sytuacji zwiększonego popytu na energię. Energia z wiatru jest natomiast generowana częściej w godzinach nocnych i okresie jesienno-zimowym, czyli wtedy kiedy pompy ciepła pobierają ją w większej ilości.

Pompy ciepła są niewątpliwie ważnym czynnikiem w integracji wielu sektorów i odpowiednio wykorzystane mogą przyczynić się do ich dekarbonizacji. Wkomponowanie pomp ciepła w potrzeby systemu elektroenergetycznego będzie zatem możliwe poprzez magazynowanie ciepła w gruncie, integrowanie ich pracy z instalacjami PV oraz magazynami energii.

Istotnym elementem rozwoju pomp ciepła jest wsparcie naukowe i rozwój technologiczny, dlatego wspólnie z branżą pomp ciepła powołaliśmy HUB Technologiczno-Naukowo-Biznesowy w Miękinii, k. Krakowa, który docelowo będzie stanowił wsparcie rozwoju tej technologii i integracji z innymi źródłami energii odnawialnej.

Niniejszy raport stanowi istotne źródło wiedzy o przyszłości technologii pomp ciepła oraz przyczynia się do upowszechnienia wiedzy na temat tych szczególnie istotnych dla powodzenia transformacji ciepłownictwa w Polsce urządzeń. Zachęcam polskich czytelników do zapoznania się z publikacją i wykorzystywania zawartej w niej wiedzy na rzecz poprawy jakości powietrza i szerzej - środowiska naturalnego, które tak istotnie wpływa na komfort naszego życia.

dr Piotr Dziadzio
Podsekretarz Stanu w Ministerstwie Klimatu i Środowiska
Pełnomocnik rządu ds. polityki surowcowej państwa

Niniejsze opracowanie zostało przygotowane przez zespół World Energy Outlook w Dyrekcji ds. Zrównoważonego Rozwoju, Technologii i Perspektyw we współpracy z innymi dyrektorami i biurami Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA). Opracowanie to zostało zaprojektowane i było kierowane przez **Laurę Cozzi**, Głównego Eksperta ds. Modelowania w Obszarze Energetyki i Kierownika Działu Prognoz Zapotrzebowania na Energię. **Yannick Monschauer** koordynował projekt i był autorem wiodącym. **Daniel Wetzel** zapewnił koordynację i wsparcie autorskie. **Stéphanie Bouckaert** nadzorowała prace związane z modelowaniem.

Inni główni autorzy raportu IEA to: **Justina BodlÁková** (łańcuchy siły roboczej i dostaw), **François Briens** (koszty), **Olivia Chen** (zatrudnienie), **Daniel Crow** (klimat i implikacje), **Davide D'Ambrosio** (nauka o danych), **VÍctor García Tapia** (perspektywy), **Timothy Goodson** (perspektywy i inwestycje), **Pauline Henriot** (elastyczność popytu), **Bruno Idini** (koszty i raportowanie), **Hyeji Kim** (przystępność cenowa i koszty), **Arthur Rogé** (polityki i zaangażowanie UE), **Fabian Voswinkel** (przemysł, F-gazy i bariery pozakosztowe). **Marina Dos Santos** zapewniła niezbędne wsparcie.

Chiara Delmastro i **Rafael Martínez-Gordón** kierowali modelowaniem i wnieśli istotny wkład wraz z zespołem Energy Technology and Policy.

Inne osoby, które wniosły cenny wkład: Ashley Acker, Ana Alcalde BÁscones, Oskaras Alšauskas, Caleigh Andrews, Elisa Asmelash, Yasmine Arsalane, Vittoria Chen, Julie Dallard, Nouhoun Diarra, Michael Drtil, Will Hall, Ilkka Hannula, Paul Hugues, Martin Husek, Martin Küppers, Kazuhiro Kurumi, Toru Muta, Aloys Nghiem, Max Schönfisch, Carlo Starace, Monica Troilo, Gianluca Tonolo i Anthony Vautrin.

Trevor Morgan ponosił odpowiedzialność redakcyjną. Redaktorką była **Erin Crum**.

Cennych komentarzy i informacji zwrotnych udzieliło wyższe kierownictwo i wielu innych kolegów z IEA. W szczególności Keisuke Sadamori, Dan Dorner, Tim Gould, Paolo Frankl, Timur Gül, Brian Motherway i Araceli Fernandez Pales.

Podziękowania należą się IEA's Communications and Digital Office za pomoc w opracowaniu raportu i materiałów na stronie internetowej, a w szczególności Jad Mouawad, Curtis Brainard, Hortense de Roffignac, Astrid Dumond, Tanya Dyhin, Grace Gordon, Jethro Mullen, Isabelle Nonain Semelin, Julie Puech, Robert Stone, Clara Vallois, Gregory Viscusi, Lucile Wall, Therese Walsh i Wonjik Yang. Biuro Radcy Prawnego IEA, Biuro Zarządzania i Administracji oraz Centrum Danych Energetycznych zapewniały pomoc podczas całego procesu przygotowania raportu.

Zewnętrzny wkład zapewnili Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju (Nigel Jollands, Greg Gebraill, Lyza Rossi), Program np. Współpracy Technologicznej IEA w Zakresie Technologii Pomp Ciepła (Caroline Haglund Stignor, Monica Axell, Metkel Yebiyi, Stephan Renz, Morgan Willis, Benjamin Zühlendorf, Christoph Reichl) oraz David Wilkinson (niezależny konsultant).

Praca nie mogłaby zostać wykonana bez wsparcia i wkładu Europejskiego Banku Odbudowy i Rozwoju, Europejskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła, Siemens Energy, Viessmann oraz IEA Clean Energy Transition Programme.

Na początku października 2022 r. w siedzibie IEA w Paryżu odbyły się warsztaty konsultacyjne z udziałem 120 przedstawicieli wysokiego szczebla reprezentujących rządy, głównych producentów i środowisko akademickie, podczas których uczestnicy przedstawili cenne spostrzeżenia, opinie i dane, które zostały wykorzystane w tej analizie. Jesteśmy wdzięczni za ich wkład.

Wielu wyższych urzędników państwowych i międzynarodowych ekspertów wniosło wkład i dokonało przeglądu wstępnych projektów raportu. Ich uwagi i sugestie były bardzo cenne. Byli to np.:

Dries Acke	SolarPowerEurope
Daniele Maria Agostini	Enel
Monica Axell	Szwedzki Instytut Badawczy, Centrum Pomp Ciepła
Marion Bakker	Holenderska Agencja Przedsiębiorczości
Marco Baresi	Turboden
Pascal Barthe	Ministerstwo Transformacji Energetycznej (Francja)
Aurélie Beauvais	Euroheat & Power
Veerle Beelaerts	European Heating Industry (EHI)
Stefano Bellò	Assoclima
Antonio Bouza	Departament Energii USA
Susanne Buscher	Federalne Ministerstwo Gospodarki i Działań na rzecz Klimatu (Niemcy)
Tomas Caha	Sako CZ
Emmanuel Chabut	EDF
Alberto Coronas	Uniwersytet Rovira i Virgili (Hiszpania)
Marco Dall'Ombra	Assoclima
Bianca De Farias Letti	Komitet np. Zmian Klimatu (UK)
Raymond Decorvet	MAN Energy Solutions
Stefano Demattè	Ariston
Naoko Doi	Instytut Ekonomii Energii, Japonia
John Dulac	Saint-Gobain
Thomas Fleckl	Austriacki Instytut Technologiczny
Duncan Gibb	Projekt pomocy regulacyjnej
Monique Goyens	BEUC
Joan Groizard	Instytut Dywersyfikacji i Oszczędzania Energii (Hiszpania)
Benjamin Haas	Engie
Caroline Hagelund Stignor	Szwedzki Instytut Badawczy, Centrum Pomp Ciepła
Christian Hüttl	Siemens Energy

Taku Inamura	Ministerstwo Gospodarki, Handlu i Przemysłu (Japonia)
Nicolas Jensen	Bosch
Andrej Jentsch	IEA DHC TCP
Nigel Jollands	Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju
Arno Kaschl	Komisja Europejska (DG np. Działań w dziedzinie klimatu)
Paul Kenny	Departament Komunikacji, Działań na rzecz Klimatu i Środowiska (Irlandia)
Stephan Kolb	Viessmann
Sanjeev Kumar	EGEC
Pawel Lachman	Port PC
Rebecca Lamas	Europejski Instytut Uniwersytecki
Francisco Laverón Simavilla	Iberdrola
Christian Maaß	Federalne Ministerstwo Gospodarki i Działań na rzecz Klimatu (Niemcy)
Silvia Madeddu	Schneider Electric
Josephine Maguire	Urząd np. Zrównoważonej Energii (Irlandia)
Tom Marsik	Krajowe Laboratorium Energii Odnawialnej
Nick Meeten	Applied Energy
Vincent Minier	Schneider Electric
Masashige Morishita	Ministerstwo Gospodarki, Handlu i Przemysłu (Japonia)
Thomas Nowak	Europejskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła
Karl Ochsner sen.	Ochsner Heat Pumps
Alan Pears	Uniwersytet RMIT (Australia)
Eloi Piel	Euroheat & Power
Maurizio Pieve	Włoska Agencja Nowych Technologii, Energii i Zrównoważonego Rozwoju Gospodarczego
Reinhard Radermacher	Uniwersytet Maryland (US)
Stephan Renz	IEA HPT TCP
Rowena Rodrigues	GlenDimplex
Hugo Sancho	Ministerstwo Transformacji Energetycznej (Francja)
Bans Sanli	Stałe Przedstawicielstwo Turcji przy OECD
Wolf-Peter Schill	Niemiecki Instytut Badań Ekonomicznych
Andreas Scholz	Data Ahead
Peter Schossig	Instytut Fraunhofera np. Systemów Energii Słonecznej
Jas Singh	Grupa Banku Światowego

Shintaro Tabuchi	Agencja Zasobów Naturalnych i Energii (Japonia)
Tom van Ierland	Komisja Europejska (DG np. Działań w dziedzinie Klimatu)
Jozefien Vanbecelaere	Europejskie Stowarzyszenie Pomp Ciepła
Uta Weiß	Agora Energiewende
Mark Winskel	Brytyjskie Centrum Badań nad Energią, Uniwersytet w Edynburgu
Miki Yamanaka	Daikin
Kristian Yde Agerbo	Lun
Benjamin Zühlsdorf	Duński Instytut Technologiczny, Energia i Klimat

Praca odzwierciedla poglądy Sekretariatu IEA, ale niekoniecznie odzwierciedla poglądy poszczególnych krajów członkowskich IEA lub jakiegokolwiek konkretnego fundatora, osoby wspierającej lub współpracownika. Ani IEA ani żaden podmiot finansujący lub wspierający ani współpracownik, który wniósł wkład w tę pracę, nie składa żadnych oświadczeń ani gwarancji, wyraźnych ani dorozumianych, w odniesieniu do treści raportu (w tym jego kompletności lub dokładności) i nie ponosi odpowiedzialności za jakiekolwiek wykorzystanie lub poleganie na tym opracowaniu.

Niniejszy dokument i wszelkie zawarte w nim mapy pozostają bez uszczerbku dla statusu lub zwierzchnictwa nad jakimkolwiek terytorium, dla rozgraniczenia międzynarodowych granic oraz dla nazw jakiegokolwiek terytorium, miasta lub obszaru.

Komentarze i pytania będą mile widziane i należy je kierować do:

Laura Cozzi

Directorate of Sustainability, Technology and Outlooks

International Energy Agency

9, rue de la Fédération

75739 Paris Cedex 15

Francja

E-mail: weo@iea.org

Więcej informacji o *World Energy Outlook* jest dostępnych pod www.iea.org/weo.

Przedmowa	3
Słowo przewodnie dla wydania w języku polskim	5
Podziękowania	7
Spis treści	11
Streszczenie raportu	13
Wprowadzenie	17

1

Perspektywy wdrażania pomp ciepła **19**

1.1 Wprowadzenie	20
1.2 Zapotrzebowanie na ogrzewanie	23
1.3 Pompy ciepła w budynkach	27
1.4 Przemysłowe pompy ciepła	38
1.5 Pompy ciepła dla sieci ciepłowniczych	43

2

Implikacje przyspieszonego wdrażania pomp ciepła **47**

2.1 Wprowadzenie	48
2.2 Bezpieczeństwo energetyczne	48
2.3 Systemy elektroenergetyczne i elastyczność popytu	50
2.4 Przystępność cenowa energii	54
2.5 Zdrowie publiczne i środowisko	56
2.6 Tworzenie miejsc pracy	61

3

Bariery i rozwiązania **65**

3.1 Wstęp	66
3.2 Bariery kosztowe	67
3.3 Pozakosztowe przeszkody w upowszechnieniu wśród konsumentów	76
3.4 Ograniczenia produkcyjne	80
3.5 Braki wykwalifikowanych instalatorów	82

Załączniki **87**

Koszty technologii i systemy wsparcia finansowego	89
Definicje	95
Bibliografia	103

Pompy ciepła to sprawdzony sposób na zapewnienie bezpiecznego i zrównoważonego ogrzewania

Pompy ciepła, zasilane niskoemisyjną energią elektryczną, są wiodącą technologią w globalnej transformacji w kierunku bezpiecznego i zrównoważonego ogrzewania. Pompy ciepła obecnie dostępne na rynku są od trzech do pięciu razy bardziej energooszczędne niż kotły na gaz ziemny. Zmniejszają narażenie gospodarstw domowych na skoki cen paliw kopalnych, co stało się jeszcze bardziej kluczowe w związku z trwającym światowym kryzysem energetycznym. Ponad jedna szósta światowego zapotrzebowania na gaz ziemny jest przeznaczona do ogrzewania budynków – w Unii Europejskiej liczba ta wynosi jedną trzecią. Wiele pomp ciepła może również jednocześnie zapewniać chłodzenie, co eliminuje potrzebę stosowania oddzielnego klimatyzatora dla 2,6 miliarda ludzi, którzy do 2050 r. będą mieszkać w regionach wymagających i ogrzewania i chłodzenia. Ogrzewanie budynków odpowiada za 4 gigatony (Gt) emisji CO₂ rocznie – 10% światowych emisji. Instalacja pomp ciepła zamiast kotłów opalanych paliwami kopalnymi znacznie zmniejsza emisje gazów cieplarnianych na wszystkich głównych rynkach grzewczych, nawet przy obecnym miksie wytwarzania energii elektrycznej – zaleta, której waga będzie rosła wraz z dekarbonizacją systemów elektroenergetycznych.

W 2021 roku około 10% zapotrzebowania na ogrzewanie pomieszczeń na całym świecie było zaspokajane przez pompy ciepła, ale tempo instalacji rośnie szybko. Udział pomp ciepła jest porównywalny z udziałem oleju opałowego wykorzystywanego do ogrzewania oraz innych form ogrzewania elektrycznego, ale niższy od udziału ogrzewania gazowego, które stanowi ponad 40% oraz od ciepłownictwa sieciowego odpowiadającego za 15%. W niektórych krajach pompy ciepła są już największym źródłem ogrzewania. W Norwegii 60% budynków jest wyposażonych w pompy ciepła, a w Szwecji i Finlandii ponad 40%, co podważa argument, że pompy ciepła nie nadają się do zimnego klimatu. Globalna sprzedaż wzrosła w 2021 roku o prawie 15%, dwukrotnie więcej niż średnia z ostatniej dekady. Wzrost w Unii Europejskiej wyniósł około 35% i ma dalej przyspieszać w świetle kryzysu energetycznego, a sprzedaż w pierwszej połowie 2022 r. będzie mniej więcej dwukrotnie większa niż w tym samym okresie ubiegłego roku w Polsce, Holandii, Włoszech i Austrii. Chiny nadal są największym rynkiem nowej sprzedaży, podczas gdy Ameryka Północna ma obecnie największą liczbę domów wyposażonych w pompy ciepła. Razem regiony te, wraz z Japonią i Koreą, są również głównymi ośrodkami produkcyjnymi, w których działają największe gracze w branży.

Rządowe obawy dotyczące bezpieczeństwa energetycznego i zobowiązania klimatyczne sprawiają, że pompy ciepła staną się głównym sposobem dekarbonizacji ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody. W niniejszym raporcie przeanalizowano scenariusz, w którym rządy na całym świecie wywiązują się w całości i na czas ze wszystkich ogłoszonych zobowiązań związanych z energią i klimatem. Według tego scenariusza globalna moc pomp ciepła, będących sprawdzoną technologią alternatywną w służbie dekarbonizacji ogrzewania, wzrośnie z 1000 GW w 2021 r. do prawie 2600 GW do 2030 r., zwiększając ich udział w całkowitym zapotrzebowaniu na ciepło w budynkach z jednej dziesiątej do prawie jednej piątej. W rezultacie zapotrzebowanie na gaz ziemny spadnie o 80 miliardów metrów sześciennych (bcm), oleju opałowego o 1 milion baryłek dziennie, a węgla o 55 milionów ton ekwiwalentu węgla. Łącznie oznacza to, że pompy ciepła będą odpowiadać za prawie połowę światowych redukcji zużycia paliw kopalnych do ogrzewania **budynków** do 2030 r., a pozostała część będzie wynikać z innych środków efektywności. W scenariuszu zgodności z globalnym celem klimatycznym 1,5°C pompy ciepła rozpędzają się jeszcze szybciej – do 2030 roku ich moc miałyby się prawie potroić, a ich udział w ogrzewaniu sięgnąć jednej czwartej.

Pompy ciepła mogą również zaspokoić potrzeby grzewcze w przemyśle i ciepłownictwie. Duże pompy ciepła mogą dziś dostarczać ciepło o temperaturze do 140-160 °C, przy czym wyższe temperatury będą możliwe dzięki innowacjom i ulepszonym projektom. Najpopularniejsze obecnie przemysłowe pompy ciepła zapewniają ciepło o niższej temperaturze. Przemysł papirniczy, spożywczy i chemiczny mają największy potencjał krótkoterminowy, a prawie 30% ich łącznego zapotrzebowania na ciepło może być zaspokojone przez pompy ciepła. W samej Europie 15 GW pomp ciepła można zainstalować w 3000 obiektów w tych trzech sektorach, które mocno ucierpiały w wyniku ostatnich podwyżek cen gazu ziemnego.

Pompy ciepła przyczynią się do szybkiego ograniczenia importu gazu, zwłaszcza w Europie

Potencjał pomp ciepła do zmniejszenia zależności od gazu ziemnego do ogrzewania jest szczególnie duży w Unii Europejskiej, gdzie gaz ziemny jest najczęściej używanym paliwem grzewczym i gdzie ceny gazu wzrosły najbardziej. W scenariuszu zgodnym z ambicjami klimatycznymi UE sprzedaż pomp ciepła wzrośnie do 7 mln do 2030 r. – z 2 mln w 2021 r. – pomagając osiągnąć cel REPowerEU, jakim jest zakończenie importu rosyjskiego gazu na długo przed 2030 r. To wdrożenie zmniejszy zużycie gazu ziemnego o 7 mld m³ w 2025 r. oraz 21 mld m³ do 2030 r., co odpowiada prawie 15% unijnego importu rurociągami z Rosji w 2021 r.

Równoległa modernizacja budynków zmniejszy obciążenie sektora energetycznego

Przyspieszone wdrażanie pomp ciepła nieuchronnie zwiększa globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną, chociaż efektywność energetyczna i środki reagowania na popyt mogą znacznie zmniejszyć wpływ na systemy elektroenergetyczne. Udział energii elektrycznej w ogrzewaniu budynków i przemysłu podwoi się w latach 2021-2030 do 16%, jeśli zostaną spełnione zobowiązania klimatyczne. W tym samym czasie globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną wzrośnie o jedną czwartą, z czego pompy ciepła będą odpowiadać za mniej niż jedną dziesiątą. W przypadku gospodarstw domowych, które wprowadzą pompę ciepła bez jednoczesnej poprawy efektywności energetycznej, ich zapotrzebowanie szczytowe w okresie zimowym może się niemal potroić. Poprawa oceny efektywności domu o dwa stopnie (np. z D do B w krajach europejskich) może zmniejszyć o połowę zapotrzebowanie na energię do ogrzewania i zmniejszyć wielkość potrzebnej pompy ciepła, dając oszczędności konsumentom i zmniejszając wzrost zapotrzebowania szczytowego o jedną trzecią. Wraz ze starannym planowaniem sieci i zarządzaniem popytem zmniejszać się będzie potrzeba modernizacji sieci dystrybucyjnej spowodowanej elektryfikacją ciepła jak również zminimalizowana zostanie potrzeba dodatkowej elastyczności mocy wytwórczych do 2030 r.

Przyspieszone wdrażanie pomp ciepła przyniesie szereg korzyści

Przez cały okres eksploatacji pompy ciepła mogą oszczędzać pieniądze konsumentów i chronić ich przed szokami cenowymi. Przeciętne gospodarstwo domowe lub firma korzystająca z pompy ciepła wydaje mniej na energię niż korzystająca z kotła gazowego. Oszczędności te równoważą wyższe koszty początkowe pomp ciepła na wielu dzisiejszych rynkach – na niektórych nawet bez dotacji. Ekonomiczna propozycja pomp ciepła poprawia się w kontekście dzisiejszych skoków cen energii: oszczędności gospodarstw domowych wahają się od 300 USD rocznie w Stanach Zjednoczonych do 900 USD w Europie. Przy odpowiednim wsparciu uboższych gospodarstw domowych w zarządzaniu kosztami początkowymi, pompy ciepła mogą w znaczący sposób rozwiązać problem ubóstwa

energetycznego, przy czym oszczędności na rachunkach za energię w gospodarstwach domowych o niskich dochodach po odejściu od kotła gazowego wynoszą od 2% do 6% dochodu ich gospodarstwa domowego.

Przejście na pompy ciepła ogranicza emisje gazów cieplarnianych i pomaga poprawić jakość powietrza. Przyspieszone wdrażanie pomp ciepła, zgodnie z krajowymi celami klimatycznymi, może zmniejszyć globalną emisję CO₂ o pół gigatony już do 2030 r. Jednak niezamierzone wycieki czynników chłodniczych w postaci F-gazów (fluorowanych) – silnych gazów cieplarnianych – mogą zmniejszyć ich pozytywny wpływ na klimat. W przypadku dzisiejszych czynników chłodniczych pompy ciepła nadal redukują emisję gazów cieplarnianych o co najmniej 20% w porównaniu z kotłem gazowym, nawet jeśli są zasilane energią elektryczną o dużym natężeniu emisji. Ta redukcja może sięgać nawet 80% w krajach o czystszej energii elektrycznej. Zmniejszone zostaną również globalne emisje głównych zanieczyszczeń powietrza powodowanych przez ogrzewanie spalinowe w budynkach, zwłaszcza pochodzących z węgla w Chinach, podobnie zmniejszone zostaną inne zagrożenia związane z ogrzewaniem przez spalanie paliw.

Rozwój produkcji i instalacji pomp ciepła w celu zaspokojenia rosnącego popytu będzie tworzył więcej miejsc pracy. W naszym scenariuszu globalne zatrudnienie w zaopatrzeniu w pompy ciepła wzrośnie prawie trzykrotnie do ponad 1,3 miliona pracowników do 2030 roku. Najbardziej wzrośnie liczba miejsc pracy przy instalacjach, przy czym wzrost dotyczy również konserwacji i produkcji, zapewniając liczne możliwości, zwłaszcza dla pracowników o średnich kwalifikacjach.

Konieczne jest skoordynowanie działań, aby pokonać przeszkody na drodze do szybszego wdrażania

Przyspieszenie absorpcji pomp ciepła wymaga pokonania szeregu barier. Najważniejsze z nich to wyższy koszt zakupu i instalacji urządzeń w porównaniu z innymi opcjami ogrzewania; inne kwestie pozakosztowe zniechęcające konsumentów; ograniczenia produkcyjne; oraz potencjalne niedobory wykwalifikowanych instalatorów. Konieczne jest wspólne działanie rządów we współpracy z branżą pomp ciepła, aby pokonać te przeszkody i osiągnąć wyższy wskaźnik wdrażania.

Pomimo długoterminowych oszczędności, wysokie koszty początkowe mogą zniechęcić konsumentów. Koszt zakupu i instalacji pompy ciepła typu powietrze-powietrze wynosi zazwyczaj od 3000 do 6000 USD. Natomiast w przypadku instalacji nawet najtańszych modeli typu powietrze-woda na większości głównych rynków grzewczych modyfikacja istniejących systemów grzejnikowych pozostaje od dwóch do czterech razy droższa niż w przypadku zastosowania kotła na gaz ziemny. Zachęty finansowe są obecnie dostępne w ponad 30 krajach na całym świecie – co pokrywa ponad 70% dzisiejszego zapotrzebowania na ogrzewanie. Dotacje w tych krajach sprawiają, że najtańsze opcje pompy ciepła są dla konsumentów porównywalne z kosztem nowego kotła gazowego. Dodatkowe zachęty mogą dotyczyć gospodarstw domowych o niskich dochodach (jak w Polsce) i/lub modeli o wysokiej efektywności (jak w Kanadzie). W niektórych krajach taryfy energii elektrycznej i opodatkowanie energii stawiają pompy ciepła w relatywnie niekorzystnej sytuacji w stosunku do kotłów na paliwa kopalne. Taryfy i podatki powinny zostać zmienione na korzyść czystszych i wydajniejszych wyborów konsumenckich.

Szereg barier pozakosztowych powstrzymuje obecnie konsumentów przed przyjęciem pomp ciepła. Należą do nich brak informacji, podział zachęt między właścicieli budynków i najemców oraz przepisy budowlane. Kilka rządów podjęło działania w celu dostosowania

przepisów budowlanych (np. w Republice Czeskiej), stworzenia „punktów obsługi kompleksowej” dla konsumentów (np. w Irlandii) i zachęt dla alternatywnych modeli biznesowych do rozwiązywania problemu rozbieżnych interesów przy podziale zachęt, zwłaszcza w Ameryce Północnej, Wielkiej Brytanii i Niemczech, choć wciąż wszędzie potrzebne są silniejsze wysiłki. Szczególną uwagę należy zwrócić na usuwanie barier w montażu pomp ciepła w budynkach wielorodzinnych i komercyjnych, które mają dziś niewielki udział w sprzedaży.

Niedobory wykwalifikowanych instalatorów, które już stanowią wąskie gardło na wielu kluczowych rynkach grzewczych, wymagają przekwalifikowania pracowników na dużą skalę. W naszym scenariuszu globalne zapotrzebowanie na pełnoetatowych instalatorów wzrośnie czterokrotnie do 2030 roku. Włączenie pomp ciepła do istniejących systemów certyfikacji dla techników ogrzewania, hydraulików i inżynierów elektryków, którzy mają podobne umiejętności, pomogłoby zmniejszyć wymagania szkoleniowe. Zachęty finansowe, takie jak te stosowane w całej Europie, mogą również przyciągać nowych pracowników do specjalistycznych programów szkoleniowych.

Rządy muszą współpracować z przemysłem, aby zmniejszyć przeszkody po stronie podaży

Wiodący producenci ogłosili niedawno plany zainwestowania ponad 4 miliardów dolarów w rozbudowę mocy produkcyjnych pomp ciepła i związane z tym działania, głównie w Europie. Liczba nowo zainstalowanych pomp ciepła w ciągu najbliższych czterech lat ma być mniej więcej równa liczbie pomp ciepła zainstalowanych w ostatniej dekadzie. Kilka krajów, zwłaszcza Stany Zjednoczone, reaguje na słabości łańcucha dostaw zachętami do budowania krajowych zdolności produkcyjnych. Spójność polityk w perspektywie długoterminowej i pewność regulacyjna, wraz z ukierunkowanymi działaniami mającymi na celu wzmocnienie łańcuchów dostaw, mają kluczowe znaczenie dla producentów, którzy zastanawiają się, gdzie rozszerzyć swoją działalność. W szczególności przepisy dotyczące fluorowanych gazów cieplarnianych muszą równoważyć potrzebę ograniczenia emisji czynników chłodniczych z kosztami, bezpieczeństwem, efektywnością energetyczną i kwestiami związanymi z łańcuchem dostaw.

Przyspieszenie wdrażania pomp ciepła zgodnie z krajowymi celami klimatycznymi jest w zasięgu ręki, ale wymaga dalszych wysiłków ze strony decydentów i przemysłu. Wzrost rynku pomp ciepła potrzebny w tej dekadzie, aby osiągnąć krajowe cele klimatyczne, nie jest tak gwałtowny, jak ekspansja, którą już widzieliśmy w przypadku fotowoltaiki i pojazdów elektrycznych, chociaż konieczne byłoby dalsze przyspieszenie, aby wejść na ścieżkę wyznaczoną przez IEA w Scenariuszu Zero Emisji Netto do 2050 r. Wymagane dodatkowe inwestycje początkowe są znaczne i sięgają 160 miliardów USD rocznie do 2030 r., ale nad tymi dodatkowymi kosztami przeważają ogólnogospodarcze oszczędności na paliwie, zwłaszcza jeśli utrzymają się dzisiejsze wysokie ceny. Rządy i przemysł mają do odegrania kluczową rolę w usuwaniu utrzymujących się barier rynkowych i umożliwieniu pompom ciepła odgrywania pełnej roli w rozwiązywaniu najpilniejszych dzisiejszych problemów – bezpieczeństwa energetycznego, przystępności cenowej energii i szybkiej redukcji emisji.

Inwazja Federacji Rosyjskiej na Ukrainę i będąca jej konsekwencją decyzja o ograniczeniu dostaw gazu ziemnego do Europy pogрузiły świat w największym kryzysie energetycznym od lat 70-tych. Chociaż to Europa znajduje się w epicentrum, rosnące ceny energii uderzają w gospodarstwa domowe i przedsiębiorstwa na całym świecie, dając rządowi dodatkowy powód do wzmożonych wysiłków na rzecz ograniczenia zależności od paliw kopalnych, gdy skutki globalnego kryzysu klimatycznego stają się coraz bardziej widoczne.

W niniejszym raporcie oceniana jest rola, jaką pompy ciepła mogą odegrać w rozwiązywaniu problemów związanych zarówno z bezpieczeństwem energetycznym, jak i klimatem, koncentrując się na konkretnych krokach niezbędnych do przyspieszenia ich wdrażania w pozostałej części bieżącej dekady. Pompy ciepła mogą zmniejszyć zależność Unii Europejskiej od rosyjskich paliw kopalnych, zastępując kotły opalane gazem i olejem opałowym. W dłuższej perspektywie mają pełnić wiodącą rolę w dekarbonizacji zaopatrzenia w ciepło w ramach dążenia do osiągnięcia zerowej emisji netto dwutlenku węgla do 2050 roku. Pompy ciepła mogą być instalowane w budynkach i sieciach ciepłowniczych, zapewniając zarówno ogrzewanie, jak chłodzenie, a w przemyśle do dostarczania ciepła nisko- i średniotemperaturowego. Ponieważ są bardzo energooszczędne, mogą obniżyć rachunki za energię zarówno dla gospodarstw domowych, jak i firm. W zakresie, w jakim są one zasilane niskoemisyjną energią elektryczną, ich stosowanie skutkuje znacznie mniejszą emisją gazów cieplarnianych niż w przypadku standardowych urządzeń grzewczych dostępnych obecnie.

Pompy ciepła mogą być zaprojektowane tak, aby zapewniały zarówno ogrzewanie, jak i chłodzenie (znane jako odwracalne pompy ciepła), jednakże niniejszy raport koncentruje się na ogrzewaniu. Szczególną uwagę poświęcono implikacjom wdrożenia pomp ciepła w Europie dla zapotrzebowania na gaz w tym regionie w świetle przyjętego w marcu 2022 roku celu polityki Unii Europejskiej, jakim jest wyeliminowanie importu rosyjskiego gazu ziemnego na długo przed 2030 rokiem.

Raport ma następującą strukturę:

- Rozdział 1 rozpoczyna się od wyjaśnienia, czym jest pompa ciepła i jak działa, a następnie opisuje perspektywy potrzeb grzewczych do 2050 r., podkreślając różnice w obecnym i przyszłym miksie energetycznym oraz pokazując ewolucję zasobów budowlanych w poszczególnych regionach. Następnie opisano szczegółowo globalne i regionalne prognozy rozpowszechnienia pomp ciepła w budynkach, przemyśle i ciepłownictwie, koncentrując się na okresie do 2030 r., a także implikacje dla zapotrzebowania na energię, emisji i potrzeb inwestycyjnych.
- Rozdział 2 przedstawia bardziej szczegółowo implikacje przyspieszenia wdrażania pomp ciepła dla bezpieczeństwa energetycznego, systemów elektroenergetycznych oraz elastyczności popytu, przystępności cenowej energii, zdrowia publicznego, środowiska i tworzenia miejsc pracy.
- Rozdział 3 przedstawia oszacowanie głównych potencjalnych przeszkód we wdrażaniu pomp ciepła, w tym początkowych kosztów ich instalacji, innych barier rynkowych, ograniczeń produkcyjnych i innych ograniczeń w łańcuchu dostaw oraz niedoborów wykwalifikowanych pracowników, a także głównych opcji politycznych dotyczących rozwiązywania tych problemów.

Perspektywy wdrażania pomp ciepła

Temperatura wzrośnie?

STRESZCZENIE

- Ograniczenie zużycia paliw kopalnych w ciepłownictwie jest konieczne, aby można było jednocześnie zająć się palącymi zagrożeniami dla bezpieczeństwa energetycznego oraz chronić gospodarstwa domowe i przedsiębiorstwa przed wahaniami cen energii a także osiągnąć cele klimatyczne. Niemalże połowa światowego zużycia energii związanej z budynkami jest przeznaczana na ogrzewanie, gdzie obecnie dominującym źródłem jest gaz ziemny, którego zużywamy 760 miliardów metrów sześciennych (mld m³) rocznie. Udział ten jest wyższy w Unii Europejskiej, gdzie do ogrzewania budynków zużywa się więcej gazu niż w energetyce. W 2021 r., włączając inne paliwa kopalne, ciepłownictwo wyemitowało bezpośrednio i pośrednio ponad 4 Gt CO₂ – 10% światowych emisji CO₂ związanych z energią.
- Pompy ciepła są podstawowym sposobem dekarbonizacji ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w budynkach. Obecnie łączna moc pomp ciepła zainstalowanych w budynkach wynosi ponad 1 000 GW. W Scenariuszu Ogłoszonych Zobowiązań (APS – Announced Pledges Scenario), w którym zakłada się spełnienie krajowych celów w zakresie klimatu i bezpieczeństwa energetycznego, ta moc ma wzrosnąć do 2 600 GW do 2030 r. Zwiększyłoby to ich udział w odniesieniu do całkowitego zapotrzebowania na ciepło w budynkach z prawie 10% w 2021 r. do jednej piątej. Wiele z tych pomp to pompy odwracalne, tj. mogące również zapewniać chłodzenie. Do 2050 roku 2,6 miliarda ludzi będzie mieszkać na obszarach o znacznych potrzebach zarówno w zakresie ogrzewania jak i chłodzenia.
- Do 2030 r., według scenariusza APS, pompy ciepła przyczynią się do prawie połowy globalnej redukcji zużycia paliw kopalnych do ogrzewania budynków. Pompy ciepła pomogą zmniejszyć zapotrzebowanie na gaz ziemny o ponad 80 mld m³ i olej opałowy o 1 milion baryłek ropy na dzień (mb/d), podczas gdy zużycie węgla spadnie do znikomego poziomu. Do 2030 r. pompy ciepła przyczynią się do około 9% wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, jednakże przy nieznacznym wpływie na obciążenia szczytowe całego systemu w zimie. Ten wzrost może zostać pokryty bez nowych mocy wytwórczych w większości regionów, chociaż konieczne będzie staranne planowanie sieci w celu zapewnienia jej stabilności, zwłaszcza w sieciach dystrybucyjnych.
- Unia Europejska widzi gwałtowny spadek zapotrzebowania na gaz ziemny dzięki rozpowszechnieniu pomp ciepła jak w scenariuszu APS dążącym do osiągnięcia celów REPowerEU. Roczna liczba instalacji pomp ciepła w całej Unii Europejskiej osiągnie w 2030 r. prawie 7 milionów – w porównaniu z zaledwie 2 milionami w 2021 r. Ten szybki wzrost zmniejszy zużycie gazu o 7 mld m³ w 2025 r. oraz o 21 mld m³ w 2030 r., co odpowiada mniej więcej 15% importu UE z Rosja w 2021 roku.
- Pompy ciepła zmniejszą również zapotrzebowanie na paliwa kopalne w przemyśle, które obecnie odpowiada za około jedną piątą zużycia gazu ziemnego. Dzisiaj pompy ciepła można stosować do niskotemperaturowego ogrzewania procesowego poniżej 100°C w wielu sektorach, ale technologie te są już dostępne na rynku dla procesów do 150°C, a wyższe temperatury są technicznie osiągalne. Prawie 40% przemysłowego zapotrzebowania na ciepło w 2030 r. przypada na temperatury odpowiednie dla pomp ciepła. Sieci ciepłownicze można również przestawić na wielkoskalowe pompy ciepła. Kilka krajów europejskich wyznaczyło cele dekarbonizacji swoich sieci ciepłowniczych do 2040 r.

1.1 Wprowadzenie

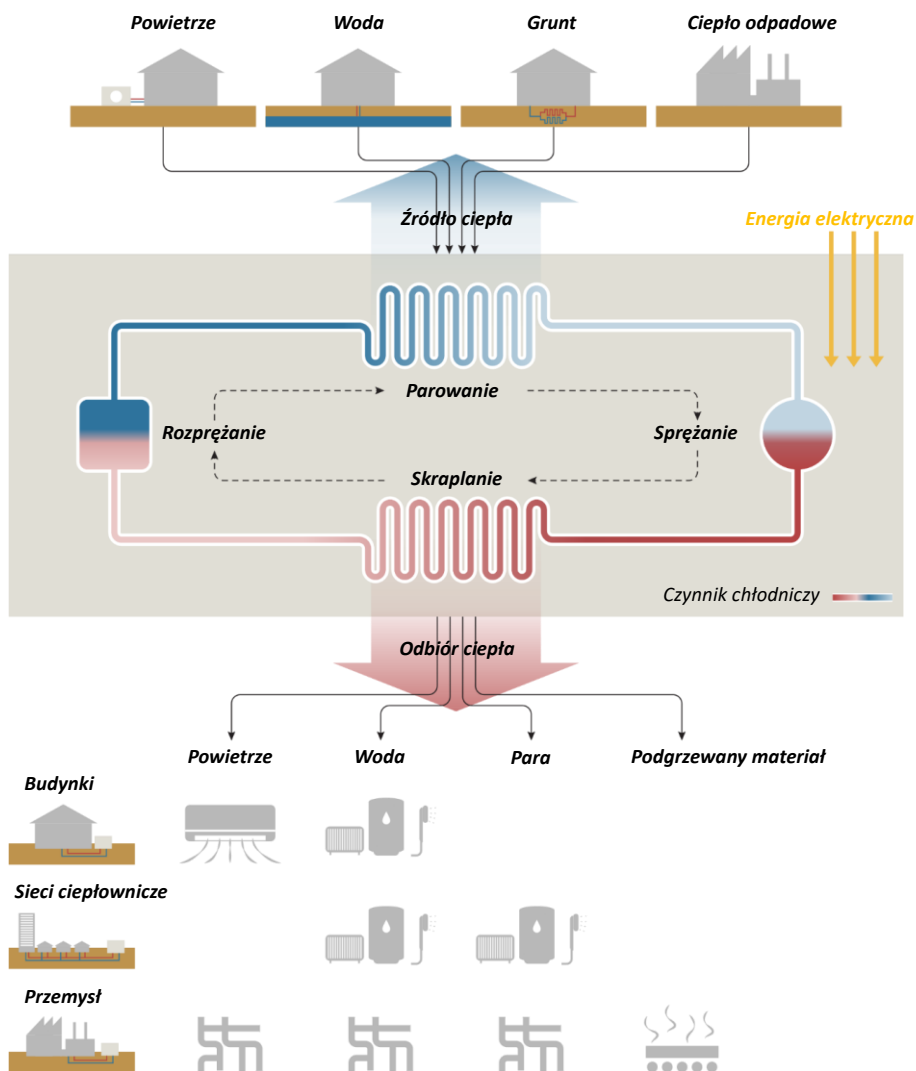
W niniejszym rozdziale dokonano oceny perspektyw dla instalacji pomp ciepła i ich wpływu na miks energetyczny w ogrzewaniu budynków i w przemyśle, opierając się na prognozach ogólnosystemowych scenariuszy energetycznych przedstawionych w najnowszym wydaniu raportu **World Energy Outlook** (WEO, *Światowa Perspektywa Energetyczna*), opublikowanym w październiku 2022 r. (IEA, 2022a). Nacisk położony jest tutaj na **Scenariusz Ogłoszonych Zobowiązań (APS – Announced Pledges Scenario)**, który zakłada, że rządy na całym świecie w pełni i terminowo wywiążą się ze wszystkich ogłoszonych zobowiązań energetyczno-klimatycznych. W całym dokumencie scenariusz ten jest kontrastowany do **Scenariusza Ogłoszonych Polityk (STEPS – Stated Policies Scenario)**, który opisuje, w jaki sposób globalny system energetyczny może ewoluować w ramach już obowiązujących polityk, pod warunkiem, że będą one poparte konkretnymi planami wdrażania. Porównania te mają na celu podkreślenie, w jakich obszarach wymagane będą dodatkowe wysiłki w celu przyspieszenia wdrożenia pomp ciepła. W niektórych przypadkach prognozy scenariusza APS są również porównywane ze scenariuszem **Zero Emisji Netto do 2050 r. (NZE)**, który przedstawia ścieżkę redukcji emisji w sektorze energii do zera w ujęciu netto do 2050 r. w celu ustabilizowania średnich temperatur na świecie na poziomie 1,5°C powyżej poziomu przedindustrialnego. Więcej szczegółów na temat scenariuszy i prognoz można znaleźć w WEO 2022.

Pompa ciepła wykorzystuje technologię podobną do tej zastosowanej w lodówce lub klimatyzatorze. Pobiera ciepło¹ ze źródła takiego jak otaczające powietrze, energia geotermalna zmagazynowana w ziemi lub pobliskie źródło wody lub ciepło odpadowe z fabryki. Następnie podnosi temperaturę i przekazuje ciepło tam, gdzie jest ono potrzebne (Rysunek 1.1). Ponieważ większość ciepła jest przenoszona, a nie wytwarzana, pompy ciepła są znacznie bardziej efektywne niż konwencjonalne technologie grzewcze, takie jak kotły lub grzejniki elektryczne, i dlatego mogą być tańsze w eksploatacji. Energia wytwarzana w postaci ciepła jest zwykle kilka razy większa niż ta wymagana do zasilania pompy ciepła, zwykle w postaci energii elektrycznej. Na przykład współczynnik efektywności (COP) typowej domowej pompy ciepła wynosi około cztery, co oznacza, że ilość wyprodukowanej energii jest czterokrotnie większa niż energii elektrycznej zużytej do zasilania. To sprawia, że obecne modele są 3-5 razy bardziej energooszczędne niż kotły gazowe. Pompy ciepła można łączyć z innymi systemami grzewczymi, najczęściej gazowymi, w konfiguracjach hybrydowych.

Sama pompa ciepła składa się ze sprężarki, która przenosi czynnik chłodniczy poprzez obieg chłodniczy oraz wymiennika ciepła, który pobiera ciepło ze źródła. Ciepło jest następnie przekazywane do odbiorników przez inny wymiennik ciepła. W budynkach ciepło jest dostarczane za pomocą wymuszonego obiegu powietrza lub systemów wodnych, takich jak grzejniki lub ogrzewanie podłogowe. Pompy ciepła można podłączyć do zasobników w celu wytwarzania ciepłej wody użytkowej lub zapewnienia elastyczności w systemach wodnych. Wiele pomp ciepła, oprócz zaspokojenia potrzeb związanych z ogrzewaniem pomieszczeń zimą, może również chłodzić pomieszczenia latem. W przemyśle pompy ciepła są wykorzystywane do dostarczania gorącego powietrza, wody lub pary oraz do bezpośredniego ogrzewania materiałów. Wielkoskalowe pompy ciepła w zastosowaniach komercyjnych, przemysłowych i w sieciach ciepłowniczych wymagają wyższych temperatur wejściowych niż w zastosowaniach mieszkaniowych, a źródłem może być ciepło odpadowe z procesów przemysłowych, centrów danych lub ze ścieków.

¹ Fizycznie energia cieplna występuje zawsze, gdy temperatura jest wyższa od zera bezwzględnego (0 K lub -273 °C).

Rysunek 1.1 ▶ Jak działa pompa ciepła



IEA. CC BY 4.0.

Typowa domowa pompa ciepła potrzebuje tylko jednej jednostki wejściowej energii elektrycznej, aby dostarczyć cztery jednostki energii cieplnej; cykl można odwrócić, aby zapewnić funkcję chłodzenia

Uwagi: Pomocniczym źródłem energii może być również inne paliwo, takie jak gaz ziemny, ale większość dzisiejszych pomp ciepła jest zasilana energią elektryczną.

Efektywność pompy ciepła zależy w dużej mierze od źródła ciepła. Zimą grunt i zewnętrzne źródła wody zazwyczaj pozostają cieplejsze niż otaczające powietrze, więc gruntowe i wodne pompy ciepła zużywają mniej energii elektrycznej niż powietrzne, co daje wyższy współczynnik COP. Tak jest zwłaszcza w zimnym klimacie, gdzie odszranianie zewnętrznych elementów powietrznych pomp ciepła może zużywać dodatkową energię. Gruntowe pompy ciepła są jednak droższe w instalacji, ponieważ wymagają podziemnego wymiennika ciepła – głębokiego odwiertu pionowego lub rozległej sieci rur zakopanych co najmniej metr pod powierzchnią gruntu. Podłączenie wodnej pompy ciepła do pobliskiej rzeki, wód gruntowych lub ścieków również może być kosztowne.

Z tych powodów gruntowe i wodne pompy ciepła są generalnie mniej popularne niż pompy powietrzne. Na całym świecie prawie 85% wszystkich pomp ciepła sprzedawanych do budynków to pompy powietrzne, ponieważ ich instalacja wymaga najmniejszego nakładu. Wiele z nich to jednostki powietrze-powietrze, natomiast w regionach gdzie dominuje konieczność ogrzewania, nad potrzebą chłodzenia, urządzenia typu powietrze-woda stają się coraz powszechniejsze. Systemy wodne z źródłem powietrznym są bardziej powszechne w Europie niż w innych regionach i stanowią prawie połowę wszystkich sprzedanych urządzeń. Gruntowe pompy ciepła i hybrydowe pompy ciepła, które łączą pompę ciepła z innym źródłem ogrzewania, takim jak kocioł gazowy, stanowią obecnie niewielką część sprzedaży światowej, niemniej w niektórych krajach stanowią znaczną część rynku. W Szwecji, wiodącym rynku gruntowych pomp ciepła, co czwarty dom jest wyposażony w taki model. Rynek gruntowych pomp ciepła stale rośnie również w Chińskiej Republice Ludowej (dalej „Chiny”), gdzie często zastępują one węglowe systemy grzewcze, pomagając zmniejszyć emisję dwutlenku węgla (CO₂) i poprawić jakość powietrza.

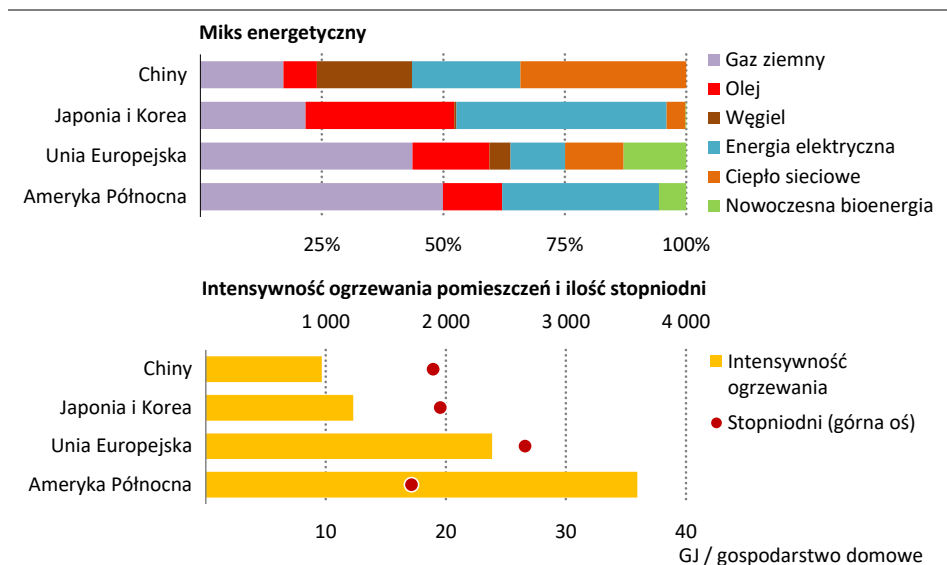
W domach jednorodzinnych i mieszkaniach mogą być wykorzystywane jedna lub wiele małych jednostek, natomiast w budynkach wielorodzinnych i komercyjnych jednostka centralna do ogrzewania i chłodzenia wielu pomieszczeń. W Azji indywidualne jednostki powietrze-powietrze są powszechne w budownictwie wielorodzinnym, jednak ograniczenia w budownictwie wielorodzinnym, zwłaszcza w Europie, powodują, że pompy ciepła są mniej powszechne poza domami jednorodzinnymi. Scentralizowane pompy ciepła mogą dostarczać ciepło do całych budynków wielorodzinnych i komercyjnych, ale stanowią obecnie niewielką część całkowitej liczby zainstalowanych pomp ciepła. Na przykład w Europie tylko 10% jednostek sprzedanych w 2021 r. stanowiły większe, scentralizowane jednostki dla budownictwa wielorodzinnego (EHPA, 2022 r.). Budynki komercyjne szczególnie dobrze nadają się do stosowania scentralizowanych pomp ciepła, ponieważ oprócz potrzeb związanych z ogrzewaniem pomieszczeń często cechują się znacznym zapotrzebowaniem na chłodzenie przez cały rok, na przykład w szpitalach, przy chłodzeniu żywności w supermarketach lub w dużych serwerowniach w biurach. Systemy komercyjne mogą osiągnąć wysoką efektywność i zminimalizować zużycie energii elektrycznej, wykorzystując ciepło odpadowe z chłodzenia do zaspokojenia potrzeb grzewczych.

Technologia pomp ciepła jest dojrzała, a ich produkcję i instalację można w zasadzie szybko zwiększyć. Istnieje jednak szereg przeszkód utrudniających ich propagację, w tym stosunkowo wysokie koszty ich instalacji oraz różne ograniczenia w łańcuchu dostaw, takie jak brak wykwalifikowanych pracowników. Potrzebne są skoordynowane wysiłki w celu zmniejszenia barier rynkowych i regulacyjnych oraz wzmocnienia łańcuchów dostaw, co znalazło odzwierciedlenie w niedawnym zwiększeniu się liczby nowych polityk rządowych i planów działania zachęcających do stosowania pomp ciepła, spośród których można wyróżnić plan *REPowerEU* w Unii Europejskiej (UE) oraz *Ustawę o obniżaniu inflacji [Inflation Reduction Act]* w Stanach Zjednoczonych (USA), które zostały przyjęte w 2022 r.

1.2 Zapotrzebowanie na ogrzewanie

Ogrzewanie ma obecnie znaczny udział w globalnym zużyciu energii i jest głównym źródłem emisji CO₂. Globalne zapotrzebowanie na energię do ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody wyniosło 62 eksadżuli (EJ) w 2021 r., odpowiadając za około połowę zużycia energii w budynkach i bezpośrednią emisję 2,5 gigaton (Gt) CO₂, czyli około 80% bezpośrednich emisji z budynków. Skutkuje to 4 Gt CO₂, biorąc pod uwagę emisje pośrednie z energii elektrycznej i ciepłownictwa.

Rysunek 1.2 ► Ogrzewanie gospodarstw domowych w wybranych krajach/regionach, 2021 r



IEA. CC BY 4.0.

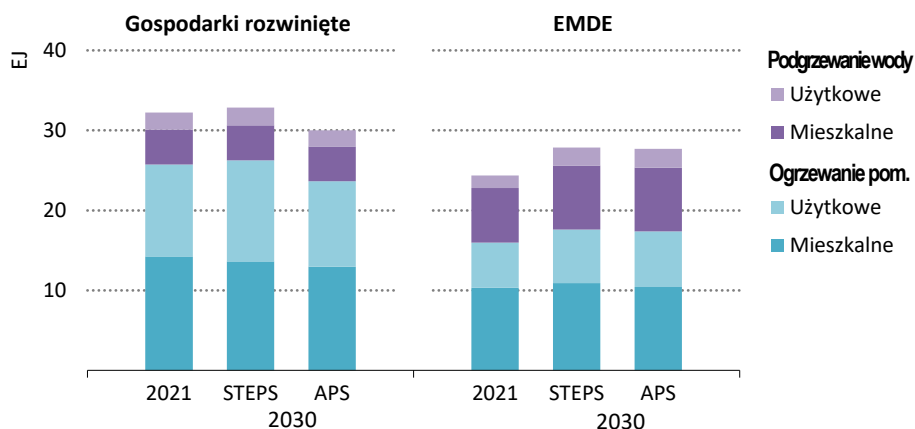
Gaz ziemny jest wiodącą formą energii do ogrzewania pomieszczeń w budynkach, zaspokajając około 45% globalnego zapotrzebowania na energię do ogrzewania pomieszczeń

Uwagi: GJ = gigadżule; HDD = stopniodzień grzewczy. HDD to znormalizowana miara potrzeb grzewczych, umożliwiającą porównania między regionami. Mierzy, jak zimno jest w danym miejscu, porównując rzeczywiste temperatury ze standardową temperaturą bazową. Do tej analizy przyjęto temperaturę bazową 18°C, przy uwzględnieniu wpływu wilgotności.

Poziom zapotrzebowania na energię znacznie różni się w poszczególnych gospodarstwach domowych w różnych krajach i regionach, głównie w zależności od klimatu, wielkości gospodarstwa domowego, powierzchni mieszkalnej, stopnia, w jakim budynki są dobrze ocieplone oraz rodzaju i jakości urządzeń grzewczych (Rysunek 1.2). Około 70% całkowitego zapotrzebowania na ogrzewanie dotyczy ogrzewania pomieszczeń, a reszta przygotowania ciepłej wody. Zróżnicowany jest również miks energetyczny dla ogrzewania. Gaz ziemny jest wiodącą formą energii do ogrzewania budynków, zaspokajając 42% światowego zapotrzebowania na energię ciepłą. Jedna szósta światowego zapotrzebowania na gaz ziemny jest wykorzystywana do ogrzewania budynków (w Unii Europejskiej wartość ta wzrasta do jednej trzeciej). Kolejne miejsce zajmuje ropa naftowa z udziałem 15%, następnie energia

elektryczna z udziałem 15% i ciepłownictwo miejskie – skoncentrowane w Chinach, Europie Północnej i Wschodniej oraz Azji Środkowej – z udziałem 11%. Bezpośrednie wykorzystanie biomasy i węgla stanowi uzupełnienie. Miks paliwowy ogrzewania różni się znacznie w głównych regionach grzewczych, chociaż gaz dominuje wszędzie poza Azją Wschodnią.

Rysunek 1.3 ▶ Zapotrzebowanie na usługi ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w budynkach według regionów i sektorów w STEPS i APS, 2021 r. i 2030 r.



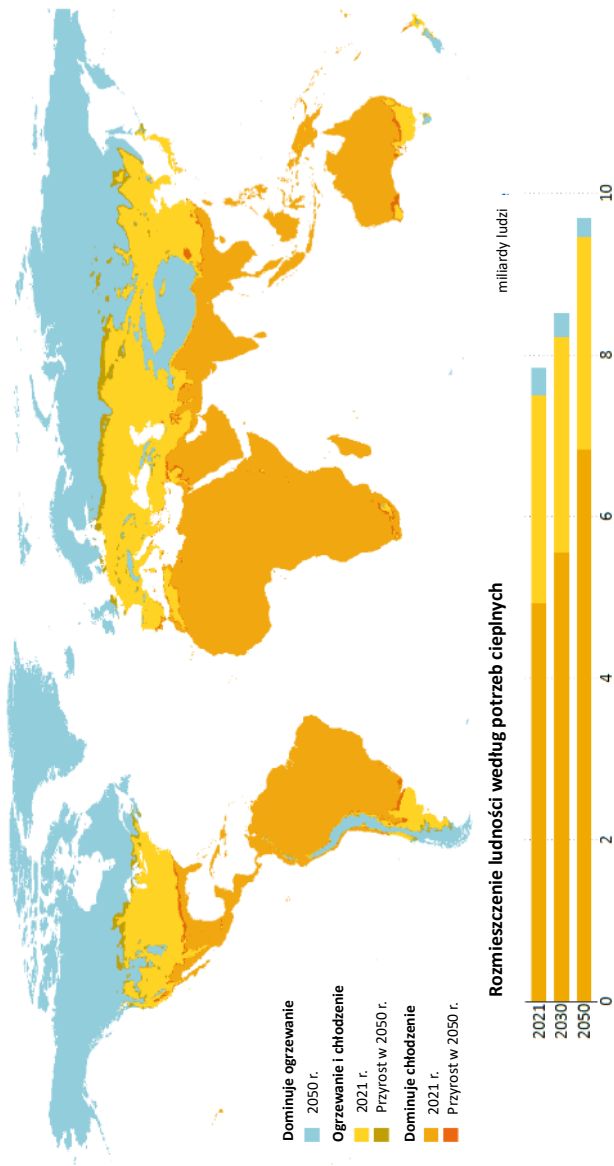
IEA. CC BY 4.0.

Ulepszenia w izolacji budynków ograniczają popyt na ogrzewanie w gospodarkach rozwiniętych, podczas gdy rosnące zasoby budynków zwiększają popyt w gospodarkach wschodzących

Uwaga: EMDE = rynki wschodzące i gospodarki rozwijające się.

Większość światowej populacji, która potrzebuje ogrzewania pomieszczeń, ma już do tego dostęp, co sprawia, że perspektywę zapotrzebowania na ciepło są stosunkowo przewidywalne. Obecnie prawie 40% światowej populacji mieszka w regionach, w których panują temperatury otoczenia, które wymagają ogrzewania pomieszczeń przynajmniej przez część roku. Oczekuje się, że liczba ludności w tych regionach, głównie na półkuli północnej, pozostanie zasadniczo stabilna w nadchodzących dziesięcioleciach. Jednak rosnący dobrobyt prawdopodobnie zwiększy ogólne zapotrzebowanie na ogrzewanie, zwłaszcza na rynkach wschodzących i w gospodarkach rozwijających się, ponieważ ludzie przeprowadzają się do nowych, większych mieszkań i częściej korzystają z usług grzewczych, zwłaszcza ciepłej wody, chociaż zwiększenie efektywności prawdopodobnie zrekomensuje część tego wzrostu zapotrzebowania. Zwiększona aktywność gospodarcza spowoduje również wzrost potrzeb grzewczych w budynkach komercyjnych. Całkowite zapotrzebowanie na ciepło w budynkach w gospodarkach wschodzących znacznie wzrośnie w latach 2021-2030 zarówno według scenariusza STEPS, jak i APS, a będzie napędzane głównie zapotrzebowaniem na ciepłą wodę (Rysunek 1.3). Natomiast zapotrzebowanie na ogrzewanie w gospodarkach rozwiniętych jest zasadniczo stabilne w STEPS, ponieważ poprawa efektywności równoważy rosnącą liczbę jednoosobowych gospodarstw domowych, podczas gdy większe wysiłki na rzecz zwiększenia efektywności budynków, zwłaszcza poprzez poprawę izolacji budynków, nieznacznie zmniejszają zapotrzebowanie na ogrzewanie pomieszczeń w scenariuszu APS.

Rysunek 1.4 ▴ Zapotrzebowanie na ogrzewanie i chłodzenie według regionów w STEPS, 2021 r. i 2050 r.



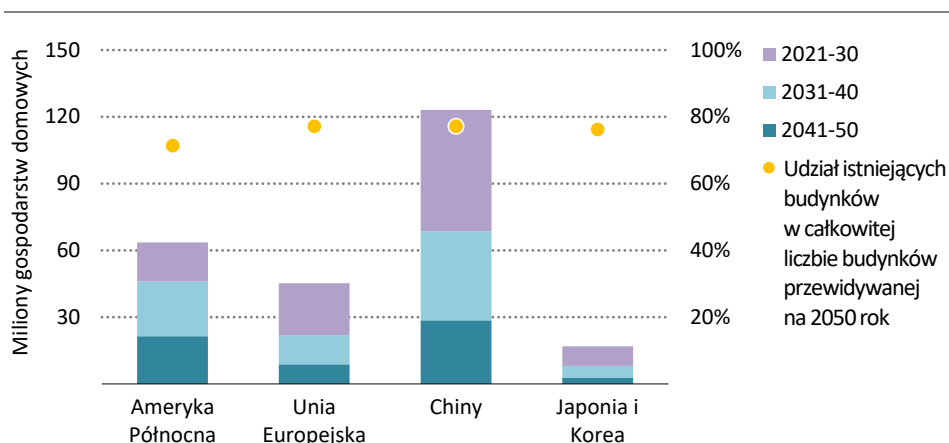
IEA. CC BY 4.0.

Regiony, w których potrzebne jest ogrzewanie, będą odnotowywać niewielki wzrost liczby ludności do 2050 r., podczas gdy nastąpi wzrost liczby ludności o jedną czwartą w regionach potrzebujących chłodzenia

Uwaga: Ogrzewanie i chłodzenie odnoszą się do obszarów, w których stopniodni grzewcze (HDD) obliczone przy temperaturze bazowej 18 °C HDD (18 °C) są większe lub równe 1 000 (°C-dni), a stopniodni chłodzenia (CDD) obliczone przy temperaturze podstawowej 10°C CDD (10 °C) są większe lub równe 1 000 (°C-dni). Więcej informacji na temat wskaźnika można znaleźć w IEA (2020a), a dalsze informacje na temat HDD i CDD można znaleźć w IEA (2022b).

Oczekuje się, że w dłuższej perspektywie całkowite zużycie energii do ogrzewania w regionach, które mają znaczne potrzeby w zakresie ogrzewania pomieszczeń, spadnie z powodu zmian klimatu (choć zostanie to w pewnym stopniu zrównoważone zwiększonym zapotrzebowaniem na chłodzenie w tych i innych regionach). I odwrotnie, do 2050 r. prawie wszyscy na całym świecie będą musieli stawić czoła falam upałów, które stanowią zagrożenie dla zdrowia publicznego, powodując większe wykorzystanie klimatyzacji w większości regionów (zob. także rozdział 5.7 dotyczący chłodzenia pomieszczeń w WEO 2022 r.). Pompy ciepła mogą zapewniać zarówno ogrzewanie, jak i chłodzenie, dlatego mogą stać się preferowanym wyborem dla nowych budynków i modernizacji ogrzewania w regionach, które wymagają obu tych rozwiązań w różnych porach roku. Według scenariusza STEPS liczba osób mieszkających w regionach wymagających zarówno ogrzewania, jak i chłodzenia ma wzrosnąć o około 3% do 2,6 miliarda osób do 2050 r. (Rysunek 1.4). W większości regionów wymagających ogrzewania większość budowanych dzisiaj budynków będzie nadal użytkowana w 2050 r. (Rysunek 1.5). Oznacza to, że ograniczenie zużycia paliw kopalnych w ciepłownictwie będzie wymagało modernizacji i przejścia na niskoemisyjne technologie grzewcze. Surowe przepisy budowlane, które zapewniają, że nowe budynki są gotowe na zerową emisję dwutlenku węgla, są również potrzebne do dekarbonizacji ogrzewania.

Rysunek 1.5 ▶ Liczba nowych gospodarstw domowych według dekad w wybranych krajach/regionach, 2021–2050



IEA. CC BY 4.0.

Trzy czwarte zasobów budynków przewidywanych na 2050 r. stoi już dziś w Ameryce Północnej i UE, a obecnie razem odpowiadają za ponad 40% globalnego zapotrzebowania na ogrzewanie

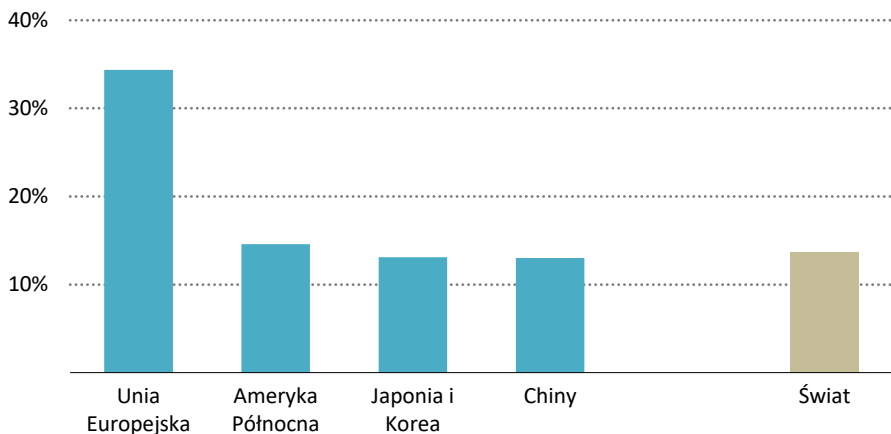
Uwaga: Zakłada się, że przewidywane wskaźniki wyburzeń w Chinach będą niższe niż obecnie.

1.3 Pompy ciepła w budynkach

1.3.1 Globalna perspektywa

Globalna sprzedaż pomp ciepła w 2021 roku wzrosła o 13% w stosunku do poziomu z 2020 roku, przy czym najszybszy wzrost zanotowano w Unii Europejskiej, gdzie wyniósł około 35% (Rysunek 1.6). Pomimo rosnącej sprzedaży w ostatnich latach w 2021 r. pompy ciepła nadal zaspokajały jedynie około 10% globalnego zapotrzebowania na ciepło w budynkach. Pompy ciepła w budynkach mieszkalnych i niemieszkalnych odpowiadają obecnie za ponad 1 000 gigawatów (GW)², z czego prawie połowa przypada na Amerykę Północną. Wiele jednostek jest używanych w klimatach od łagodnego do ciepłego, gdzie są używane głównie do chłodzenia, ale stanowią również podstawowe źródło ogrzewania (przez kilka miesięcy w roku). Jednakże, dzięki wieloletniemu wsparciu poprzez odpowiednie polityki, rozpowszechnienie pomp ciepła jest obecnie największe w najzimniejszych częściach Europy, pozwalając na zaspokojenie 60% całkowitego zapotrzebowania na ogrzewanie budynków w Norwegii i ponad 40% w Szwecji i Finlandii (Rosenow i in., 2022 r.).

Rysunek 1.6 ▶ Roczny wzrost sprzedaży pomp ciepła stosowanych w budynkach w wybranych regionach, 2021 r.



IEA. CC BY 4.0.

Ameryka Północna ma najwięcej zainstalowanych pomp ciepła, a Chiny są największym rynkiem, ale to Unia Europejska jest obecnie najszybciej rozwijającym się rynkiem

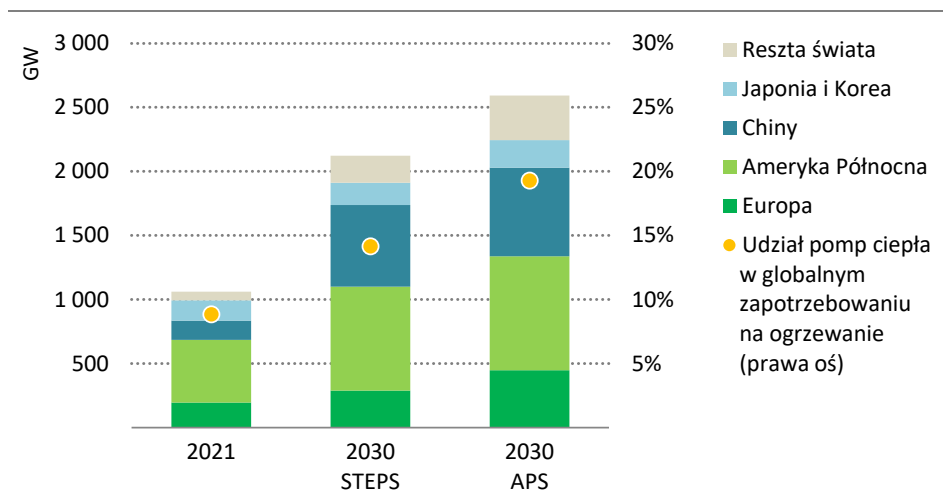
Źródła: Analiza IEA na1 podstawie AHRI (2022 r.), Chinabaogao (2022 r.), EHPA (2021 r.), JRAIA (2022 r.).

² W celu uzyskania współczynnika porównawczego między regionami pompy ciepła są opisywane poprzez moc wyjściową wyrażaną w watach. Moc średnia dla zasobu pomp ciepła w zależności od regionów wykazuje znaczne zróżnicowanie. Regiony takie jak Ameryka Północna i Europa mają pompy ciepła o średnio większej mocy (od 5 kW do 10 kW), podczas gdy w Azji często jest ona mniejsza (od 3 kW do 5 kW). Na tej podstawie współczynnik globalny średniej mocy pomp ciepła stosowanych do pojedynczych mieszkań lub pomieszczeń można uznać za około 5 kW. Wymiarowanie zależy również od zasobów budynków i od klimatu. Scentralizowane jednostki w budynkach wielorodzinnych mają moc powyżej 20 kW, a te w dużych budynkach komercyjnych mogą mieć moce przekraczające 100 kW.

Zwiększenie tempa i zakresu wprowadzanych polityk i zachęt dotyczących pomp ciepła, zwłaszcza w amerykańskiej *Ustawie o obniżaniu inflacji*, ma przyspieszyć ich wdrożenie, jak pokazano w STEPS.

W scenariuszu STEPS globalna moc pomp ciepła w budynkach wzrasta do ponad 2 100 GW do 2030 r., zaspokajając 14% światowych potrzeb grzewczych budynków (Rysunek 1.7). Wsparcie odpowiednich polityk dla pomp ciepła jest dostępne w wielu głównych regionach grzewczych. Dotacje są dostępne w regionach, które odpowiadają obecnie za ponad 70% globalnego zapotrzebowania na ogrzewanie pomieszczeń w budynkach mieszkalnych³. Ponadto w kilku krajach wprowadzone zostają minimalne standardy charakterystyki energetycznej dla istniejących budynków i kodeksy energetyczne budynków w przypadku nowych budynków, podczas gdy na szczeblu krajowym obowiązują już zakazy stosowania kotłów na paliwa kopalne w różnych krajach, w tym w Danii, Francji, Holandii i Norwegii, a także na poziomie niższym niż krajowy (przepisy stanowe/regionalne), między innymi w Stanach Zjednoczonych i Kanadzie.

Rysunek 1.7 ▶ Moc pomp ciepła w budynkach według kraju/regionu i scenariusza, 2021 r. i 2030 r.



IEA. CC BY 4.0.

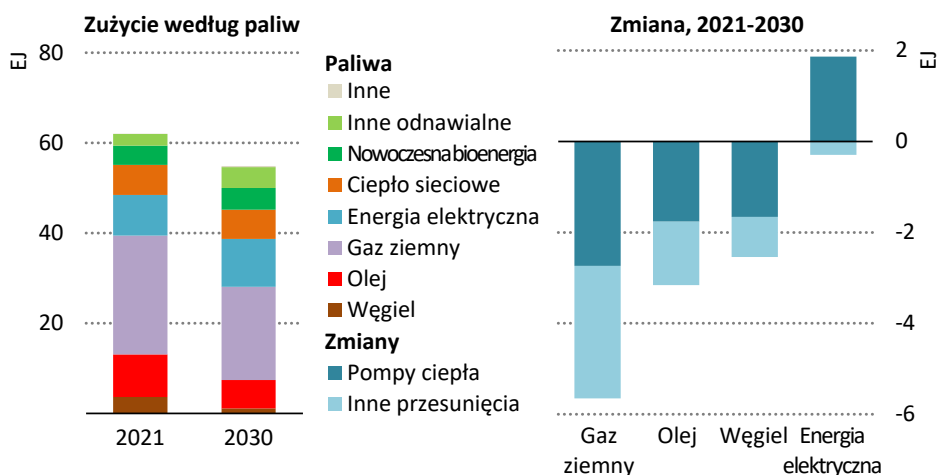
Według scenariusza APS pompy ciepła zaspokajają około 20% potrzeb grzewczych w 2030 r., przy czym Chiny, Ameryka Północna i Europa pozostają wiodącymi rynkami

Aby osiągnąć krajowe cele w zakresie klimatu i bezpieczeństwa energetycznego, potrzebne jest większe wsparcie polityczne dla pomp ciepła. W APS zakładającym realizację tych celów moc pomp ciepła wzrośnie do prawie 2 600 GW do 2030 r., zaspokajając prawie 20% potrzeb ciepłowniczych sektora. Na przykład, aby osiągnąć cel REPowerEU polegający na zakończeniu importu gazu ziemnego z Federacji Rosyjskiej (dalej „Rosja”) na długo przed 2030 r., liczba pomp ciepła w Unii Europejskiej musi się prawie potroić, aby osiągnąć około 45 milionów, zgodnie ze scenariuszem APS.

³ Obejmują one głównie polityki na poziomie krajowym, z wyjątkiem Japonii i Chin, w których polityki na poziomie niższym niż krajowy pokrywają znaczną część krajowego zapotrzebowania na ogrzewanie.

Według APS pompy ciepła będą odgrywały główną rolę w ograniczaniu zużycia paliw kopalnych w budynkach do 2030 r. Bezpośrednie wykorzystanie paliw kopalnych do ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody spadnie o 29% w latach 2021-2030 na całym świecie (w porównaniu z 16% według STEPS), z czego prawie połowa przypada na pompy ciepła (Rysunek 1.8). Pozostałe redukcje zużycia paliwa wynikać będą z ulepszeń w zakresie efektywności energetycznej budynków, w szczególności ich izolacji, w tym polegających na zastosowaniu zautomatyzowanych systemów sterowania domem i systemów zarządzania budynkami w przypadku budynków niemieszkalnych. Największy udział w całkowitych oszczędnościach energii z paliw kopalnych będzie przypadał na gaz, zaś jego zużycie spadnie o ponad 160 miliardów metrów sześciennych, czyli o 21%, do 2030 r. Unia Europejska wnosi największe oszczędności gazu w obu scenariuszach. Decyzja Rosji o odcięciu dostaw gazu do Europy i wynikający z tego wzrost cen skłaniają rządy do pilnego wzmocnienia polityki zachęcającej do odejścia od gazu ziemnego i innych paliw kopalnych. Inni główni importerzy gazu z ambitnymi celami klimatycznymi na rok 2030 również odnotowują duże spadki zużycia gazu w budynkach, w dużej mierze z powodu większego wykorzystania pomp ciepła.

Rysunek 1.8 ▶ Globalne zużycie energii do ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w budynkach w scenariuszu APS, lata 2021-2030



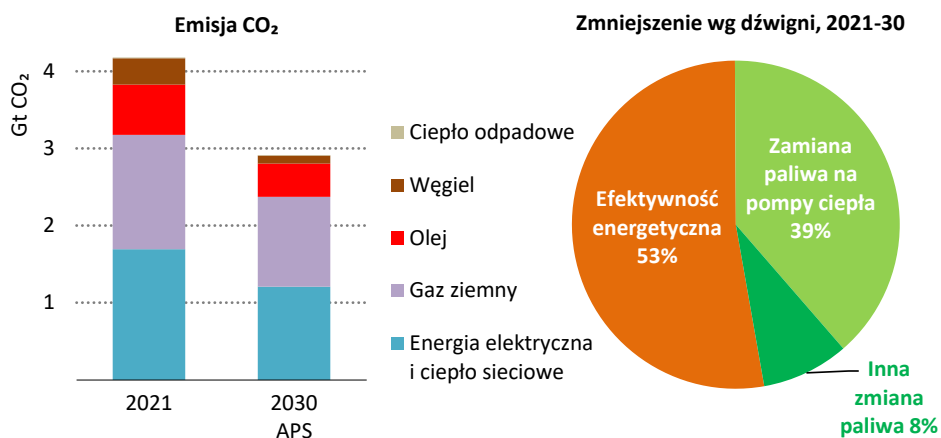
Według APS pompy ciepła przyczyniają się do ponad połowy z 29% spadku zapotrzebowania na paliwa kopalne w ogrzewaniu pomieszczeń i wody do 2030 r., zmniejszając najbardziej zapotrzebowanie na gaz ziemny

W obu scenariuszach pompy ciepła wypierają również duże ilości oleju i węgla służące do ogrzewania budynków. Systemy grzewcze oparte na oleju, które obecnie występują głównie w regionach, w których nie ma dystrybucji gazu ziemnego, kontynuują szybki spadek w scenariuszu APS, spadając z 15% światowego zapotrzebowania na ciepło w 2021 r. do około 11% w 2030 r. – nieco szybszy spadek niż w STEPS. Główną przyczyną tych spadków są pompy ciepła. Według APS ogrzewanie węglowe w gospodarstwach domowych zostanie prawie wyeliminowane do 2030 r., a na czele tego procesu będą stały wymagające cele i kampanie przeprowadzane w Chinach, prowadzące do poprawy jakości powietrza, przy czym pompy ciepła zastąpią większość zużycia węgla, zwłaszcza na obszarach podmiejskich i wiejskich.

Szybsze wdrażanie pomp ciepła w scenariuszu APS zwiększa globalne zapotrzebowanie na energię elektryczną, ale znaczne oszczędności na paliwach kopalnych będą przeważające, ze względu na zdecydowanie większą efektywność pomp ciepła. Zużycie energii elektrycznej przez pompy ciepła podwaja się i rośnie o ponad 500 terawatogodzin (TWh), przyczyniając się do około 9% całkowitego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną w latach 2021–2030. W większości regionów istniejące moce wytwórcze są wystarczające, aby zaspokoić ten wzrost zapotrzebowania, chociaż w niektórych krajach potrzebne będą dodatkowe inwestycje w modernizację sieci, zwłaszcza systemów dystrybucji. Zwiększone zapotrzebowanie na energię elektryczną ze strony pomp ciepła nie prowadzi w tym scenariuszu do wzrostu zapotrzebowania na paliwa kopalne w elektroenergetyce, ponieważ zakładana realizacja celów dekarbonizacji prowadzi do spadku zużycia paliw kopalnych w elektroenergetyce o blisko jedną piątą do 2030 r. Spadek ten jest najszybszy w krajach Grupy G7 i Unii Europejskiej. Wodór odgrywa znikomą rolę w miksie paliw do ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w APS w okresie do 2030 r. Kluczowym powodem jest to, że biorąc pod uwagę straty energii związane z konwersją, transportem i użytkowaniem wodoru, technologie wodorowe do stosowania w budynkach są znacznie mniej efektywne niż pompy ciepła i inne dostępne opcje (IEA, 2022c).

Odejście od paliw kopalnych na rzecz elektrycznych pomp ciepła w znacznym stopniu przyczynia się do dekarbonizacji ogrzewania budynków. Emisje CO₂ związane z ogrzewaniem pomieszczeń i wody na całym świecie, w tym emisje pośrednie z wytwarzania energii, spadną do 2030 r. o ponad 1,2 Gt, czyli o ponad jedną czwartą według APS (Rysunek 1.9). Pompy ciepła będą odpowiadać za około 500 milionów ton (Mt), czyli prawie 40% tej redukcji, co w przybliżeniu odpowiada emisjom Kanady w 2021 r. Zaawansowane gospodarki, głównie Unia Europejska i Stany Zjednoczone, będą odpowiadać za prawie trzy czwarte spadku emisji związanych z ogrzewaniem dzięki pompom ciepła. Stopniowy wzrost wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych zmniejszy z czasem emisje związane z pompami ciepła.

Rysunek 1.9 ▶ Globalne emisje CO₂ z ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w budynkach według APS, lata 2021–2030

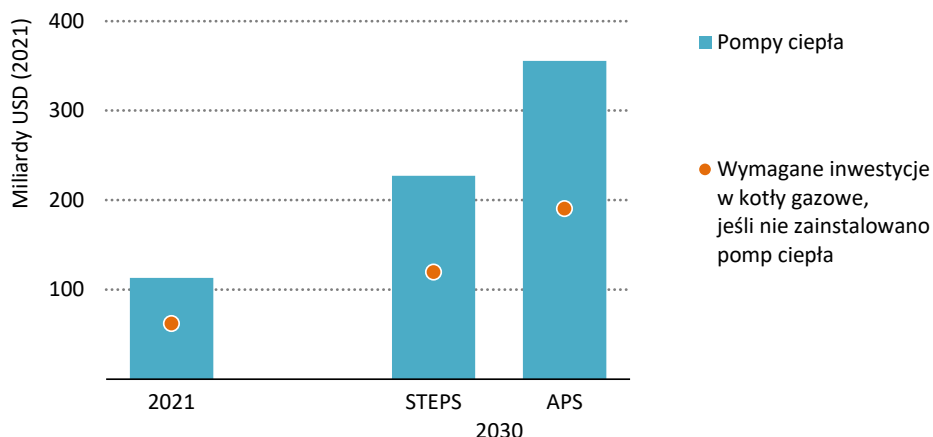


IEA. CC BY 4.0.

Według APS pompy ciepła zmniejszą globalną emisję CO₂ o 500 Mt do 2030 r., czyli będą odpowiadać za około 40% całkowitej bezpośredniej i pośredniej redukcji emisji z ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w budynkach

Tempo wdrażania pomp ciepła w APS implikuje ogromny wzrost wydatków na sprzęt i jego instalację przez właścicieli budynków mieszkalnych i komercyjnych. Globalne inwestycje potroją się do 2030 roku do 350 miliardów dolarów (według wartości dolara w 2021 roku) (Rysunek 1.10). Jest to mniej więcej tyle, ile zainwestowano w fotowoltaikę (PV) i energię wiatrową na całym świecie w 2021 r. Suma dofinansowań do inwestycji w pompy ciepła, zamiast stosowania konwencjonalnego ogrzewania, takiego jak kondensacyjny kocioł gazowy, będzie opiewać na około 160 mld USD w 2030 r., z czego większość dotyczy zachęt wynikających z polityk już wprowadzonych na wiodących rynkach (i uwzględnionych w STEPS). Jednak te dodatkowe koszty są równoważone przez ogólnogospodarcze oszczędności na paliwach, zwłaszcza w przypadku kontynuacji światowego kryzysu energetycznego (Rozdział 3).

Rysunek 1.10 ▶ Globalne inwestycje w pompy ciepła w budynkach według scenariusza, lata 2021 i 2030

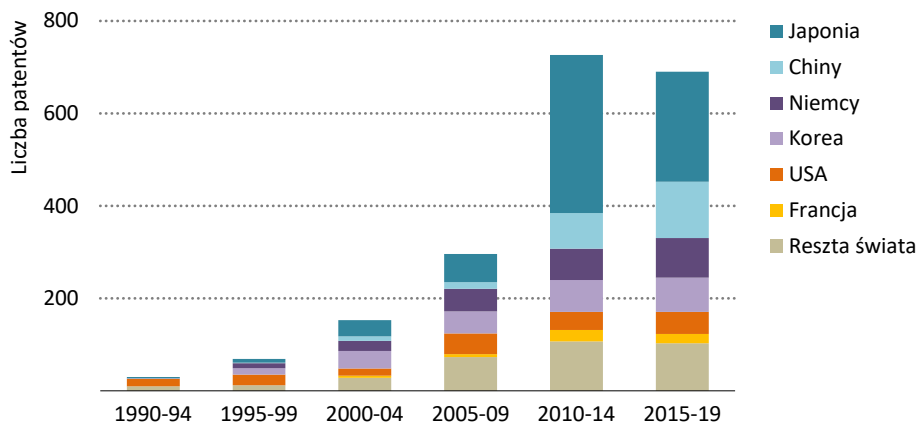


IEA. CC BY 4.0.

Według APS inwestycje w pompy ciepła zostaną potrojone do 350 mld USD w 2030 r., o 160 mld USD więcej niż to, co byłoby potrzebne, gdyby wszystkie nowe systemy grzewcze wykorzystywały kotły gazowe

Ponadto należy zwiększyć inwestycje w badania, rozwój i demonstracje związane z pompami ciepła, aby sprostać potrzebom w zakresie badań i innowacji (Ramka 1.1). Wydatki publiczne na badania nad pompami ciepła i agregatami chłodniczymi, według danych zgłaszanych do IEA, wynoszą około 30 mln USD rocznie, prawie czterokrotnie więcej niż w 2010 r. W latach 2016-2021 globalne inwestycje w przedsiębiorstwa typu start-up i scale-up w sektorze pomp ciepła wzrosły prawie sześciokrotnie (Komisja Europejska, 2022a). Liczba patentów związanych z pompami ciepła, będąca miarą innowacji technologicznych, wzrosła ponad dwukrotnie w latach 2015-2019 w porównaniu z latami 2005-2009, przy czym połowa wszystkich wynalazków przypadała na Chiny i Japonię (Rysunek 1.11).

Rysunek 1.11 ▶ Liczba patentów na technologie pomp ciepła według krajów, lata 1990-2019



IEA. CC BY 4.0.

Drastycznie wzrosła liczba patentów na technologie pomp ciepła, na czele z Chinami i Japonią, które odpowiadają za ponad połowę nowych patentów od 2010 roku

Źródło: Analiza IEA na podstawie danych PATSTAT.

Ramka 1.1 ▶ Badania, rozwój i demonstracje następnej generacji pomp ciepła

W ciągu ostatnich dziesięcioleci praca pomp ciepła znacznie się poprawiła, np. pod względem efektywności i hałasu. Na przykład wskaźnik COP wzrósł o ponad 70% od wczesnych lat 90 dla pomp ciepła powietrze-woda stosowanych w Szwajcarii (Swiss Office of Energy, 2020). Dodatkowe badania i innowacje mogą przynieść dalsze korzyści. Działania badawczo-rozwojowo-demonstracyjne koncentrują się obecnie na inteligentnych i elastycznych funkcjach, zmniejszeniu hałasu, wyższej efektywności, bardziej zwartej konstrukcji, ułatwieniu instalacji i zmniejszeniu wpływu na środowisko związanego z zastosowanymi materiałami i czynnikami chłodniczymi. Dzielenie się postępami w ramach kluczowych programów B+R+D prowadzonych przez rządy i przemysł mogłoby pomóc przyspieszyć wdrażanie innowacyjnych technologii na całym świecie, obniżając koszty i emisje.

Program Współpracy Technologicznej w zakresie Technologii Pomp Ciepła IEA (HPT TCP) oraz Społeczność Innowacyjna dla Niedrogiego Ogrzewania i Chłodzenia Budynków (inicjatywa Mission Innovation) to kluczowe fora rozwoju współpracy badawczo-rozwojowej w zakresie pomp ciepła. HPT TCP bada potencjalne ulepszenia efektywności systemów i zasobów poprzez optymalizację wykorzystania pomp ciepła zarówno do ogrzewania, jak i chłodzenia, w tym w zastosowaniach komercyjnych o równoczesnych potrzebach. Jednym z rozważanych aspektów jest podwójna funkcja pomp ciepła pracujących w neutralnych temperaturowo sieciach ciepłowniczych na poziomie dzielnicy lub miasta do jednoczesnego wykorzystania zarówno jako źródło dostawy i/lub odbioru ciepła. Klimatyzatory generują duże ilości ciepła odpadowego, które można odzyskać w dobrze zaprojektowanych systemach w celu wytworzenia ciepłej wody użytkowej.

Długoterminowe prace badawczo-rozwojowo-demonstracyjne sprawiły, że pompy ciepła stały się realną opcją nawet w zimnym klimacie. Jednak, aby skutecznie zastosować tę technologię w bardzo zimnym klimacie, następna generacja pomp ciepła będzie musiała być bardziej efektywna w szerszym zakresie temperatur. Potrzebny jest również postęp w dostosowywaniu pomp ciepła do najtrudniejszych warunków przeprowadzania modernizacji budynków, na przykład tam, gdzie izolacja jest trudna do wykonania i gdzie system grzewczy wymaga wysokich temperatur. Aby to osiągnąć, konieczne są ciągłe badania nad rozwojem komponentów i projektowaniem systemów. Departament Energii Stanów Zjednoczonych niedawno ogłosił Wyzwanie Technologiczne dla Domowych Pomp Ciepła w Zimnym Klimacie, aby przyspieszyć wdrażanie technologii w bardzo zimnym rejonach (US DOE, 2022 r.). Zoptymalizowane rozwiązania pomp ciepła, zróżnicowane pod kątem potrzeb klimatycznych, mogą również obniżyć koszty sprzętu.

Zintensyfikowanie badań nad technologiami, które wciąż są dalekie od wprowadzenia na rynek, jest również potrzebne, aby utorować drogę do szybkiego rozwoju bardziej efektywnych i opłacalnych rozwiązań grzewczych. Obejmują one nietradycyjne technologie sprężania dla pomp ciepła, takie jak półprzewodnikowe (np. magnetokaloryczne, termoelektryczne i elastokaloryczne) oraz gazowe (np. obiegi Braytona i Stirlinga). Wczesne wyniki dotyczące elastokalorycznych systemów chłodzenia są szczególnie obiecujące.

Uwaga: Ta Ramka została przygotowana we współpracy z Caroline Haglund Stignor, Moniką Axell i Metkelem Yebijo z RISE Heat Pump Center oraz Stephanem Renzem, przewodniczącym HPT TCP.

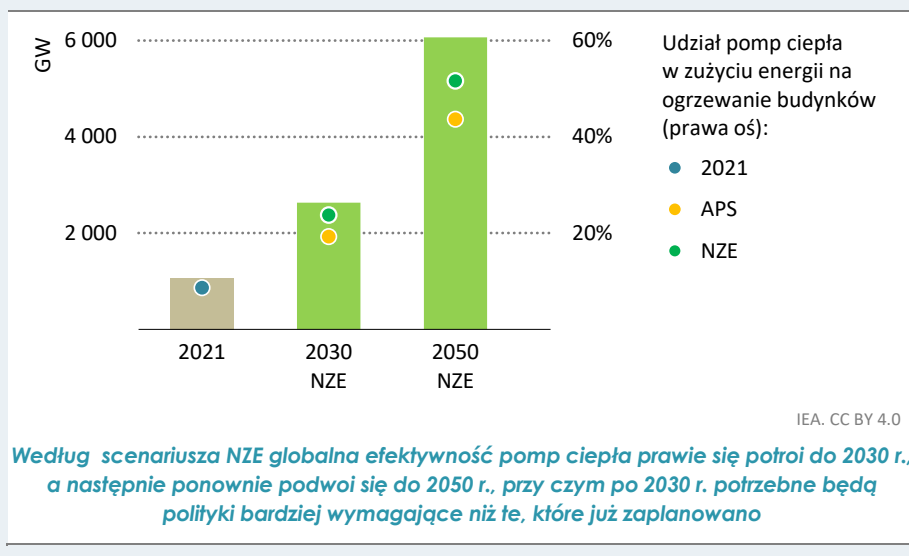
Osiągnięcie poziomów według scenariusza APS wymagałoby dalszego wzmocnienia wsparcia ze strony polityk, w tym większych zachęt finansowych i ograniczeń dotyczących instalacji kotłów na paliwa kopalne w istniejących i nowych budynkach (zob. Rozdział 3). W Scenariuszu NZE, wspierającym jeszcze szybsze niż w scenariuszu APS wdrożenie pomp ciepła, kluczowym działaniem jest zakaz sprzedaży nowych kotłów na paliwa kopalne od 2025 r. (zob. Ramka 1.2).

Ramka 1.2 ► Wdrożenie pomp ciepła w scenariuszu NZE

W scenariuszu NZE, w którym do połowy wieku, świat osiągnie cel zerowej emisji CO₂ netto, moc zainstalowanych na świecie pomp ciepła do 2030 r. niemal się potroi, a następnie ponownie podwoi do 2050 r. (Rysunek 1.12). Oznacza to, że w 2030 r. co najmniej 24% globalnego zapotrzebowania na ogrzewanie będzie zaspokajane przez pompy ciepła, czyli prawie trzy razy więcej niż obecnie. Do 2050 roku udział ten osiągnie 52%.

Niedawne wprowadzenie ambitnych polityk w kilku krajach, w szczególności amerykańskiej *Ustawy o obniżaniu inflacji*, REPowerEU i *Zielonej Transformacji* (GX) w Japonii, już teraz zwiększa popularność pomp ciepła i wysłała silne sygnały rynkowe do producentów i instalatorów. Są one prawie wystarczające, aby świat znalazł się na dobrej drodze do 2030 r., ale potrzebne byłyby dodatkowe wysiłki polityczne, aby osiągnąć dalsze przyspieszenie wdrażania wymagane do realizacji scenariusza NZE po 2030 r., zwłaszcza w gospodarkach wschodzących. W scenariuszu NZE wdrożenia są wspierane przez większe redukcje kosztów pomp ciepła dla użytkowników końcowych dzięki innowacjom i dotacjom, wyższym karom za emisję dwutlenku węgla oraz zakazom sprzedaży nowych kotłów na paliwa kopalne od 2025 r.

Rysunek 1.12 ▶ Globalna moc pomp ciepła i pokrycie potrzeb grzewczych w scenariuszach APS i NZE, lata 2021-2050

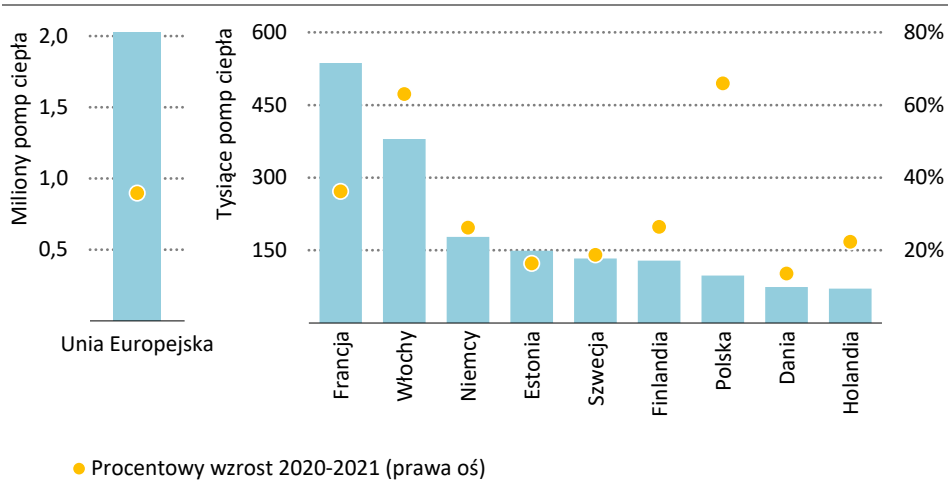


1.3.2 Perspektywy w Unii Europejskiej

Rosyjska inwazja na Ukrainę i późniejsze zakłócenia w imporcie rosyjskiego gazu doprowadziły Europę do poważnego kryzysu energetycznego z daleko idącymi konsekwencjami gospodarczymi i społecznymi. W odpowiedzi Komisja Europejska opublikowała w maju 2022 r. Plan REPowerEU, który ma na celu szybkie wycofanie się Unii z importu paliw kopalnych z Rosji i zakończenie importu gazu na długo przed 2030 r. – cel, który jest w pełni osiągalny w scenariuszu APS. REPowerEU określa szereg działań mających na celu dywersyfikację dostawców gazu, a także przyspieszenie poprawy efektywności energetycznej i przejście na czyste paliwa. Działania te wzmacniają działania, które zostały już uwzględnione w ogłoszonym w 2021 roku pakiecie „Fit for 55” – zestawie propozycji rewizji i aktualizacji prawodawstwa UE mających na celu redukcję emisji netto gazów cieplarnianych (GHG) o co najmniej 55% do 2030 roku (w stosunku do 1990 r.).

Obniżenie zużycia gazu ziemnego w budynkach, w dużej mierze poprzez wymianę kotłów gazowych na pompy ciepła, jest istotną częścią REPowerEU. W 2021 r. zużycie gazu w budynkach w UE wyniosło 150 mld m³ – mając największy udział w zużyciu gazu w Unii Europejskiej, wyprzedzając sektor energetyczny – i przyczyniło się do 11% całkowitej emisji CO₂ związanej z energią w Unii. Sprzedaż pomp ciepła już teraz szybko rośnie, skacząc o 35%, do około 2 milionów w 2021 roku, napędzana silnym wsparciem politycznym na wiodących rynkach, w tym we Francji, Włoszech i Polsce (Rysunek 1.13). W niektórych przypadkach pompy ciepła zastępują również kotły węglowe i olejowe, a także nieefektywne elektryczne grzejniki oporowe. Na przykład w Polsce połączenie dotacji na czystą energię i regionalnych zakazów dla kotłów węglowych, motywowanych troską o jakość powietrza, pomogło zwiększyć sprzedaż o dwie trzecie w 2021 r. (Morawiecka i Rosenow, 2022 r.). We Włoszech wzrost sprzedaży o ponad 60% był spowodowany Superbonusem – środkiem pomocowym po Covid-19, który zapewnia ulgę podatkową o wartości do 110% kosztów renowacji budynków mających na celu poprawę efektywności energetycznej.

Rysunek 1.13 ▶ Sprzedaż i wzrost liczby pomp ciepła w Unii Europejskiej i wybranych krajach członkowskich, 2021 r



IEA. CC BY 4.0.

Sprzedaż pomp ciepła w całej Unii Europejskiej wzrosła o około 35% do 2 milionów w 2021 r., napędzana silnym wsparciem politycznym w krajach takich jak Francja, Włochy i Polska

Źródła: Analiza IEA na podstawie EHPA (2022 r.); PORT PC (2022 r.).

Tabela 1.1 ▶ Wybrane cele polityk europejskich dotyczących wdrażania pomp ciepła

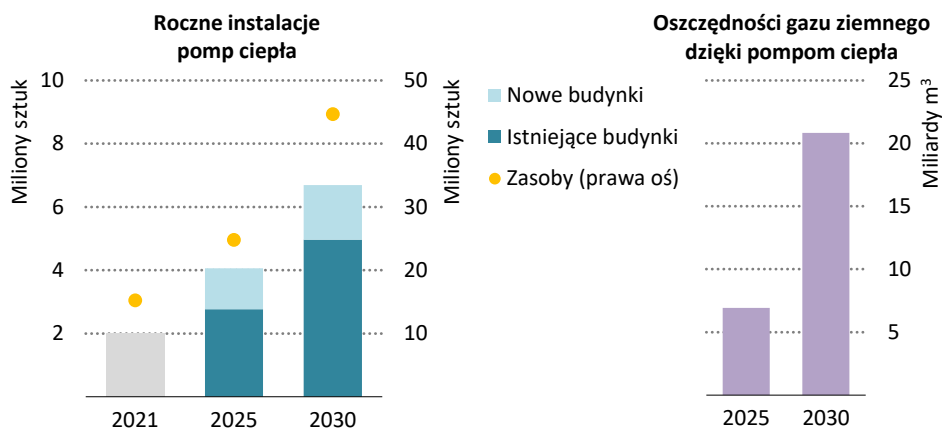
Państwo	Rok	Cel
Unia Europejska	2030	30 milionów dodatkowych zainstalowanych pomp ciepła w porównaniu z 2022 r
Belgia	2030	Pięciokrotny wzrost końcowego zużycie energii przez pompy ciepła w stosunku do 2018 r
Francja	2023	Osiągnięcie łącznej liczby od 2,7 do 2,9 miliona zainstalowanych pomp ciepła
Niemcy	2024	Instalowanie 500 000 pomp ciepła rocznie
	2030	Osiągnięcie zasobu 6 milionów pomp ciepła
Węgry	2030	Sześciokrotny wzrost zużycia energii finalnej przez pompy ciepła w stosunku do 2020 r
Włochy	2030	Dwukrotny wzrost zużycia energii finalnej przez pompy ciepła w stosunku do 2017 r
Polska	2030	Trzykrotny wzrost zużycia energii finalnej przez pompy ciepła w stosunku do 2020 r
Hiszpania	2030	Sześciokrotny wzrost zużycia energii finalnej przez pompy ciepła w stosunku do 2020 r
Wielka Brytania	2028	600 000 instalacji pomp ciepła rocznie

Źródła: Komisja Europejska (2022b); Francja, Ministerstwo np. Transformacji Ekologicznej (2022 r.); Clean Energy Wire (2022 r.); GOV.UK (2020 r.); Rząd Włoch (2019 r.); Rząd Hiszpanii (2019 r.); Toleikyte i Carlsson (2021 r.).

Szereg krajów UE zwiększyło ostatnio wsparcie polityczne dla pomp ciepła, ustawiając Unię na drodze do kolejnego rekordowego roku sprzedaży w 2022 r. Liczba sprzedanych pomp ciepła w Polsce podwoiła się w pierwszej połowie roku, przy czym podobne tendencje odnotowano w Holandii, we Włoszech i Austrii oraz silny wzrost w Finlandii i Niemczech (Mathiesen i in., 2022 r.). Kilka krajów UE, a także Wielka Brytania, ogłosiły w ostatnich latach ambitne cele w zakresie instalacji (Tabela 1.1). Plan REPowerEU ma na celu wzmocnienie i rozwinięcie tych obecnych polityk i trendów rynkowych, mając na celu podwojenie obecnego wskaźnika instalacji indywidualnych pomp ciepła, co doprowadzi do zainstalowania 30 milionów nowych jednostek w latach 2022-2030. Plan ma również na celu przyspieszenie wdrożenia wielkoskalowych pomp ciepła poprzez rozwój i modernizację ciepłownictwa miejskiego i komunalnego oraz włączenie ich do nowych projektów wykorzystujących ciepło przemysłowe.

Sprzedaż pomp ciepła w UE osiągnie 4 miliony sztuk do 2025 roku i prawie 7 milionów do 2030 roku według APS, co uwzględnia cele opisane powyżej. Będzie to skutkowało zmniejszeniem zużycia gazu do ogrzewania budynków o 7 mld m³ w 2025 roku i o 21 mld m³ do 2030 roku, co odpowiada mniej więcej 15% dzisiejszego rosyjskiego importu (Rysunek 1.14). Pompy ciepła przyczynią się do około jednej trzeciej całkowitej redukcji zużycia gazu w budynkach do ogrzewania od teraz do 2030 r., a modernizacje zwiększające efektywność energetyczną będą odpowiadać za większość pozostałej części. Średnio 2,5-3% istniejących budynków jest co roku modernizowanych w tym scenariuszu, przy czym większość z nich polega na instalacji pomp ciepła. Nowe kodeksy energetyczne budynków we wszystkich państwach członkowskich UE również wspierają przyjęcie pomp ciepła.

Rysunek 1.14 ▶ Instalacje i zasoby pomp ciepła w UE oraz powiązane skumulowane oszczędności gazu ziemnego według APS, lata 2021-2030



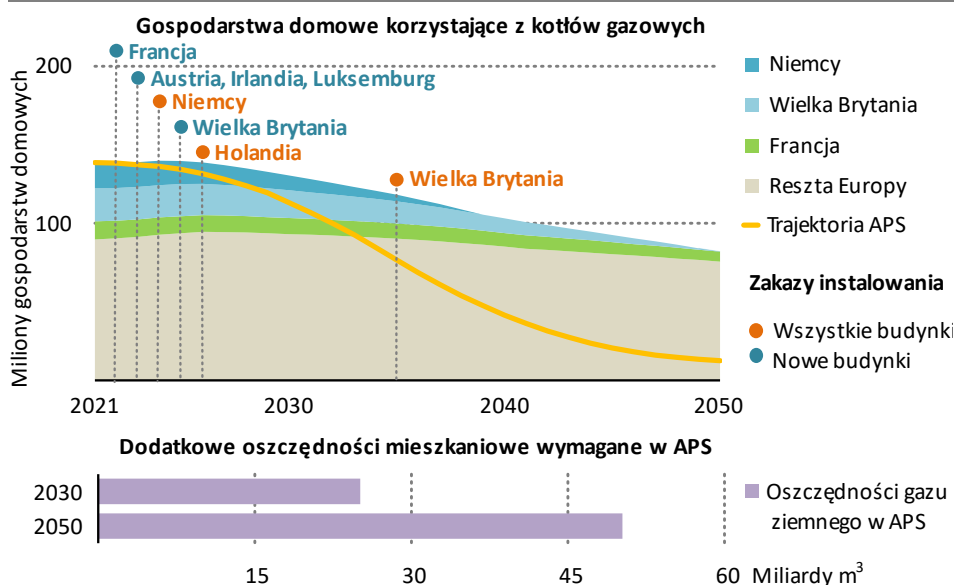
IEA. CC BY 4.0.

Nowe instalacje pomp ciepła zmniejszą zużycie gazu o 7 mld m³ w 2025 r. i o 21 mld m³ do 2030 r. w APS, co odpowiada mniej więcej 15% obecnego rosyjskiego importu

Potrzebne są nowe środki polityczne, aby zapewnić realizację celów unijnych i krajowych. Polityka zapewniająca zachęty do kompleksowej modernizacji, w tym uwzględniająca pompy ciepła, jest dziś kamieniem węgielnym pakietów efektywności energetycznej wielu krajów, w tym środków zawartych w unijnej inicjatywie Fala Renowacji (Renovation Wave)

uruchomionej w 2020 r., której celem jest podwojenie tempa renowacji energetycznej zasobów mieszkaniowych. Aby jeszcze bardziej zachęcić do wdrażania pomp ciepła, dziewięć krajów europejskich ogłosiło lub wdrożyło krajowe zakazy dotyczące kotłów gazowych i olejowych, podczas gdy cztery inne ogłosiły zakazy dotyczące wyłącznie kotłów olejowych. Niektóre z tych zakazów obejmują instalacje tylko w nowych budynkach, podczas gdy inne obejmują również wymianę w istniejących budynkach. Obecne i zapowiadane zakazy używania kotłów na paliwa kopalne w UE będą wymagały przejścia około 16 milionów gospodarstw domowych na alternatywne opcje ogrzewania do 2030 r., z czego 10 milionów to kotły gazowe, co pozwoli zaoszczędzić 7,5 mld m³ gazu ziemnego. Gdyby wszystkie nowe systemy grzewcze wykorzystywały pompy ciepła, stanowiłoby to około połowy zmiany w liczbie pomp ciepła do 2030 r. przewidywanej przez APS. Gdyby wszystkie kraje UE miały wprowadzić zakaz nowych instalacji kotłów na paliwa kopalne począwszy od 2025 r., do 2030 r. 48 mln gospodarstw domowych musiałoby przejść na alternatywne opcje ogrzewania. Nawet gdyby tylko 60% tych gospodarstw domowych przeszło na pompy ciepła, byłoby to równe zmianom w liczbach pompy ciepła przewidywanych w APS (Rysunek 1.15). Ponadto zakazy zapewniają producentom jasną i stabilną długoterminową wizję.

Rysunek 1.15 ► Wpływ wprowadzonych i ogłoszonych zakazów instalowania kotłów gazowych w Europie oraz pozostała luka w zapotrzebowaniu na ciepło według APS, lata 2021-50



IEA. CC BY 4.0.

Według APS, aby osiągnąć oszczędności gazu ziemnego w 2050 r., wszystkie kraje z zerowymi celami netto do 2050 r. muszą zakazać nowych instalacji kotłów na paliwa kopalne we wszystkich typach budynków najpóźniej do 2030 r.

Uwaga: Zakazy instalowania kotłów gazowych zostały również wprowadzone w Danii dla nowych budynków w 2013 r., w Norwegii dla wszystkich budynków w 2017 r., a w Holandii dla nowych budynków w 2018 r. W niektórych przypadkach, np. w Niemczech, zakazy nie są wyraźne, lecz opierają się na obowiązkach w zakresie odpowiedniego udziału energii ze źródeł odnawialnych, których nie mogą zaspokoić kotły gazowe.

Pomimo silnej bazy produkcyjnej w Europie, import pomp ciepła i komponentów z Azji wzrósł w ciągu ostatnich kilku lat. Aby ograniczyć zależność od importu, Komisja Europejska planuje zwiększyć produkcję unijną poprzez ułatwienie dostępu do finansowania w razie potrzeby. REPowerEU ma również na celu wzmocnienie europejskich łańcuchów dostaw pomp ciepła i uczynienie ich bardziej zrównoważonymi poprzez wzmocnienie ram regulacyjnych, zapewnienie zrównoważonego cyklu życia i wspieranie innowacji. Proponuje również ustanowienie partnerstwa na dużą skalę w ramach *Paktu na rzecz umiejętności* UE, które ma na celu szkolenie i przekwalifikowywanie ludzi do pracy w branży pomp ciepła (zob. Rozdział 3).

1.4 Przemysłowe pompy ciepła

Elektryczne pompy ciepła mają znaczny potencjał dostarczania ciepła procesowego dla przemysłu. Ze względu na złożoność procesów przemysłowych pompy ciepła zazwyczaj należy dostosować do konkretnych zastosowań. W przeciwieństwie do tych stosowanych w budynkach, przemysłowe pompy ciepła zwykle operują na wyższych temperaturach wejściowych, ponieważ wymagane temperatury wyjściowe są również znacznie wyższe. Obecnie przemysłowe pompy ciepła są stosowane głównie w procesach niskotemperaturowych poniżej 100°C, zwłaszcza w przemyśle papierniczym, spożywczym i chemicznym (Tabela 1.2). Temperatury wyjściowe do 150°C można jednak osiągnąć już wtedy, gdy jako wejście dostępne jest ciepło odpadowe o wartości około 100°C. W przypadku temperatur między 150°C a 200°C pompy ciepła wymagają specjalnych czynników chłodniczych i sprężarek, dla których technologie są wciąż na wczesnym etapie prototypu.

Tabela 1.2 ▶ Gotowość technologii przemysłowych pomp ciepła według zakresu temperatur

Zakres temperatur	Poziom gotowości technologii (TRL)	Przykładowy proces
< 80 °C	● TRL 11: Udowodniona stabilność rynkowa	Papier: Odbarwianie Żywność: Zagęszczanie Chemia: Reakcje biologiczne
80 °C – 100 °C	● TRL 10: Komercyjna i konkurencyjna, ale wdrożenie na dużą skalę nie zostało jeszcze osiągnięte	Papier: Wybielanie Żywność: Pasteryzacja Chemia: Wrzenie
100 °C – 140 °C	● TRL 8-9: Pierwsze w swoim rodzaju zastosowania komercyjne w odpowiednim środowisku	Papier: Suszenie Jedzenie: parowanie Chemia: Koncentracja
140 °C – 160 °C	● TRL 6-7: Demonstracja przed komercjalizacją	Papier: Gotowanie pulpy Żywność: Suszenie Chemia: Destylacja Różne branże: Produkcja pary
160 °C – 200 °C	● TRL 8-9: Pierwsze w swoim rodzaju zastosowania komercyjne dla małych systemów MVR i transformatorów ciepła ● TRL 4-5: Od wczesnego do dużego prototypu	Różne branże: Produkcja pary wysokotemperaturowej
> 200 °C	● TRL 4: Wczesny prototyp	Różne branże: Procesy wysokotemperaturowe

Poziom gotowości: ● TRL 1 do 5 ● TRL 6 do 7 ● TRL 8 do 11

Uwagi: MVR = mechaniczna rekompresja pary. TRL mogą się różnić dla określonych procesów lub różnych efektywności pomp ciepła.

Źródła: Reprezentacja z wykorzystaniem rozszerzonych TRL IEA (IEA, 2020b) na podstawie Maruf i in. (2022 r.).

Przemysłowe pompy ciepła mogą być bardzo efektywne, ze współczynnikiem COP większym niż trzy, gdy wzrost temperatury, tj. różnica między temperaturą wejściową i wyjściową, mieści się w zakresie 30–50°C. W przypadku wyższych wzrostów temperatur współczynnik COP jest generalnie niższy, chociaż pompę ciepła można skonfigurować w sposób ograniczający utratę efektywności, na przykład poprzez włączenie pośrednich wymienników ciepła lub cykli kaskadowych (przy czym pompa pracuje jako dwa jednostopniowe obiegi połączone kaskadowym wymiennikiem ciepła). Jednak koszty takich systemów pomp ciepła są zwykle znacznie wyższe.

Rośnie zainteresowanie wykorzystaniem pary z urządzeniami do mechanicznej rekompresji pary (MVR) w sposób podobny do pomp ciepła (tj. wykorzystanie energii elektrycznej do zwiększenia ciepła poprzez zwiększenie temperatury). Podczas pracy w obiegu zamkniętym, jak w zwykłej pompie ciepła, woda może działać jako czynnik chłodniczy w cyklu. Jej właściwości fizyczne pozwalają na dostarczanie wyższych temperatur docelowych niż przy innych płynach chłodniczych bez ograniczeń wynikających z zagrożeń środowiskowych lub pożarowych. W konfiguracji z cyklem otwartym, para o wysokiej temperaturze może być wytwarzana z pary o niższym ciśnieniu lub z kondensatu. Ponieważ para jest jednym z preferowanych nośników ciepła w przemyśle, technologia ta jest dobrze dostosowana do potrzeb ogrzewania przemysłowego.

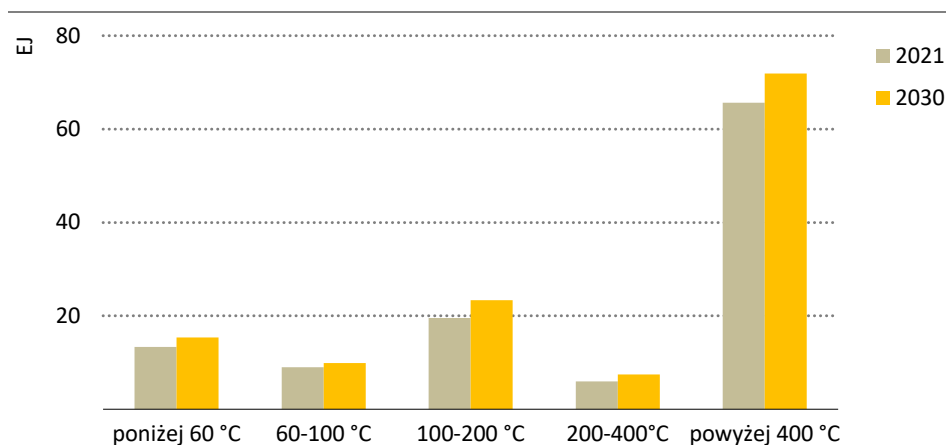
Finansowanie publiczne może przyspieszyć rozwój i komercjalizację rozwiązań, które mogą otworzyć drogę do nowych zastosowań, takich jak obróbka powierzchniowa metali w przemyśle motoryzacyjnym czy suszenie i pranie w sektorze tekstylnym. Fundusz Innowacji UE wspiera projekty demonstracyjne, w tym do zastosowań przemysłowych, podczas gdy program Horyzont Europa finansuje projekty badawcze i innowacyjne w tej dziedzinie.

Dla temperatur powyżej 200°C obecnie preferowana jest bezpośrednia elektryfikacja procesów przemysłowych zamiast pomp ciepła (Madeddu i in., 2020). Szereg takich technologii jest opracowywanych lub jest już w użyciu. Na przykład firmy BASF, SABIC i Linde rozpoczęły niedawno budowę instalacji do krakingu parowego na skalę pilotażową, która wykorzystuje energię elektryczną zamiast paliw kopalnych do zapewnienia niezbędnego ciepła reakcji przy około 850°C w celu rozbicia surowca węglowodorowego na wartościowe materiały bazowe dla przemysłu chemicznego (BASF, 2022 r.). Niemniej jednak innowacje mogą sprawić, że wysokotemperaturowe pompy ciepła staną się opłacalne.

Spalanie wodoru to kolejna możliwość dostarczania niskoemisyjnego ciepła dla przemysłu. Podczas gdy największy potencjał wodoru tkwi w zastosowaniach wysokotemperaturowych, gdzie pompy ciepła nie mogą działać, a bezpośrednia elektryfikacja jest utrudniona, wodór mógłby technicznie zastąpić również gaz ziemny w kotłach do wytwarzania ciepła i pary o niższych temperaturach. Jednak w porównaniu z pompami ciepła lub elektryfikacją bezpośrednią, ciepło oparte na wodorze charakteryzuje się niską ogólną sprawnością ze względu na straty ponoszone w produkcji niskoemisyjnego wodoru poprzez elektrolizę i związane z tym wysokie koszty (porównanie kosztów technologii, patrz Rysunek 1.18).

Pompy ciepła, wraz z innymi technologiami czystej energii, mogą odegrać ważną rolę w dekarbonizacji przemysłowej produkcji ciepła (szczególnie w przypadku procesów niskotemperaturowych) i szybkim zmniejszeniu zapotrzebowania na paliwa kopalne. Według scenariusza APS zapotrzebowanie na ciepło procesowe nadal rośnie we wszystkich zakresach temperatur w tej dekadzie, jednak udział zapotrzebowania na ciepło z procesów poniżej 200 °C pozostaje nieco poniżej 40% (Rysunek 1.16).

Rysunek 1.16 ➤ Globalne zapotrzebowanie na ciepło w procesach przemysłowych w różnych temperatury według APS, lata 2021 i 2030



IEA. CC BY 4.0.

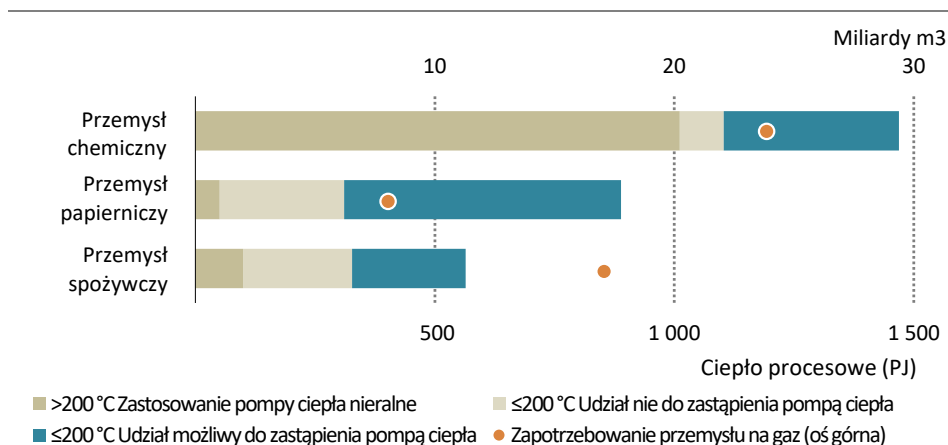
Pompy ciepła mogą odgrywać ważną rolę w dekarbonizacji przemysłowej produkcji ciepła, szczególnie w procesach niskotemperaturowych

Potencjał przemysłowych pomp ciepła różni się w zależności od sektora (Marina i in., 2021). W przemyśle papierniczym około 65% zapotrzebowania na ciepło procesowe we wszystkich zakresach temperatur może być w zasadzie zaspokojone przez przemysłowe pompy ciepła, ale mogą być wymagane istotne zmiany systemowe. W przemyśle spożywczym, ze względu na ograniczoną dostępność wysokotemperaturowego ciepła odpadowego, tylko około 40% wszystkich procesów może być obsługiwanych przez pompy ciepła, głównie tam, gdzie potrzebne są temperatury do 150°C. Natomiast poniżej tego progu około dwie trzecie zapotrzebowania na ciepło mogłoby zostać zaspokojone przez pompy ciepła w oparciu o obecną dostępność ciepła odpadowego, jednakże potencjał byłby wyższy, gdyby wykorzystano dodatkowe źródła ciepła z sąsiednich obiektów przemysłowych lub gdyby procesy zostały zmodyfikowane tak, aby przebiegały w niższych temperaturach, na przykład poprzez zastosowanie gorącej wody zamiast pary. W przemyśle chemicznym, gdzie większość procesów wymaga bardzo wysokich temperatur, pompy ciepła mogą pokryć tylko około jednej czwartej zapotrzebowania na ciepło procesowe. Jednak procesy niskotemperaturowe w tym sektorze korzystają ze znacznych ilości ciepła odpadowego z innych procesów przebiegających w tym samym zakładzie. Z łącznych potrzeb grzewczych tych trzech branż około 30% można zaspokoić za pomocą dzisiejszych technologii pomp ciepła. W 2021 roku, do ogrzewania niskotemperaturowego w tych branżach, zużyto na świecie 60 mld m³ gazu ziemnego. W samej Europie, pompy ciepła o łącznej mocy 15 GW mogłyby zostać wdrożone w prawie 3 000 instalacji w tych trzech sektorach przemysłu (Rysunek 1.17).

Konstrukcja i specyfikacje techniczne przemysłowych pomp ciepła często znacznie różnią się od domowych. Oprócz wymaganych wyższych temperatur wyjściowych, w obiektach przemysłowych zazwyczaj dostępne są ciepłe ścieki przemysłowe lub strumienie ogrzanego powietrza, które mogą zapewnić źródła ciepła wymagane dla wytworzenia wystarczająco

wysokich temperatur. Jednak wymagania dotyczące czynników chłodniczych⁴ są inne, ponieważ muszą zapewniać wyższe temperatury i są stosowane w większych ilościach, co prowadzi do zwiększonych wyzwań w zakresie zagrożeń dla środowiska lub pożarowych. Ponadto przemysłowe pompy ciepła często działają przy wyższych ciśnieniach, co wymaga grubszych rur, a sprężarki muszą być w stanie pracować w wyższych temperaturach.

Rysunek 1.17 ➤Zapotrzebowanie na gaz i ciepło procesowe w przemyśle według poziomu temperatury i potencjał zastąpienia pompami ciepła w Europie, 2019 r



IEA. CC BY 4.0.

Przemysły spożywczy i papierniczy są głównymi kandydatami do wdrożenia przemysłowych pomp ciepła na dużą skalę, pomagając zmniejszyć zużycie energii, zapotrzebowanie na gaz i emisje

Uwagi: PJ = petadżule. Europa = Unia Europejska i Wielka Brytania.

Źródła: Analiza IEA na podstawie danych Komisji Europejskiej (2016) oraz Marina i in. (2021 r.).

Wykonalność na podstawie TRL z Tabeli 1.2.

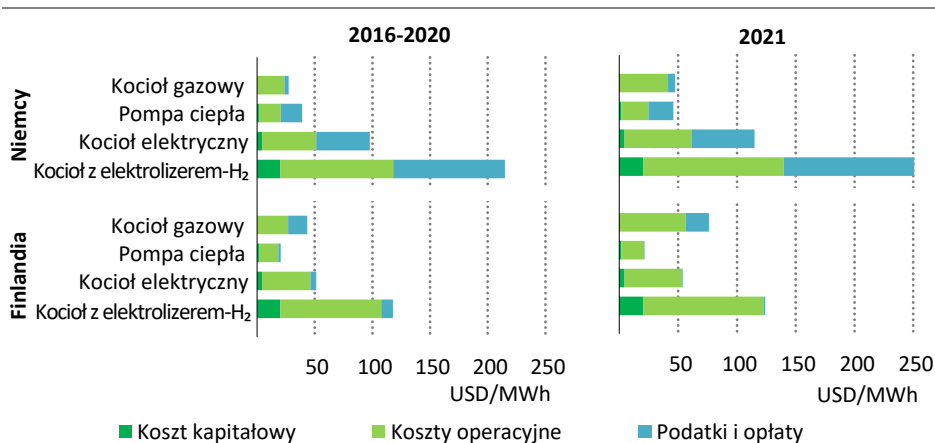
Przejście na pompę ciepła w procesie przemysłowym wymaga specjalistycznego planowania, projektowania, produkcji i instalacji. Wymagania mogą się różnić w zależności od zakładów prowadzących podobne procesy w tej samej branży. Przemysłowe pompy ciepła są często projektowane pod kątem określonych procesów i konfiguracji temperaturowych, co ogranicza możliwości produkcji masowej, i co w konsekwencji podnosi koszty projektowania i produkcji. Istnieją również różnice w kosztach i wykonalności między instalacją pomp ciepła dla nowych procesów a modernizacją istniejących procesów za pomocą pomp ciepła, co może być znacznie bardziej złożone. Przy nowych projektach można skorzystać ze współpracy z producentami pomp ciepła w celu ustanowienia standardowych ustawień temperatury dla przemysłowych pomp ciepła w określonych procesach i podsektorach przemysłowych

⁴ Podczas gdy w domowych pompach ciepła używa się głównie fluorowęglowodorów (HFC), takich jak R134A lub R32 lub coraz częściej węglowodorów, takich jak propan lub dwutlenek węgla, przemysłowe pompy ciepła głównie opierające się na hydrofluoro-olefinach (HFO), amoniaku, izobutanie lub cyklopentanie. Woda może być ponadto stosowana jako czynnik chłodniczy do procesów parowych o wysokiej temperaturze. Czynniki chłodnicze są szczegółowo omówione w Rozdziale 2.

(np. temperatury na wlocie i zakresy wzrostu temperatury), co może obniżyć koszty poprzez usprawnienie produkcji i instalacji sprzętu. Niektóre branże mają określone wymagania operacyjne. Na przykład czynniki chłodnicze stosowane w pompach ciepła w przemyśle spożywczym podlegają surowszym wymaganiom dotyczącym kontaktu z produktem i mogą wymagać dodatkowego obiegu ciepła, aby zagwarantować bezpieczeństwo żywności.

Podobnie jak w sektorze budowlanym, główną przeszkodą w stosowaniu pomp ciepła pozostają koszty. Koszt wyposażenia, instalacji i związanych z tym zmian procesowych jest często wysoki, ale w przemyśle ma mniejsze znaczenie niż koszty operacyjne. Ponadto obecne projekty na rynku energii elektrycznej i struktury podatkowe często faworyzują gaz ziemny zamiast energii elektrycznej w przemyśle w wielu jurysdykcjach. Jednak ostatnie silne podwyżki cen gazu, które przewyższyły podwyżki cen energii elektrycznej, wzmocniły uzasadnienie biznesowe dla pomp ciepła. Podczas gdy w krajach takich jak Niemcy, gdzie podatki i opłaty za energię elektryczną były stosunkowo wysokie, a kotły gazowe były do 2020 roku średnio bardziej konkurencyjne niż pompy ciepła (Rysunek 1.18), rosnące ceny gazu pod koniec 2021 roku sprawiły, że pompy ciepła stały się bardziej korzystne a kolejne podwyżki cen od czasu inwazji Rosji na Ukrainę potęgują ten efekt. Ponadto reforma cen energii elektrycznej w Niemczech w 2022 r. znacznie obniżyła podatki i opłaty, umożliwiając trwałą ścieżkę wzrostu przemysłowych pomp ciepła. W Finlandii już w ostatnich latach otoczenie finansowe związane z kosztami energii było korzystniejsze dla pomp ciepła, dzięki obniżeniu podatku od energii elektrycznej dla przemysłu do minimalnego unijnego poziomu 0,50 EUR za megawatogodzinę (MWh), co miało na celu zniechęcenie do korzystania z paliw kopalnych.

Rysunek 1.18 ➤ Uśredniony koszt produkcji ciepła przemysłowego w Niemczech i Finlandii



IEA. CC BY 4.0.

Ostatnie podwyżki cen gazu i zmiany podatkowe sprawiły, że pompy ciepła stały się najtańszym rozwiązaniem do produkcji ciepła przemysłowego w Niemczech i Finlandii

Uwagi: Koszt kapitałowy jest bardzo niski w stosunku do kosztu całkowitego. Odpowiedni słupek jest czasami niewidoczny na rysunku. Koszty operacyjne obejmują opłaty za energię i dystrybucję oraz ceny CO₂ dla kotłów gazowych. Koszty inwestycyjne kotła z elektrolizerem -H₂ obejmują szacunki dotyczące produkcji wodoru na miejscu; Koszty operacyjne uwzględniają ceny energii elektrycznej i efektywność przetwarzania energii elektrycznej na ciepło w przypadku wodoru.

Wiele krajów wprowadziło polityki mające na celu obniżenie kosztów początkowych i zniesienie barier informacyjnych dla przemysłowych pomp ciepła. Na przykład w Niemczech dotacje w ramach federalnego programu finansowania na rzecz efektywnego gospodarowania energią i zasobami w przedsiębiorstwach komercyjnych mogą pokryć do 55% początkowych kosztów pompy ciepła do pułapu 15 mln EUR na projekt. Inne kraje europejskie wdrożyły podobne programy lub zapewniają wsparcie dla przemysłowych pomp ciepła w ramach programów zobowiązujących do efektywności energetycznej. W Brazylii program PotencializEE oferuje szkolenia dla ekspertów np. efektywności energetycznej w przemyśle, aby pomóc właścicielom obiektów identyfikować czyste i efektywne technologie, takie jak pompy ciepła. Potrzebne są dodatkowe zachęty, aby więcej ciepła odpadowego było dostępne poza granicami fabryk. Magazynowanie termiczne mogłoby dodatkowo umożliwić wykorzystanie większej części ciepła odpadowego. Bardziej wymagające cele w zakresie wydajności przemysłowej oraz finansowanie audytów, rozwój technologii i wdrażanie pierwszych w swoim rodzaju jednostek komercyjnych są kluczem do maksymalizacji potencjału pomp ciepła. Wreszcie szereg przemysłowych systemów grzewczych, w szczególności w gospodarkach wschodzących i rozwijających się, można dalej optymalizować poprzez integrację ciepła odpadowego, nawet bez użycia dodatkowych źródeł energii i pomp ciepła.

1.5 Pompy ciepła dla sieci ciepłowniczych

Indywidualne pompy ciepła mogą nie być preferowaną opcją ogrzewania w budynkach w niektórych lokalizacjach, na przykład w gęsto zaludnionych obszarach miejskich lub w przemyśle ze względu na ograniczenia techniczne, ekonomiczne lub inne. W takich przypadkach lub w celu efektywnego wykorzystania istniejących źródeł ciepła, optymalnym rozwiązaniem może być sieć ciepłownicza. Duże pompy ciepła mogą być wykorzystywane do dostarczania ciepła sieciowego do budynków, lokali handlowych i terenów przemysłowych poprzez rozbudowę istniejących sieci lub tworzenie nowych. Na przykład w Unii Europejskiej 60 milionów ludzi jest obecnie zaopatrywanych w ciepło sieciowe, a kolejne 80 milionów ludzi mieszka w miastach, które mają istniejącą sieć (Euroheat & Power, 2022 r.).

Potencjał dekarbonizacji sieci ciepłowniczych jest obecnie w dużej mierze niewykorzystany, ponieważ paliwa kopalne nadal dostarczają około 90% ciepła sieciowego na całym świecie, a ich udział w dwóch największych rynkach, którymi są Chiny i Rosja, jest jeszcze większy. W Europie, która odpowiada za 20% globalnej produkcji ciepła sieciowego, intensywność emisji dwutlenku węgla jest o ponad jedną trzecią niższa od średniej światowej, chociaż odnawialne źródła energii nadal odpowiadają tylko za jedną czwartą zaopatrzenia w ciepło, a pompy ciepła zaledwie za 1%. Cztery kraje europejskie (Austria, Dania, Finlandia i Szwecja) mają obecnie ustalone cele dekarbonizacji swoich sieci ciepłowniczych w latach 2030-2040, a Dania ma zapewnić prawie jedną trzecią zaopatrzenia na ciepło z pomp ciepła do 2030 r. (Euroheat & Power, 2022 ; Energistyrelsen, 2022 r.).

Sieci ciepłownicze wykorzystujące pompy ciepła do odzyskiwania ciepła ze ścieków istnieją od lat 80-tych. W nowszych projektach jest wykorzystywane lub jest planowane wykorzystanie ciepła odpadowego z centrów danych, tuneli metra, obiektów przemysłowych lub elektrolizerów. Hammarbyverket w Sztokholmie, zbudowany w 1986 r., jest największym na świecie systemem ciepłowniczym z pompą ciepła i istotną częścią ogólnej sieci ciepłowniczej miasta (HPT TCP, 2018). W 2006 r. pod parkiem Katri Vala w Helsinkach zbudowano również wielkoskalową instalację skojarzonej produkcji ciepła i chłodu

(Helen Ltd, 2020). Wykorzystuje ona ciepło ścieków do ogrzewania sieciowego i uzyskiwania ciepłej wody, a także chłodną wodę morską do chłodzenia sieciowego. Projekty recyklingu ciepła odpadowego ze ścieków zostały z powodzeniem wdrożone w innych krajach europejskich, a także w Australii, Kanadzie, Chinach, Japonii i Stanach Zjednoczonych.

Pojawiają się inne technologie pomp ciepła dla sieci ciepłowniczych. Nowatorska wielkoskalowa pompa ciepła o mocy cieplnej do 8 megawatów (MW), służąca do dostarczania ciepła odpadowego z instalacji chłodniczej obsługującej biura w Berlinie do miejskiej sieci ciepłowniczej została niedawno ukończona przez firmy Siemens Energy oraz Vattenfall Wärme Berlin AG i ma zostać uruchomiona pod koniec 2022 r. i będzie dostarczać ciepłą wodę do około 30 000 gospodarstw domowych latem oraz ciepło i ciepłą wodę do 3 000 gospodarstw domowych zimą. Finansowany przez UE projekt HEATLEAP ma na celu wykazanie korzyści z odzyskiwania ciepła odpadowego z energochłonnych gałęzi przemysłu do sieci ciepłowniczych z dużymi pompami ciepła o COP sięgającym aż do ośmiu (HEATLEAP, 2022 r.).

Potencjał wykorzystania ścieków do ogrzewania sieciowego pozostaje w dużej mierze niewykorzystany (Wastewater Heat Online, 2022 r.). Ciepła woda z łazienek i kuchni przenosi znaczną ilość energii cieplnej, którą można by wychwycić i zawrócić do gospodarstw domowych za pomocą wysokotemperaturowych pomp ciepła i sieci ciepłowniczych. Niedawna analiza pokazuje, że prawie 4 000 oczyszczalni ścieków w Europie znajduje się w pobliżu istniejących sieci (Komisja Europejska, 2020). Instalacje te łącznie mogłyby dostarczać 175 TWh ciepła rocznie, co odpowiada około jednej piątej obecnych dostaw ciepła sieciowego w Europie. Korzystanie z map ciepła w sieci kanalizacyjnej może dodatkowo udostępnić źródła ciepła w miejskich systemach kanalizacyjnych.

Partnerstwa i innowacyjne modele biznesowe z udziałem podmiotów prywatnych i publicznych, takich jak spółki celowe, mogą skutecznie napędzać transformację sieci. Jednak projekty ciepłownicze zazwyczaj opierają się na publicznym wsparciu finansowym. Na przykład we Francji fundusz ciepłowniczy w wysokości ponad 500 mln EUR rocznie okazał się pomocny we wprowadzaniu czystych systemów ciepłowniczych. Rząd niemiecki niedawno uruchomił program finansowania o wartości 3 miliardów euro, który opiera się na podejściu systemowym poprzez wspieranie studiów wykonalności i planów transformacji, a także subsydiowanie zarówno kosztów kapitałowych, jak i kosztów operacyjnych zdekarbonizowanych sieci ciepłowniczych (BMWK, 2022 r.). Miasta i społeczności również mają kluczową rolę do odegrania w planowaniu ogrzewania w celu identyfikacji miejsc nadających się do zastąpienia indywidualnego ogrzewania opartego na paliwach kopalnych źródłami odnawialnymi i odpadowymi. Polityka stref ciepłowniczych, taka jak ta przyjęta w Estonii, może pozwolić miastom na nakazanie podłączania budynków na określonych obszarach do sieci ciepłowniczych powyżej określonego progu zużycia ciepła.

Okolo 40% ciepła wytwarzanego na całym świecie w ciepłowniach trafia do sektora przemysłowego, co wpływa na zdolność sieci do obniżania temperatur dystrybucji, ponieważ użytkownicy przemysłowi często potrzebują ciepła o wysokiej temperaturze. Jednak w niektórych przypadkach zastosowanie pomp ciepła do podwyższenia temperatury w lokalnych podstacjach może stanowić rozwiązanie. Chiny przodują w zużyciu przemysłowego ciepła sieciowego, odpowiadając za około 55% światowego zużycia ciepła ogółem w 2021 r., w porównaniu z około 35% w 2010 r. Z kolei udział Rosji spadł do mniej niż 25%, z ponad 35% w 2010 r.

Ramka 1.3 ► Pompy ciepła dla sieci ciepłowniczej w Sarajewie

Sieć ciepłownicza w Sarajewie, stolicy i największym mieście Bośni i Hercegowiny, wykorzystuje gaz ziemny lub ciężki olej opałowy, podczas gdy domy nieobsługiwane przez sieć ciepłowniczą są ogrzewane głównie drewnem opałowym lub węglem. W rezultacie ogrzewanie jest głównym czynnikiem przyczyniającym się do złej jakości powietrza w mieście, a tlenki siarki i azotu oraz pyły zawieszone regularnie przekraczają bezpieczne poziomy w miesiącach zimowych.

Aby zmniejszyć zależność miasta od paliw kopalnych, Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju (EBOR) współpracuje z władzami miejskimi w celu wprowadzenia scentralizowanych wodnych pomp ciepła na dużą skalę. Obecnie dyskutowane są dwa proponowane projekty. Projekt o wartości 25 mln EUR obejmuje budowę instalacji pomp ciepła o mocy 18 MW wykorzystującej oczyszczone ścieki o średniej całorocznej temperaturze 10°C z pobliskiej oczyszczalni ścieków. Drugi projekt, który kosztowałby około 21 mln EUR, obejmuje budowę instalacji pompy ciepła o mocy 21 MW, wykorzystującej miejską wodę pitną o średniej całorocznej temperaturze 12°C. Udział generacji opartej na pompach ciepła w sieci ciepłowniczej Sarajewa osiągnie prawie 40%, jeśli oba projekty zostaną zrealizowane. Ostateczne decyzje inwestycyjne mają zostać podjęte w pierwszym kwartale 2023 roku.

Oprócz poprawy jakości powietrza i redukcji emisji CO₂ nawet o 16 kiloton rocznie, projekty pomogłyby również rozwiązać obawy dotyczące kosztów i bezpieczeństwa dostaw gazu ziemnego wywołane przez obecny kryzys energetyczny. W dłuższej perspektywie w Sarajewie istnieje jeszcze większy potencjał wzrostu ciepłownictwa opartego na pompach ciepła. Projekt drugiej fazy, oparty na pełnym potencjale grzewczym miejskich ścieków, mógłby zapewnić 18 MW dodatkowej mocy.

Implikacje przyspieszonego wdrażania pomp ciepła

Paliwa kopalne będą zastępowane

STRESZCZENIE

- Światowy kryzys energetyczny powoduje ponowne skupienie się na bezpieczeństwie energetycznym. Elektryczne pompy ciepła mogą zmniejszyć zależność od importowanych paliw kopalnych. Wdrożenie pomp ciepła według scenariusza APS zmniejszy globalne zapotrzebowanie na gaz w budynkach o 80 mld m³ do 2030 r. w porównaniu z 2021 r., przy czym Unia Europejska będzie odpowiadała za 21 mld m³. Import ropy naftowej do celów grzewczych również ulegnie znacznemu ograniczeniu, zwłaszcza w Japonii i Korei. Pojawia się jednak nowe zagrożenie dla zapewnienia dostępności krytycznych usług grzewczych w przypadku przerw w dostawie prądu.
- Według APS przyspieszone upowszechnienie elektrycznych pomp ciepła przyczyni się do gwałtownego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, zwłaszcza w budynkach, przy czym w miksie paliwowym udział przypadający na energię elektryczną wykorzystywaną do ogrzewania budynków i produkcję ciepła dla przemysłu na całym świecie podwoi się w latach 2021-2030 i osiągnie 16%, a całkowite zużycie energii elektrycznej zwiększy się o 24%. Zaspokojenie tego wzrostu zapotrzebowania będzie wymagało znacznego zwiększenia inwestycji w sektorze energetycznym w modernizację przyłączy klientów, sieci dystrybucyjnych, mocy wytwórczych i zwiększenie elastyczności. Pompy ciepła wyposażone w technologie inteligentne będą odgrywały ważną rolę w ponad dwukrotnym zwiększeniu elastyczności po stronie popytu w UE w latach 2021-2030, a ich udział w całkowitych zasobach elastyczności podskoczy z 8% w 2021 r. do około 12% w 2030 r.
- Gospodarstwa domowe posiadające pompę ciepła wydają średnio mniej na energię niż te korzystające z kotła gazowego i są mniej podatne na szoki cenowe, zwłaszcza w systemach opartych głównie o OZE. W 2021 roku gospodarstwa domowe, które przeszły z kotła gazowego na pompę ciepła, odnotowały znaczne oszczędności na rachunkach za energię. W gospodarstwach domowych o niskich dochodach oszczędności te mogą stanowić znaczną część dochodów, od 2 do 6% na kluczowych rynkach grzewczych. Taryfy energii elektrycznej i podatki paliwowe muszą zostać zreformowane, aby nie zniechęcały konsumentów przed wyborem pompy ciepła.
- Przejście na pompy ciepła pomoże zmniejszyć emisje gazów cieplarnianych i poprawić jakość powietrza. W APS daje to 15-40% redukcję emisji głównych zanieczyszczeń powietrza spowodowanych ogrzewaniem budynków w latach 2021-30 oraz zmniejszenie innych zagrożeń związanych z ogrzewaniem poprzez spalanie paliw. Dzięki dzisiejszym czynnikom chłodniczym pompy ciepła zmniejszają emisję gazów cieplarnianych o co najmniej 20% w porównaniu z kotłem gazowym, w przypadku zasilania energią elektryczną związaną z dużymi emisjami, oraz nawet o 80% w krajach o niskoemisyjnej energii elektrycznej. Po odejściu od czynników chłodniczych F-gazowych zakres ten przesunął się do 30-90%. Przepisy dotyczące czynników chłodniczych w postaci fluorowanych gazów cieplarnianych (F-gazy), które mają duży potencjał tworzenia efektu cieplarnianego, muszą równoważyć wysiłki na rzecz ograniczenia ich emisji z kosztami, bezpieczeństwem, efektywnością energetyczną i kwestiami związanymi z łańcuchem dostaw, aby zmaksymalizować redukcję emisji netto.
- Według APS zatrudnienie globalne w branży pomp ciepła prawie się potroi do ponad 1,3 miliona pracowników w latach 2021-30, przy czym jedna trzecia nowych miejsc pracy pojawi się w Chinach, 20% w Europie i 15% w Ameryce Północnej, gdzie prace instalacyjne i produkcyjne powinny rozwijać się najszybciej. Większość nowych miejsc pracy będzie związana z pracami instalatorskimi. Wymaga to ogromnego dążenia do rekrutacji i szkolenia nowych pracowników.

2.1 Wprowadzenie

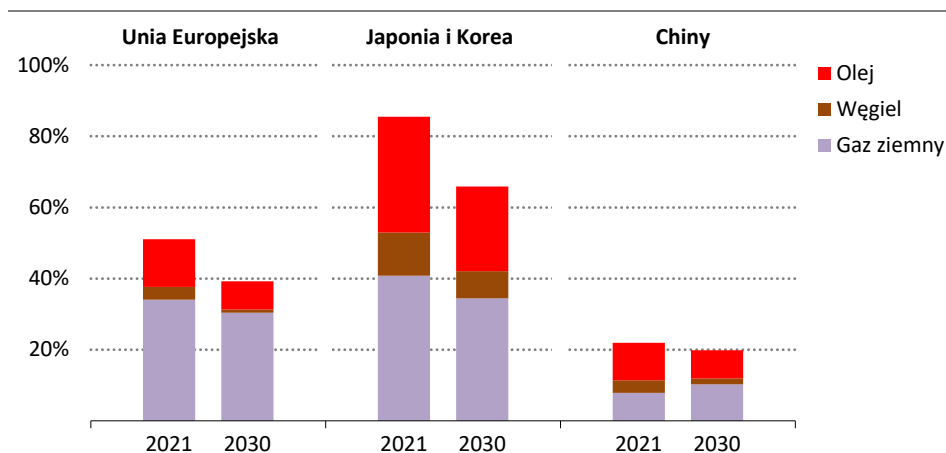
Przyspieszenie wdrażania pomp ciepła będzie miało daleko idące konsekwencje dla światowego sektora energetycznego, z istotnym efektem domina dla działalności gospodarczej i środowiska – poza korzyściami dla klimatu. Zmniejszy się wykorzystanie paliw kopalnych do ogrzewania, ograniczając podatność na zakłócenia w dostawach, pomagając obniżyć rachunki za import krajów będących importerami netto oraz uwolni możliwości eksportu paliw w przypadku krajów-producentów. Jednak większa liczba pomp ciepła zwiększy zapotrzebowanie na energię elektryczną, co będzie wymagać modernizacji sieci i zwiększenia elastyczności w działaniu systemów zasilania w celu zapewnienia bezpieczeństwa dostaw, zwłaszcza w okresie zimowym. Wysoki koszt początkowy instalacji pompy ciepła wpływa również na przystępność cenową energii dla uboższych gospodarstw domowych. Wpływ przejścia na pompy ciepła na środowisko i zdrowie ludzi, choć w większości przypadków zdecydowanie pozytywny, nie jest pozbawiony ryzyka: gazy fluorowane (F-gazy) stosowane w obiegach chłodniczych w wielu modelach są silnymi gazami cieplarnianymi (GHG). Właściwe postępowanie z nimi może zmniejszyć ich wpływ, a zamiennie czynniki chłodnicze mogą je zastąpić, chociaż oba rozwiązania wiążą się z dodatkowymi kosztami i wyzwaniem. Zwiększenie produkcji pomp ciepła stworzy nowe możliwości wzrostu gospodarczego i nowe miejsca pracy, chociaż wymagane będzie przeszkolenie pracowników w obszarach produkcji, instalacji, konserwacji i certyfikacji. W tym rozdziale kolejno przeanalizowano te implikacje, podkreślając możliwości zrównoważenia różnych priorytetów przez decydentów.

2.2 Bezpieczeństwo energetyczne

Produkcja ciepła dla budynków i przemysłu jest obecnie zdominowana przez paliwa kopalne, z których wiele pochodzi z importu, przez co kraje są wrażliwe na zakłócenia w dostawach. Ogrzewanie pomieszczeń i wody w samych tylko budynkach bezpośrednio odpowiada za jedną piątą światowego zapotrzebowania na gaz i ponad jedną trzecią zużycia gazu w Unii Europejskiej, co sprawia, że ogrzewanie budynków jest największym pojedynczym zastosowaniem gazu ziemnego w Unii Europejskiej. Biorąc pod uwagę rolę gazu w produkcji energii elektrycznej i ciepła sieciowego, udział ogrzewania w budynkach w Unii Europejskiej jest jeszcze większy i wynosi ponad 40%. Ogrzewanie jest również największym sektorem końcowego wykorzystania gazu w Stanach Zjednoczonych i kilku innych krajach, głównie na półkuli północnej.

Rosyjska inwazja na Ukrainę ponownie wysunęła na pierwszy plan obawy dotyczące bezpieczeństwa energetycznego, szczególnie w Europie, gdzie bardzo realne ryzyko niedoboru gazu w okresie zimowym grozi pozostawieniem milionów ludzi bez wystarczającego dostępu do ogrzewania, co ma oczywiste szkodliwe konsekwencje dla komfortu i zdrowia. Pompy ciepła w połączeniu z poprawą efektywności energetycznej budynków mogą zmniejszyć zależność od importowanych paliw kopalnych używanych do ogrzewania. Unia Europejska, Japonia i Korea są w dużym stopniu uzależnione od paliw importowanych do zasilania kotłów w budynkach, a także do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła sieciowego do ogrzewania budynków. W 2021 r. ponad 50% zużycia energii do ogrzewania w Unii Europejskiej opierało się bezpośrednio lub pośrednio na imporcie paliw, przy czym zdecydowanie największy udział miał gaz. W Japonii i Korei uzależnienie od importu zbliżyło się do 90%, przy dominacji importu ropy i gazu (Rysunek 2.1). Chiny są również uzależnione od importu paliw do ogrzewania budynków, choć w mniejszym stopniu. W scenariuszu APS uzależnienie od importu w Unii Europejskiej i pozostałych krajach spada, głównie dzięki wpływowi instalacji pomp ciepła na popyt na gaz i ropę.

Rysunek 2.1 ▸ Udział ogrzewania budynków realizowanego z wykorzystaniem paliw kopalnych z importu według paliw w wybranych regionach/krajach w scenariuszu APS



IEA. CC BY 4.0.

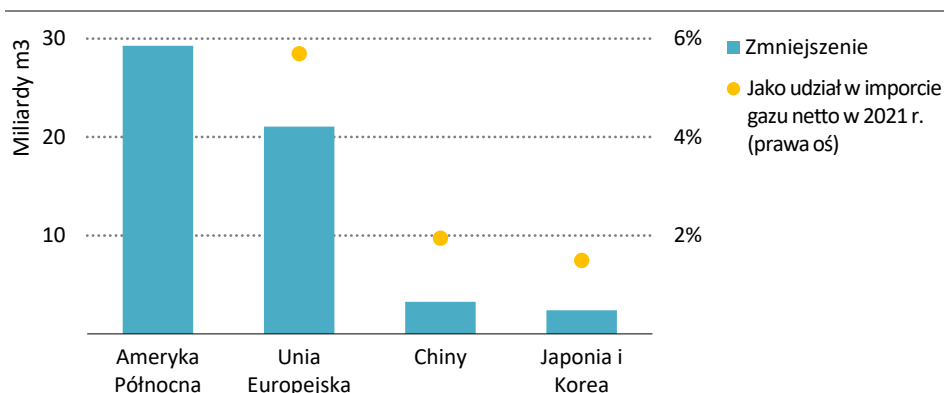
Według APS zależność od importu paliw będzie gwałtownie spadać w Unii Europejskiej, Japonii i Korei, w dużej mierze dzięki wpływowi pomp ciepła na zapotrzebowanie na gaz i ropę

Uwaga: uwzględniono paliwa kopalne używane do wytwarzania energii elektrycznej wykorzystywanej do ogrzewania oraz do produkcji ciepła dla sieci ciepłowniczych.

10-punktowy plan IEA mający na celu zmniejszenie zależności Unii Europejskiej od rosyjskiego gazu ziemnego, opublikowany w marcu 2022 r., podkreśla środki, które mogą zmniejszyć popyt na gaz i złagodzić potencjalne niedobory (IEA, 2022a). Ograniczenie zużycia gazu do ogrzewania ma kluczowe znaczenie dla tego planu i inicjatywy *Playing My Part* opracowanej przez IEA we współpracy z Komisją Europejską (IEA, 2022b). Natychmiastowe działania mające na celu przyspieszenie wdrażania pomp ciepła i stopniowe wycofywanie instalacji kotłów gazowych to środki o krytycznym znaczeniu. W scenariuszu APS przyspieszenie instalacji pomp ciepła zmniejsza zapotrzebowanie na gaz w sektorze budynków o 80 mld m³ na całym świecie do 2030 r. w porównaniu z dniem dzisiejszym, w tym o 21 mld m³ w Unii Europejskiej (Rysunek 2.2).

Przejsie na pompy ciepła nie obędzie się bez innych obaw związanych z bezpieczeństwem energetycznym. Zwiększone wykorzystanie energii elektrycznej do ogrzewania zwiększa narażenie na przerwy w dostawie prądu, które mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia publicznego w zimnym klimacie. Ponadto przerwy w dostawie prądu są bardziej prawdopodobne w okresach niepogody, kiedy potrzeba ogrzewania jest najbardziej znacząca. Niemniej jednak przedłużające się poważne przerwy w dostawach prądu są rzadkie w większości krajów, gdzie występuje potrzeba ogrzewania. Zapasowe rozwiązania grzewcze lub awaryjne punkty zborne (Emergency Rendezvous Points) w społecznościach, które wymagają nieprzerwanego zaopatrzenia w ciepło, a także szersze zastosowanie rozproszonych źródeł energii, w połączeniu z magazynami energii elektrycznej i cieplnej, mogą pomóc złagodzić te zagrożenia poprzez zmniejszenie obciążenia elektroenergetycznej sieci dystrybucyjnej w okresach szczytu zapotrzebowania na ciepło. Hybrydowe pompy ciepła w połączeniu z kotłami na paliwa kopalne mogłyby również zmniejszać wpływ przerw w dostawie energii elektrycznej, zwłaszcza w klimacie zimnym, chociaż utrudniłyby pełną dekarbonizację budynków.

Rysunek 2.2 ▸ Zmniejszenie zapotrzebowania na gaz ziemny w budynkach związane z instalacją pomp ciepła w wybranych regionach/krajach według APS, lata 2021-30



IEA. CC BY 4.0.

Zmniejszenie zapotrzebowania na gaz spowodowane większym rozpowszechnieniem pomp ciepła według scenariusza APS zmniejszy import gazu w krajach importujących netto, zwłaszcza w UE

2.3 Systemy elektroenergetyczne i elastyczność popytu

Według scenariusza APS przyspieszone rozpowszechnienie elektrycznych pomp ciepła przyczyni się do niewielkiego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, zwłaszcza w budynkach. Udział energii elektrycznej w całkowitym końcowym zużyciu energii na świecie wzrośnie z 20% w 2021 r. do 24% do 2030 r. W gospodarkach rozwiniętych urośnie z 22% do ponad 27%. Udział w miksie paliwowym przypadający na energię elektryczną wykorzystywaną do ogrzewania budynków i produkcji ciepła dla przemysłu na całym świecie podwoi się w latach 2021-2030 do 16%. W głównych regionach grzewczych spowoduje to niewielki wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną do 2030 r., około 1,5–2,5% w porównaniu z poziomem z 2021 r., jednak zapotrzebowanie szczytowe może znacznie wzrosnąć. Może to wymagać znacznego wzrostu inwestycji w sektorze energetycznym. W przypadku gospodarstw domowych, które zainstalują pompę ciepła, może to prawie potroić ich szczytowe zapotrzebowanie w okresie zimowym. Jednak poprawa efektywności energetycznej domu o dwie klasy (np. z D do B w Danii) może zmniejszyć o połowę zapotrzebowanie na energię grzewczą i zmniejszyć moc potrzebnej pompy ciepła, oszczędzając pieniądze konsumentów i zmniejszając ich szczytowe zapotrzebowanie o jedną trzecią.

Inwestycje te mogą mieć różne formy:

- Modernizacja przyłącza konsumenta, który zazwyczaj ponosi koszty. W wielu przypadkach instalacja pompy ciepła wymaga modernizacji przyłącza i zwiększenia mocy przyłączeniowej.
- Modernizacja sieci dystrybucyjnych niskiego napięcia na obszarach, gdzie powszechne zastosowanie pomp ciepła wraz z innymi technologiami końcowego użytku, takimi jak pojazdy elektryczne (EV), znacznie zwiększa obciążenie.
- Dodawanie mocy wytwórczych lub zasobów elastyczności w celu zapewnienia adekwatności zasobów w sezonie grzewczym. Należy przeprowadzić oceny specyficzne dla

regionu, aby określić dodatkową elastyczną moc wytwórczą wymaganą do zaspokojenia zwiększonego zapotrzebowania ze strony pomp ciepła. Na przykład RTE, francuski operator systemu przesyłowego, stwierdził, że w scenariuszu, w którym osiągnięto cele modernizacji w zakresie efektywności energetycznej, nowe potrzeby w zakresie mocy do 2035 r. będą niepotrzebne. Jednakże, gdyby miały miejsce tylko minimalne modernizacje budynków prowadzące do niewielkiej poprawy efektywności, RTE stwierdziło, że potrzebne byłyby nowe moce produkcyjne.

Potrzeby inwestycyjne związane z przyłączami do budynków różnią się w zależności od regionu. W Stanach Zjednoczonych przyłącza są już często zwymiarowane dla klimatyzatorów i zazwyczaj można je wykorzystywać do pomp ciepła. Z kolei we Włoszech typowe gospodarstwo domowe ma obecnie abonament na zaledwie 3 kW mocy z licznikiem jednofazowym o maksymalnej mocy 6 kW. Instalacja pompy ciepła może z łatwością spowodować, że zapotrzebowanie szczytowe przekroczy ten poziom, co będzie wymagało od gospodarstw domowych zapłacenia za zmodernizowanie przyłącza. Decydenci polityczni przy podejmowaniu decyzji o wsparciu finansowym instalacji pompy ciepła muszą wziąć pod uwagę koszt modernizacji przyłączy klientów.

Potrzeby modernizacji systemów dystrybucji są również bardzo zróżnicowane. We Francji elektryczne ogrzewanie oporowe jest powszechne, dlatego odpowiednio opracowano przyłącza klientów i sieć dystrybucyjną. Jednak w krajach takich jak Niemcy, gdzie ogrzewanie było tradycyjnie zapewniane głównie przez kotły na paliwa kopalne, sieci dystrybucyjne generalnie nie były budowane w celu zapewnienia powszechnego ogrzewania elektrycznego w budynkach mieszkalnych. W regionach, w których ogrzewanie elektryczne jest obecnie ograniczone, wdrożenie pomp ciepła wraz z szybkim wprowadzeniem pojazdów elektrycznych może znacznie zwiększyć zapotrzebowanie szczytowe, zwiększając potrzebę modernizacji sieci dystrybucyjnych.

Inne podejścia do zarządzania systemem dystrybucji, w tym wdrażanie rozproszonych źródeł odnawialnych wraz z magazynami energii elektrycznej, zmniejszyłyby potrzebę modernizacji linii zasilających. W scenariuszu APS globalna rozproszona moc fotowoltaiczna wzrośnie ponad trzykrotnie w latach 2021-2030. Potrzebę fizycznego wzmocnienia sieci można również zmniejszyć poprzez zarządzanie obciążeniami po stronie popytu (Ramka 2.1). Cyfryzacja linii dystrybucyjnych niskiego napięcia może również pomóc w zarządzaniu ograniczeniami przesyłowymi oraz w zwiększeniu monitorowania i zdalnego sterowania zasobami sieciowymi, co może obniżyć koszty modernizacji poprzez kierowanie ich do punktów sieci, w których są potrzebne. Koszty może obniżyć w szczególności wymiana starszych transformatorów na nowe wykorzystujące technologię regulacji napięcia.

Ramka 2.1 ► Wykorzystanie elastyczności pomp ciepła po stronie popytu w celu zapewnienia stabilności sieci

Viessmann, niemiecki producent pomp ciepła, oraz niemieccy operatorzy systemów przesyłowych energii elektrycznej (OSP), TenneT i 50Hertz, rozpoczęli niedawno projekt pilotażowy, aby zademonstrować wartość elastyczności po stronie popytu, jaką mogą zapewnić wodne pompy ciepła w radzeniu sobie ze zmiennością produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych i z zapewnieniem stabilności sieci. Viessmann agreguje potencjał elastyczności pomp ciepła klientów, którzy zgodzili się przystąpić do programu, i oferuje uzyskaną w ten sposób ilość energii operatorom sieci za pośrednictwem, wykorzystującej blockchain, platformy Equigy (Crowd Balancing Platform) – platformy wymiany danych – umożliwiającej agregatorom małych obciążeń udział w rynkach bilansowania energii elektrycznej, w celu zmniejszenia obciążenia w okresach szczytowych. Jeśli OSP zaakceptuje ofertę na określony węzeł sieci, moc cieplna,

a co za tym idzie zużycie energii elektrycznej przez zagregowane jednostki pomp ciepła jest obniżane poprzez ich wyłączanie lub obniżanie mocy w określonych okresach. W celu utrzymania temperatury wewnętrznej ciepło jest magazynowane w zasobniku buforowym ciepłej wody. Bezwładność cieplna wodnego systemu grzewczego i samego budynku (zwłaszcza dobrze ocieplonego) ogranicza również wpływ wyłączenia pompy ciepła na temperatury, które zwykle trwa kilka godzin. Klienci są wynagradzani według ich wkładu w obniżenie obciążenia.

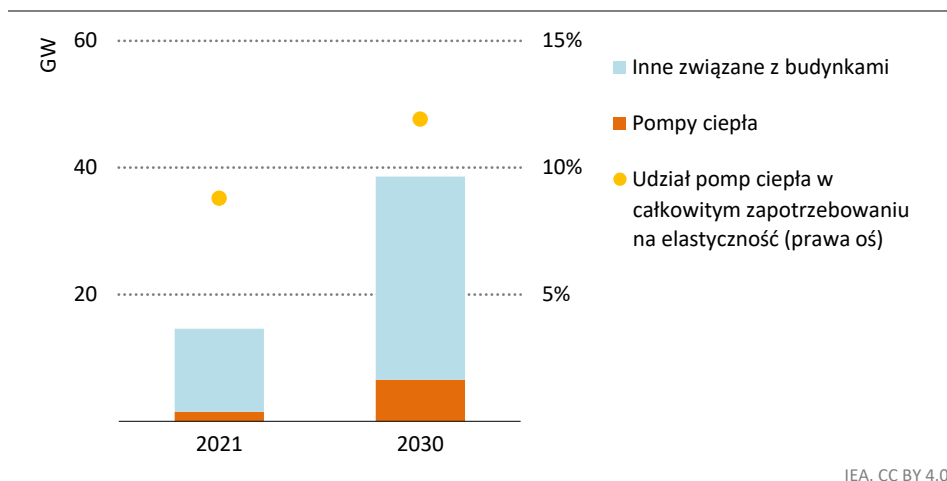
Docelowo projekt pilotażowy ma objąć 100 pomp ciepła. W przypadku przyszłych projektów liczba jednostek pomp ciepła musiałaby być znacznie większa, aby mogły świadczyć znaczące usługi stabilizacji sieci. Należałoby usunąć przeszkody utrudniające szersze przyjęcie, w szczególności złożone procedury certyfikacji i nieodpowiednie wynagrodzenie konsumentów indywidualnych za elastyczność strony popytowej na rynkach bilansowania systemu i usług pomocniczych.

Zwiększone wykorzystanie energii elektrycznej do ogrzewania może przyczynić się do wyraźniejszych godzinowych i sezonowych wahań zapotrzebowania na energię elektryczną, zwłaszcza podczas nagłych ochłodzeń, co może prowadzić do wyraźniejszych skoków zapotrzebowania. Istnieje jednak znaczny potencjał elastycznego wykorzystania pomp ciepła, aby złagodzić ich wpływ na ogólne zapotrzebowanie na energię elektryczną w okresach szczytu w zimie. W scenariuszu APS pompy ciepła będą odpowiadać za około 15% zużycia energii elektrycznej w gospodarstwach domowych w całej Unii Europejskiej w okresie zimowym 2030 r. oraz do 70% rocznego zapotrzebowania gospodarstw domowych korzystających z pomp ciepła do ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody. Pompy ciepła będą odgrywać ważną rolę w ponad trzykrotnym zwiększeniu elastyczności po stronie popytu w UE w latach 2021-2030, a ich udział w całkowitych zasobach elastyczności wzrośnie z 9% w 2021 r. do około 12% w 2030 r. (Rysunek 2.3). Budynki z fotowoltaiką będą miały dodatkowe zachęty do zmiany obciążenia, aby zmaksymalizować zużycie własne w ciągu dnia.

Uwolnienie potencjału pomp ciepła w zakresie zwiększania elastyczności systemu wymaga przyjęcia technologii cyfrowych. Aby wykorzystać elastyczność pomp ciepła, tzn. aby można było je zdalnie włączać i wyłączać, potrzebna jest automatyzacja. Ta elastyczność wymaga wbudowania w urządzenia modułów komunikacyjnych i kontrolnych. Minimalne normy dotyczące charakterystyki energetycznej mogą wymagać, aby urządzenia obejmowały podstawowy poziom możliwości sterowania. Większość sprzedawanych obecnie pomp ciepła umożliwia już podłączenie układu sterującego do urządzenia, umożliwiając w ten sposób funkcje reagowania na zapotrzebowanie. Jednak wielu producentów korzysta z zastrzeżonych systemów, które mogą ograniczać interoperacyjność. Przepisy zobowiązujące producentów do zapewnienia, aby pompy ciepła mogły odbierać i wysyłać dane umożliwiające nie tylko monitorowanie, ale także zdalne sterowanie urządzeniami, mogą być pierwszym krokiem w kierunku powszechnego przyjęcia inteligentnego sterowania. Budynki muszą być również lepiej połączone i bardziej zautomatyzowane, aby mogły odbierać sygnały z sieci o tym, kiedy potrzebna jest elastyczność i lepiej zarządzać zużyciem energii (IEA, 2021b).

Potrzebne są również zachęty rynkowe, które skłonią właścicieli pomp ciepła do oferowania usługi elastyczności popytowej na rzecz sieci, na przykład poprzez niższe opłaty taryfowe za energię elektryczną lub oddzielne opłaty uiszczane przez operatora sieci. Zmiany w strukturze rynku mogą zapewnić, że agregatorzy lub dostawcy odpowiednio docenią elastyczność pomp ciepła oraz że wartość ta zostanie przekazana konsumentom w postaci niższych rachunków (IEA, 2021a). Decydenci polityczni mogą promować modele dostawców energii, które umożliwiają kontrolę, jednocześnie ustanawiając pewne bariery dla prywatności i wyboru konsumentów.

Rysunek 2.3 ▶ Potencjał kształtowania zapotrzebowania mocy pomp ciepła oraz innych zastosowań energii elektrycznej w budynkach w okresach największego zapotrzebowania na elastyczność oraz udział w całkowitej elastyczności strony popytowej w Unii Europejskiej według APS



IEA. CC BY 4.0.

W scenariuszu APS pompy ciepła stają się głównym zasobem zapewniającym elastyczność po stronie popytu, a bezwładność cieplna budynków i systemów grzewczych pozwala na ograniczenie zużycia energii elektrycznej w godzinach szczytu

Uwaga: Pozycja *Inne związane z budynkami* obejmuje urządzenia chłodnicze i AGD.

Aby zmaksymalizować potencjał wodnych pomp ciepła w zakresie przyczyniania się do elastyczności systemu elektroenergetycznego bez wpływu na komfort cieplny użytkowników końcowych, należy wprowadzić pewne dostosowania w systemach grzewczych – w tym magazynowanie ciepłej wody lub instalacje rezerwowych, nieelektrycznych urządzeń grzewczych, dla okresów, gdy pompa ciepła jest wyłączona – jak również konieczna jest poprawa izolacji cieplnej budynków. W dobrze ocieplonych budynkach, wyłączenie pompy ciepła na kilka godzin może mieć niewielki wpływ na temperaturę w pomieszczeniu. Korzyści płynące z bardziej efektywnej energetycznie izolacji budynków dla elastyczności systemu elektroenergetycznego zostały wykazane w pracach programu IEA *Energy in Buildings and Communities* (IEA, 2019 r.). Jednak większość budynków, nawet w rozwiniętych gospodarkach, ma słabą izolację cieplną, co ogranicza potencjał pomp ciepła do odgrywania roli w elastyczności po stronie popytu. Na przykład w Japonii pompy ciepła typu powietrze-woda do budynków mieszkalnych, które optymalizują swoją pracę, wykorzystując prognozy pogody w czasie rzeczywistym, do stworzenia profilu prawdopodobnej dostępności generowanej na miejscu energii fotowoltaicznej, stały się dostępne w sprzedaży dopiero w 2022 r. Na razie wykorzystanie elastyczności eksploatacyjnej pomp ciepła pozostaje rozwiązaniem niszowym, pomimo szeregu projektów pilotażowych (Tabela 2.1).

Hybrydowe pompy ciepła to kolejna opcja zwiększająca elastyczność. Na przykład rząd holenderski zaproponował, aby hybrydowe pompy ciepła były domyślną opcją w nowych budynkach, aby pomóc w zarządzaniu przeciążeniem sieci (Holenderska Agencja Przedsiębiorczości, 2022 r.).

Tabela 2.1 ► Projekty pilotażowe dotyczące wykorzystania potencjału elastyczności pomp ciepła

Państwo	Nazwa projektu	Opis
Szwajcaria	Ogólna elastyczność operacyjna w celu integracji odnawialnych źródeł energii w sieci dystrybucyjnej	- Redukcja zapotrzebowania szczytowego o 0-5%. - Wzrost zużycia własnego o 5,5%.
Dania	EcoGrid EU	270 gospodarstw domowych wyposażonych w pompy ciepła zapewniło obniżenie mocy szczytowej o 167 kW (okres pięciominutowy)
Wielka Brytania	Crowdflex	Zastosowanie taryf czasowych zmniejszyło dzienny szczyt wieczorny średnio o 12% dla gospodarstw domowych bez samochodów elektrycznych (EV)
Holandia	Power-to-Heat – zamiana energii elektrycznej na ciepło w celu integracji energii odnawialnej: technologie, metody modelowania i potencjał elastyczności	Podczas sytuacji wymagających elastyczności trwających jedną godzinę, pompy ciepła zapewniły elastyczność 2,5 kW

2.4 Przystępność cenowa energii

Wyższe ceny energii są główną przyczyną narastania presji inflacyjnej, która obniża siłę nabywczą gospodarstw domowych i poziom życia w wielu częściach świata. Gospodarstwa domowe wydawały średnio około 7% swoich dochodów na energię w 2021 r., z czego około połowa to energia zużywana w domu. W regionach świata, w których wymagane jest ogrzewanie, opłaty za ciepło często stanowią większość całkowitych rachunków za media w gospodarstwie domowym. Mogą one mieć nawet wyższy udział w przypadku ubogich gospodarstw domowych, które zazwyczaj poświęcają znacznie większą część swoich dochodów na energię, jednocześnie korzystając z mniejszej liczby usług energetycznych.

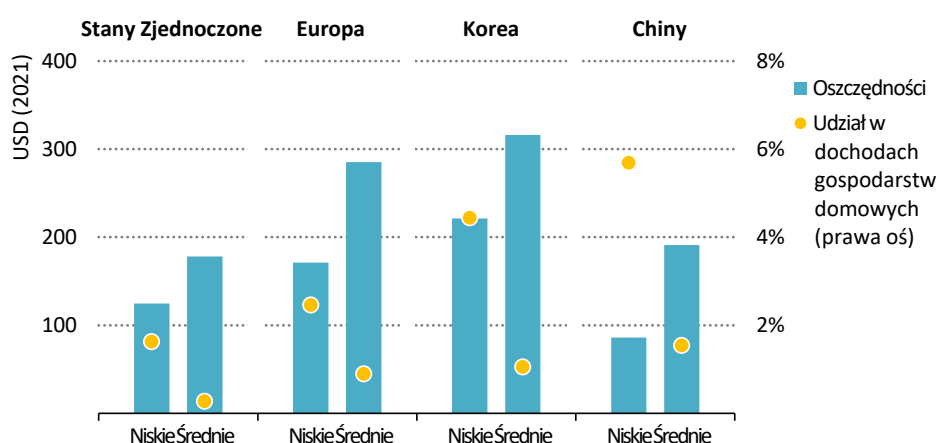
Rachunki gospodarstw domowych za energię na całym świecie gwałtownie wzrosły – w niektórych przypadkach nawet się podwoiły. Rządy na całym świecie zareagowały na wzrost cen wprowadzając środki wsparcia, w tym limity rachunków za energię dla gospodarstw domowych (np. Francja i Wielka Brytania), bezpośrednie transfery pieniężne (np. Niemcy) oraz długoterminowe kontrakty na dostawy zabezpieczające popyt na gaz (np. Chiny i Korea). W sumie rządy na całym świecie przeznaczyły około 550 miliardów dolarów na ochronę konsumentów i przedsiębiorstw przed wysokimi cenami energii od września 2022 r., a w momencie publikacji rozważane są dalsze kwoty.

Przejście na pompy ciepła może pomóc obniżyć rachunki za energię w gospodarstwach domowych. W 2021 r. gospodarstwa domowe, które przeszły z kotła gazowego na pompę ciepła, odnotowały spore oszczędności na rachunkach za energię, średnio od 180 USD w Stanach Zjednoczonych do prawie 300 USD w Europie. Oszczędności te są znacznie większe przy dzisiejszych skokach cen, wahając się od 300 USD rocznie w Stanach Zjednoczonych do 900 USD w Europie. Oszczędności były generalnie największe w krajach importujących gaz netto, zwłaszcza w krajach takich jak Chiny, w których ceny energii elektrycznej dla gospodarstw domowych są niskie. Jako udział w dochodzie ogółem, oszczędności były największe w gospodarstwach ubogich i wynosiły od 2% do 6% dochodu (Rysunek 2.4).

Pomimo potencjalnych oszczędności wynikających z przejścia na pompę ciepła, wielu konsumentów nie jest w stanie wymienić istniejącego systemu grzewczego z powodów finansowych, zwłaszcza w czasie obecnego kryzysu, ze względu na duże, początkowe koszty instalacji. Zmniejszenie tego kosztu będzie kluczem do zwiększenia skali wdrażania pomp

ciepła (zob. Rozdział 3). Biedne gospodarstwa domowe są najmniej w stanie sfinansować ten koszt i częściej wybierają najtańszą opcję wymiany, gdy konieczna jest wymiana systemu grzewczego, co niesie ze sobą ryzyko związane z kosztownym ogrzewaniem gazowym. Ponadto koszty ogrzewania gazowego mogą z czasem wzrosnąć, jeśli inwestycje w sieć gazową będą w coraz większym stopniu pokrywane przez zmniejszającą się liczbę konsumentów w miarę postępu przechodzenia na czystą energię. Niektóre rządy oferują ukierunkowane dotacje na modernizację, zwiększające efektywność energetyczną, oraz pompy ciepła dla mniej zamożnych gospodarstw domowych, aby zniwelować te bariery. Obecnie w sumie 12 krajów, głównie w Europie, pokrywających mniej więcej jedną trzecią światowego zapotrzebowania na ogrzewanie, posiada taką politykę.

Rysunek 2.4 ▸ Oszczędności na rachunkach za energię dla gospodarstw domowych przechodzących z kotła gazowego na pompę ciepła w wybranych regionach/krajach, 2021 r



IEA. CC BY 4.0.

Gospodarstwa domowe przechodzące z kotła gazowego na pompę ciepła cieszyły się dużymi oszczędnościami na rachunkach za energię, przy czym biedne gospodarstwa domowe oszczędzały największą część swoich całkowitych dochodów

Uwagi: Niskie = gospodarstwa domowe o niskich dochodach; Średnie = gospodarstwa domowe o średnich dochodach. Oszczędności oparte są na kosztach operacyjnych i nie obejmują kosztów początkowych. Analiza opiera się na średnich cenach energii elektrycznej i gazu w różnych regionach/krajach oraz średnim zapotrzebowaniu gospodarstw domowych na ogrzewanie pomieszczeń i ciepłą wodę w reprezentatywnych miastach w odpowiednich regionach/krajach (Detroit, Sztokholm, Seul, Pekin).

Biedne gospodarstwa domowe mogą uzyskać mniejsze oszczędności i dłuższe okresy zwrotu z przejścia na pompę ciepła niż te bogatsze. Wynika to z faktu, że uboższe gospodarstwa domowe zazwyczaj mieszkają w mniejszych lokalach i rzadziej korzystają z ogrzewania, aby obniżyć koszty. Jednak uboższe rodziny również zazwyczaj mieszkają w domach mniej efektywnych energetycznie, co zwiększa potencjalne oszczędności i skraca okres zwrotu; mieszkania rodzin o niskich dochodach są zazwyczaj mniej efektywne energetycznie niż przeciętne zasoby mieszkaniowe. W każdym razie biedne gospodarstwa domowe na ogół wymagają wsparcia finansowego z góry, aby móc skorzystać z modernizacji i/lub przejścia na pompy ciepła.

Taryfy energii elektrycznej i podatki paliwowe muszą być starannie zaprojektowane, aby nie zniechęcały konsumentów do instalowania pompy ciepła (patrz Rozdział 3). Niektóre obecne taryfy za energię elektryczną mają na celu promowanie efektywności energetycznej poprzez

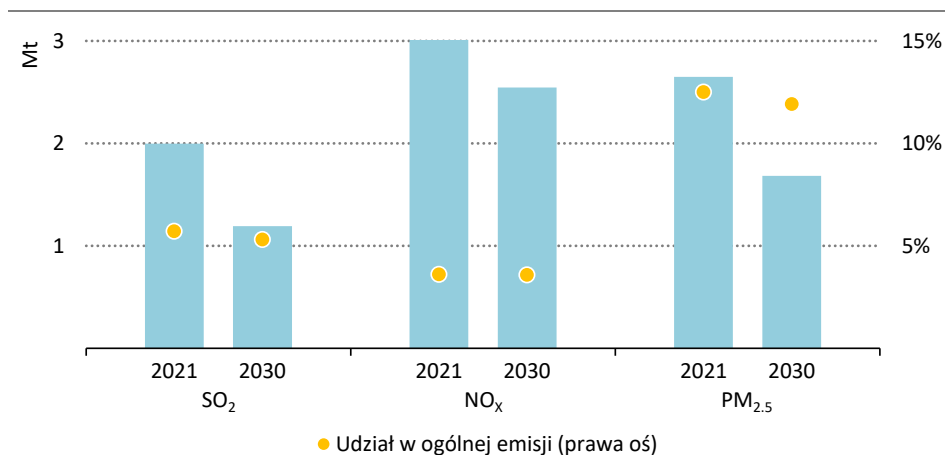
naliczanie wyższych stawek lub dodawanie opłat dla gospodarstw domowych zużywających energię elektryczną w większym stopniu niż średnia, ale może to być niekorzystne dla tych, które zdecydują się przejść na elektryczne pompy ciepła. Niektóre przedsiębiorstwa użyteczności publicznej oferują specjalny pomiar energii elektrycznej lub specjalne stawki dla konsumentów z ogrzewaniem elektrycznym i pojazdami elektrycznymi, aby uniknąć zniechęcenia do tych zakupów. Wskaźniki czasu użytkowania mogą również pomóc obniżyć koszty eksploatacji pompy ciepła w porównaniu z taryfami ryczałtowymi, jeśli zostaną połączone z inteligentnym sterowaniem w celu optymalizacji ogrzewania. Przyczyni się to również do poprawy niezawodności i elastyczności sieci. Zarówno podatki energetyczne, jak i systemy opłat za emisje dwutlenku węgla muszą być zaprojektowane w taki sposób, aby nie karać za używanie niskoemisyjnej energii elektrycznej w porównaniu z wykorzystaniem paliw kopalnych.

2.5 Zdrowie publiczne i środowisko

2.5.1 Zanieczyszczenia powietrza

Powszechne zastosowanie technologii pomp ciepła może przyczynić się do poprawy jakości powietrza i zdrowia publicznego. Ogrzewanie pomieszczeń i podgrzewanie wody w budynkach opalanych węglem, olejem i biomasą przyczynia się do zanieczyszczenia powietrza zarówno w gospodarstwach domowych, jak i otoczeniu. W 2021 r. każdego dnia ponad 19 000 osób umierało przedwcześnie z powodu wdychania zanieczyszczonego powietrza, większość w gospodarkach wschodzących i rozwijających się (IEA, 2022c).

Rysunek 2.5 ▶ Emisje głównych zanieczyszczeń powietrza ze spalania paliw do ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w budynkach według APS



IEA. CC BY 4.0.

Elektryfikacja ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w APS ma duże znaczenie w redukcji emisji wszystkich głównych zanieczyszczeń powietrza z sektora budynków w latach 2021-2030

Źródła: IIASA (2022 r.) i IEA.

Około jedna ósma emisji zanieczyszczeń powietrza w postaci drobnego pyłu zawieszonego (PM_{2,5}) jest spowodowana spalaniem w celu ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w budynkach, głównie z wykorzystaniem drewna opałowego i węgla w piecach grzewczych i kotłach. Chociaż mają mniejszy udział w ogólnej emisji, usługi ciepłownicze w budynkach

powodują również emisje tlenków azotu (Nox), głównie z kotłów gazowych, oraz dwutlenku siarki (SO₂), głównie ze stosowania węgla w piecach grzewczych i kotłach oraz oleju w kotłach. W APS emisje wszystkich głównych zanieczyszczeń powietrza z ogrzewania pomieszczeń i podgrzewania wody w budynkach spadną w latach 2021-2030 o 15-40%, w dużej mierze dzięki rozpowszechnieniu pomp ciepła (Rysunek 2.5).

Ponadto wielkoskalowe przejście na pompy ciepła może zapobiec innym zagrożeniom związanym ze spalaniem paliw kopalnych. Na przykład niewłaściwie serwisowane piece grzewcze i kotły gazowe mogą emitować tlenek węgla (który według szacunków zabija około 40 000 osób rocznie), a także stanowić zagrożenia związane z ryzykiem wybuchu albo pożaru (IHME, 2022 r.).

2.5.2 F-gazy

Istnieje potencjalnie pewien haczyk w argumentacji środowiskowej na rzecz pomp ciepła. Główną przewagą pomp ciepła nad innymi technologiami grzewczymi jest ich potencjał w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych, zwłaszcza gdy energia elektryczna potrzebna do ich zasilania pochodzi z niskoemisyjnych źródeł energii. Jednak szersze zastosowanie pomp ciepła niesie ze sobą ryzyko emisji F-gazów, stosowanych jako czynniki chłodnicze w pompie ciepła. Emisje tych gazów, które są potężnymi gazami cieplarnianymi, grożą zniwelowaniem części korzyści klimatycznych płynących z odejścia od stosowania paliw kopalnych do ogrzewania.

Głównymi rodzajami fluorowanych gazów cieplarnianych stosowanych obecnie w pompach ciepła, lodówkach i innych urządzeniach chłodzących są HFC, które odpowiadają za ponad 85% światowej produkcji fluorowanych gazów cieplarnianych (UNEP, 2017). Zostały one powszechnie przyjęte jako substytuty wcześniej stosowanych substancji zubożających warstwę ozonową, które zostały w większości wycofane na mocy *Protokołu montrealskiego* – przełomowej wielostronnej umowy środowiskowej dotyczącej wycofywania chemikaliów niszczących warstwę ozonową w stratosferze, przyjętej w 1987 r. F-gazy stanowią około 2,4% światowych emisji gazów cieplarnianych (IPCC, 2022 r.). Emisje mogą gwałtownie wzrosnąć w nadchodzących latach wraz ze wzrostem wykorzystania pomp ciepła i klimatyzatorów, jeśli nie zostaną podjęte dalsze działania w celu kontrolowania ich wykorzystania. Scenariusze Międzyrządowego Zespołu np. Zmian Klimatu (IPCC) spójne ze wzrostem temperatury na świecie o 1,5°C zakładają redukcję emisji F-gazów o około 75% w latach 2021–2030. Ze względu na ich krótki czas życia w atmosferze i wysoki współczynnik potencjału tworzenia efektu cieplarnianego (GWP),¹ natychmiastowe działania mające na celu ograniczenie emisji gazów fluorowanych mogłyby mieć szybki wpływ na spowolnienie globalnego wzrostu temperatury i pozwoliłyby na uniknięcie blokady technologicznej.

W 2016 r. w *Poprawce z Kigali do Protokołu montrealskiego* wezwano do stopniowego ograniczenia produkcji i zużycia fluorowanych gazów cieplarnianych aż o 80-85% w gospodarkach rozwiniętych do 2036 r., a w gospodarkach rozwijających się i wschodzących do 2047 r., aby przeciwdziałać wpływowi emisji F-gazów. W październiku 2022 r. poprawkę podpisały strony reprezentujące ponad 80% światowych emisji gazów cieplarnianych. Unia Europejska wdraża swoją ścieżkę stopniowego wycofywania, głównie za pomocą rozporządzenia w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych, w odniesieniu do którego Komisja Europejska przedstawiła propozycję zmiany w kwietniu 2022 r. Proponuje zakaz stosowania czynników chłodniczych o GWP powyżej 150 dla wszystkich samodzielnych i mniejszych pomp ciepła typu *split* oraz systemów klimatyzacyjnych.

¹ GWP umożliwia porównanie różnych gazów cieplarnianych pod względem ich wpływu na klimat. Definiuje się je jako ciepło pochłonięte przez dany gaz cieplarniany, wyrażone jako wielokrotność ciepła, które zostałoby pochłonięte przez tę samą masę CO₂. Aby uwzględnić różne okresy życia gazów w atmosferze, najpowszechniejszą miarą jest 100-letni GWP, który odpowiada ilości ciepła pochłoniętego w okresie 100 lat od momentu emisji. O ile nie zaznaczono inaczej, w niniejszym raporcie zastosowano 100-letni GWP.

Tabela 2.2 ▸ Typowe czynniki chłodnicze i alternatywy dla domowych pomp ciepła

Kategoria	Czynnik chłodniczy	GWP	Palność	Wskaźnik TFA
Konwencjonalne HFC	R-410a	2 088	Niepalny (A1)	0%
	R-134a	1 430		7-20%
Węglowodór (HC)	R-290 (Propan)	≤ 3	Wyższa palność (A3)	0%
	R-1270 (Propen)			
	R-600 (Butan)			
	R-691 (Pentan)			
HFC o niższym GWP	R-32	675	Niższa palność (A2L)	0%
Mieszanka HFC/HFO	R-454B	490	Niższa palność (A2L)	30%
HFO	R-1234yf	4	Niższa palność (A2L)	100%
	R-1234ze	< 1		< 10%
CO ₂	R-744 (Dwutlenek węgla)	1	Niepalny (A1)	0%

Uwagi: Wartości GWP pochodzą z *Czwartego raportu oceniającego* IPCC (AR4). Wskazuje on na poziom niepewności przekraczający 30%. Wartości progowe w polityce zostały w dużej mierze oparte na tej iteracji. W międzyczasie niektóre wartości zostały zaktualizowane w IPCC AR5 i AR6. Wskaźnik TFA to pokazana w procentach ilość wyemitowanego czynnika chłodniczego, który rozkłada się w atmosferze do kwasu trifluorooctowego (TFA), stanowiącego zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzkiego oraz cechującego się bardzo długim czasem rozpadu. Wyższe wartości procentowe oznaczają wyższą szkodliwość.

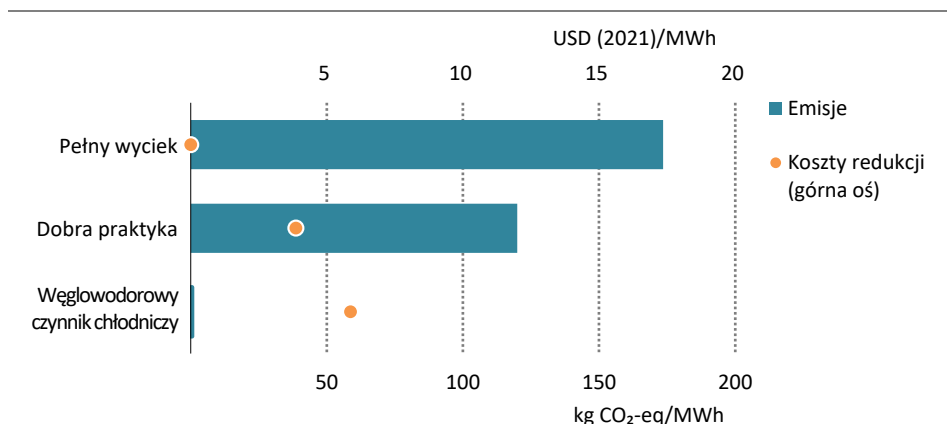
Źródło: UBA (2021 r.).

Emisje fluorowanych gazów cieplarnianych pojawiają się podczas produkcji tych gazów, produkcji urządzeń z obiegiem chłodniczym (np. pompy ciepła) oraz wycieków podczas użytkowania produktu i jego likwidacji. Emisje z pomp ciepła można ograniczyć poprzez regularną konserwację oraz, w stosownych przypadkach, odpowiednie wycofanie z eksploatacji i recykling (Daikin, 2022 r.). Jednak skuteczne systemy obsługi przestarzałych urządzeń mogą nie istnieć w wielu miejscach na świecie. Obecnie stosowane najlepsze praktyki mogą zmniejszyć emisje fluorowanych gazów cieplarnianych z pomp ciepła na całym świecie o jedną trzecią, ale szacunki te różnią się znacznie w zależności od regionu i modelu pompy ciepła. Dodatkowo można zastosować alternatywne czynniki chłodnicze, takie jak gazy fluorowane o niższym GWP, a także węglowodory, HFO lub CO₂, które mają znacznie niższy GWP, ale mogą być technicznie skomplikowane lub droższe (Tabela 2.2). Na przykład stosowanie propanu jako czynnika chłodniczego jest ograniczone przepisami budowlanymi UE ze względu na jego wyższą palność. Podczas gdy instalacja monoblokowych jednostek wodnych, w których obieg czynnika chłodniczego odbywa się w całości na zewnątrz, rozwiązuje ten problem, systemy dzielone (*split*) są również ważną opcją umożliwiającą wykorzystanie pomp ciepła w większości budynków. Zmieniona norma Międzynarodowej Komisji Elektrotechnicznej (IEC)² została opublikowana w maju 2022 r. i jest w trakcie formalnej harmonizacji w Unii Europejskiej, ale może już zostać przyjęta przez producentów zgodnie z prawodawstwem UE. Pozwala na stosowanie palnego czynnika chłodniczego w ilości wystarczającej dla mniejszych systemów *split* z obiegami czynnika chłodniczego wewnątrz budynków, gdy system spełniają dodatkowe wymogi bezpieczeństwa. W przypadku większych systemów nowelizowane rozporządzenie w sprawie F-gazów nadal zezwala na stosowanie czynników chłodniczych HFC o GWP poniżej 750. Aby zapewnić bezpieczne obchodzenie się z łatwopalnym czynnikiem chłodniczym również podczas instalacji i likwidacji oraz aby zminimalizować liczbę wypadków na całym świecie, Program Narodów Zjednoczonych np. Ochrony Środowiska (UNEP) ustanowił program kwalifikacyjny *Refrigerant Driving License* promujący szkolenia i ułatwiający wymianę wiedzy o najlepszych praktykach w zakresie bezpiecznego obchodzenia się z czynnikami chłodniczymi między gospodarkami rozwiniętymi, a gospodarkami wschodzącymi i rozwijającymi się (UNEP, 2018).

² IEC-60335-2-40 w sprawie szczególnych wymagań dla elektrycznych pomp ciepła, klimatyzatorów i osuszaczy (IEC, 2022).

Aby zmniejszyć ilości czynnika chłodniczego i związane z nim zagrożenia dla środowiska i bezpieczeństwa, potrzebne są innowacje technologiczne. Na przykład w ramach projektu badawczego w Niemczech pomyślnie przetestowano prototyp pompy ciepła z zaledwie 10 gramami propanu jako czynnika chłodniczego na kilowat mocy przy współczynniku COP równym 4,7, podczas gdy obecne systemy zwykle wykorzystują sześciokrotnie większą ilość (Fraunhofer ISE, 2022 r.). Niektórzy producenci opracowali również alternatywne HFC o niższym poziomie GWP, takie jak HFC R32. HFO, takie jak R 1234yf i R 1234ze, mają niższą palność, nie niszczą warstwy ozonowej i mają znacznie niższy GWP, ale stwarzają potencjalne zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi³. Czynniki chłodnicze CO₂ nie jest palny i ma bardzo niską toksyczność, a współczynnik GWP wynosi jeden (Patenaude, 2015). Jednak jego zastosowanie wymaga wyższych ciśnień roboczych i mocniejszych sprężarek, co zwiększa zapotrzebowanie na energię i materiały do wykonania i eksploatacji pompy ciepła. Ze względu na swoje właściwości fizyczne CO₂ oferuje zwiększoną efektywność w określonych przypadkach użycia przy dużych różnicach temperatur, takich jak podgrzewacze wody lub niektóre zastosowania przemysłowe i handlowe.

Rysunek 2.6 ▶ Emisje gazów cieplarnianych związane z okres eksploatacji czynnika chłodniczego pompy ciepła na MWh rocznej produkcji ciepła użytkowego i koszty redukcji według opcji czynnika chłodniczego



EA. CC BY 4.0.

Specjalistyczna konserwacja, recykling i stosowanie alternatywnych czynników chłodniczych mogą znacznie ograniczyć emisje spowodowane wyciekami czynnika chłodniczego

Uwagi: kg CO₂-eq = kilogramy ekwiwalentu CO₂. Wyjściowa mieszanka czynników chłodniczych o współczynniku GWP równym 2 000. Emisje gazów cieplarnianych w całym okresie eksploatacji obejmują emisje gazów cieplarnianych spowodowane wyciekami czynnika chłodniczego podczas eksploatacji i likwidacji.

Źródło: Analiza IEA na podstawie Purohit i Höglund-Isaksson (2017 r.).

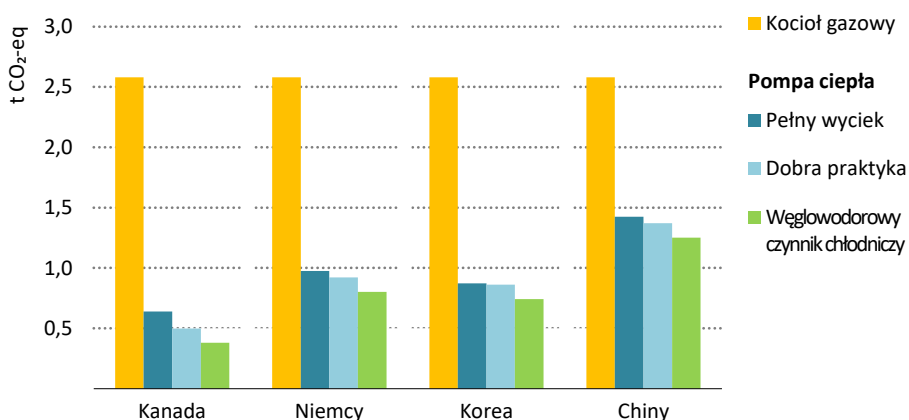
Największy potencjał opłacalnej redukcji emisji gazów cieplarnianych z czynników chłodniczych pomp ciepła polega na zastąpieniu HFC węglowodorami, ale wiąże się to z wyzwaniem związanym z palnością (Rysunek 2.6). W okresie eksploatacji przeciętnej domowej pompy

³ HFO są uważane za substancje per- i polifluoroalkilowe (PFAS) ze względu na ich przekształcanie się w TFA w atmosferze i stanowią zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi podczas ich bardzo długiego okresu życia. Ewentualne przyszłe przepisy dotyczące PFAS mogą zakazać ich stosowania w Unii Europejskiej (Europejska Agencja Chemikaliów, 2022 r.).

ciepła wykorzystującej HFC R 134a, od 6% do 40% emisji ekwiwalentu CO₂ jest związane z wyciekami czynnika chłodniczego – udział ten zależy od wzajemnego wpływu: mocy, efektywności pompy ciepła i tego, czy czynnik chłodniczy jest odzyskiwany na koniec okresu eksploatacji, na całkowitą emisję ekwiwalentu CO₂ z pompy ciepła. Udział ten będzie wzrastał w miarę postępującej dekarbonizacji produkcji energii elektrycznej.

Przy obecnych czynnikach chłodniczych F-gazowych i przy założeniu pełnego wycieku, pompy ciepła nadal redukują emisje gazów cieplarnianych o co najmniej 20% w porównaniu z wysokosprawnymi kotłami gazowymi, nawet jeśli działają na wysokoemisyjnej energii elektrycznej. W regionach, na które przypada 70% światowego zużycia energii, ograniczenie emisji wynosi ponad 45%, a w krajach o czystszej miksie energetycznej sięga 80%. Wartości te można poprawić odpowiednio o 10 punktów procentowych, stosując alternatywne czynniki chłodnicze. Duże zróżnicowanie wynika głównie z różnic w intensywności emisji przy wytwarzaniu energii elektrycznej, a nie z wyboru czynnika chłodniczego. Rysunek 2.7 ilustruje oszczędności emisji w czterech krajach w oparciu o ich warunki klimatyczne i emisyjność produkcji energii elektrycznej.

Rysunek 2.7 ▶ Całkowite emisje gazów cieplarnianych w całym okresie eksploatacji na MWh rocznej użytecznej mocy cieplnej dla kotła gazowego i pompy ciepła według opcji czynnika chłodniczego



IEA. CC BY 4.0.

Przejęcie na pompę ciepła znacznie zmniejsza emisje niezależnie od warunków klimatycznych i miksu energetycznego. Zająć się problemem emisji F-gazów może jeszcze bardziej ograniczyć emisje.

Uwagi: t CO₂-eq = tony ekwiwalentu CO₂; HC = węglowodór. Oszczędności w emisjach pompy ciepła porównane z kotłem gazowym o sprawności 90% i emisjami F-gazów dla mieszanki czynnika chłodniczego o GWP = 2 000. Całkowite emisje gazów cieplarnianych w całym okresie eksploatacji obejmują emisje gazów cieplarnianych z użytkowania energii elektrycznej oraz wycieki czynnika chłodniczego podczas eksploatacji i likwidacji. Wskaźniki emisji przy produkcji energii elektrycznej: Kanada (119 g CO₂-eq/kWh), Niemcy (352 g/kWh), Korea (424 g/kWh), Chiny (549 g/kWh). Klimat Kanady oparty na danych dla Ontario a w Chinach na danych dla północno-wschodnich Chin.

Źródła: Analiza IEA na podstawie Purohit i Höglund-Isaksson (2017 r.); Purohit i in. (2022a); oraz Kowalski i Szałański (2019 r.).

Jeśli czynniki chłodnicze F-gazowe będą nadal wykorzystywane w ten sam sposób, do 2030 r. to w scenariuszu NZE globalne zasoby pomp ciepła potencjalnie zakumulują prawie 740 Mt ekwiwalentu CO₂ emisji gazów cieplarnianych – około dwa razy więcej niż całkowita roczna emisja gazów cieplarnianych w Australii. Nawet gdyby na całym świecie stosowano najlepsze dzisiejsze praktyki w zakresie konserwacji i recyklingu, udało by się uniknąć tylko jednej trzeciej tych emisji, co utrudnia ograniczenie wzrostu temperatury na świecie do 1,5°C.

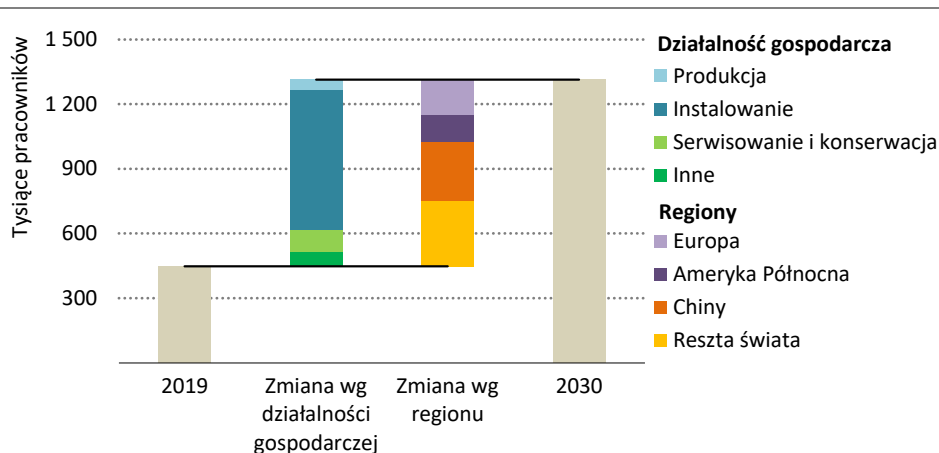
Przejście na czynniki chłodnicze inne niż HFC jest technicznie możliwe, ale wiąże się z ryzykiem utrudnienia wdrażania pomp ciepła ze względu na implikacje techniczne i kosztowe. Co ważne, czynników chłodniczych nie można po prostu wymienić w istniejących urządzeniach. Podczas gdy wielu producentów pomp ciepła nie polega już w dużym stopniu na HFC, inni będą musieli zmienić proces produkcji i zastosować inne komponenty i materiały. Pracownicy produkcji i przeprowadzający instalacje mogą wymagać dodatkowego przeszkolenia w zakresie materiałów łatwopalnych. Stabilne i ambitne ramy regulacyjne są zatem ważne, aby zapewnić pewność inwestowania. W perspektywie krótkoterminowej ważnym celem działań politycznych powinno być ustanowienie norm dotyczących szczelności i wymuszonych systemów recyklingu, aby uniknąć emisji konwencjonalnych czynników chłodniczych o wysokim współczynniku GWP do powietrza ze starego sprzętu. Ponieważ wyciek fluorowanych gazów cieplarnianych ma miejsce w trakcie i pod koniec okresu eksploatacji urządzeń, dalsze stosowanie tych czynników chłodniczych w nowych urządzeniach oznacza, że fluorowane gazy będą nadal emitowane po 2050 r. (Purohit i in., 2022b). Decydenci polityczni muszą zapewnić, że środki mające na celu przyspieszenie wycofywania HFC nie powstrzymują zwiększonego wykorzystania pomp ciepła, których korzyści dla klimatu znacznie przewyższają negatywne skutki klimatyczne wycieków HFC. Oznacza to minimalizację stosowania HFC w urządzeniach, dla których dostępne są alternatywy o niskim GWP bez znacznych strat w efektywności lub innych parametrach technicznych.

2.6 Tworzenie miejsc pracy

Szybkie zwiększenie skali rozpowszechnienia pomp ciepła wymagałoby proporcjonalnego zwiększenia siły roboczej zajmującej się ich produkcją i instalacją, a także wytwarzaniem różnych materiałów i komponentów potrzebnych do ich montażu. Oznacza to ogromną potrzebę rekrutacji i szkolenia pracowników.

W 2019 roku około 450 000 osób pracowało bezpośrednio przy produkcji, projektowaniu i instalacji, sprzedaży hurtowej, serwisowaniu i konserwacji pomp ciepła na całym świecie (Rysunek 2.8). Instalacja jest najbardziej pracochłonną częścią łańcucha wartości pomp ciepła, i tutaj zatrudnionych było około 210 000 pracowników. Chiny mają najwięcej instalatorów, ponieważ większość zasobów budynków, szczególnie na południu kraju, wykorzystuje pompy ciepła zarówno do chłodzenia latem, jak i ogrzewania zimą. Powietrzno-wodne i gruntowe pompy ciepła zwykle wymagają większej liczby godzin pracy na instalację, co zwiększa liczbę zatrudnionych w sektorze i potrzebę rekrutacji nowych pracowników w miarę rozwoju rynku. Produkcja, serwisowanie i konserwacja łącznie stanowią około połowy bezpośrednich miejsc pracy w sektorze pomp ciepła. Podobnie jak w przypadku instalatorów, Chiny mają największą siłę roboczą zajmującą się produkcją pomp ciepła, liczącą około 55 000 osób, co odpowiada ich 40% udziałowi w światowej produkcji pomp ciepła; następne są Stany Zjednoczone, gdzie produkowana jest około jedna czwarta pomp ciepła.

Rysunek 2.8 ▸ Zmiana zatrudnienia w sektorze pomp ciepła według działalności i regionu/kraju według APS, lata 2019-2030



IEA. CC BY 4.0.

Pompy ciepła stworzą 800 000 nowych miejsc pracy do 2030 r., głównie w zakresie instalacji i konserwacji, co wymaga znacznej rekrutacji i szkoleń

Uwaga: Pozycja *Inne* obejmuje sprzedaż hurtową i transport.

Globalne zatrudnienie w sektorze pomp ciepła wzrośnie prawie trzykrotnie do ponad 1,3 miliona pracowników do 2030 r. według scenariusza APS. W Europie siła robocza w sektorze prawie się potroi, ponieważ producenci i instalatorzy będą realizować ambitne cele w ramach inicjatywy REPowerEU i innych krajowych planów wdrażania pomp ciepła. Przewidywanemu wzrostowi siły roboczej, zajmującej się pompami ciepła na całym świecie, towarzyszyć będzie około 700 000 dodatkowych pracowników budujących bardziej energooszczędne budynki i przeprowadzających modernizacje poprawiające izolację budynków. Zintegrowane systemy pomp ciepła stymulują również tworzenie miejsc pracy przy instalowaniu domowych paneli fotowoltaicznych i magazynów energii.

Wzrost zatrudnienia pomp ciepła w scenariuszu APS koncentruje się na instalacjach. W APS liczba potrzebnych instalatorów pomp ciepła wzrasta do 850 000, co oznacza wzrost o prawie 650 000. Największy wzrost popytu występuje w Chinach i pozostałej części regionu Azji i Pacyfiku. Liczba instalatorów w Europie wzrasta trzykrotnie, głównie dzięki szybkiemu rozpowszechnieniu pomp ciepła w Unii Europejskiej i Wielkiej Brytanii. Ponadto do 2030 r. do konserwacji i obsługi dodatkowych pomp ciepła instalowanych na całym świecie potrzeba będzie około 170 000 dodatkowych pracowników. Rekrutacja i szkolenie wszystkich tych pracowników to poważne zadanie. W branży istnieją już obawy, czy wszystkie te stanowiska mogą zostać obsadzone, biorąc pod uwagę obecnie napiętą sytuację na rynku pracy dla zawodów związanych z ogrzewaniem (patrz Rozdział 3).

Liczba miejsc pracy przy produkcji pomp ciepła będzie wzrastać wolniej, o około 40% na całym świecie, ze względu na poprawę efektywności pracy w miarę uruchamiania nowych, bardziej wydajnych fabryk. Innowacyjne sterowanie czujnikami i programowanie mogą usprawnić procesy produkcyjne i zwiększyć wydajność linii montażowych, podczas gdy modułowe konstrukcje, znormalizowane komponenty kompatybilne z różnymi typami pomp

ciepła i drukowanie 3D mogą skrócić czas produkcji i nakłady pracy (RHC i EHPA, 2021 r.). Zatrudnienie w produkcji pomp ciepła będzie koncentrować się w Chinach, Ameryce Północnej i Europie, gdzie obecnie znajduje się większość mocy produkcyjnych i gdzie najwięksi producenci będą kierować inwestycje w rozbudowę mocy produkcyjnych w okresie do 2030 r. Uruchomienie nowych zakładów produkcyjnych w Europie i Stanach Zjednoczonych odzwierciedla niedawne ruchy polityczne dotyczące przekierowania krytycznych elementów łańcuchów dostaw na własny teren (zob. Rozdział 3). Koszty produkcji są tam znacznie wyższe niż w regionie Azji i Pacyfiku, gdzie obecnie wytwarza się większość pomp ciepła i komponentów, ze względu na wyższe koszty pracy, ale można je obniżyć dzięki automatyzacji. Jednak wiele działań produkcyjnych, takich jak spawanie, nadal będzie pracochłonne.

Branża pomp ciepła wymaga różnego rodzaju profesjonalistów w całym łańcuchu wartości, wyposażonych w różne kompetencje i umiejętności. Pracownicy produkcyjni muszą być w stanie obsługiwać sprzęt zmechanizowany i wykonywać zadania ręczne, podobnie jak przy produkcji innych urządzeń domowych i przemysłowych, podczas gdy instalacja wymaga co najmniej jednego wysoko wykwalifikowanego specjalisty do prac hydraulicznych i elektrycznych (patrz Rozdział 3). Wiele z tych umiejętności jest wymiennych z umiejętnościami na podobnych stanowiskach w przemyśle wytwórczym i grzewczym, oferując w ten sposób alternatywną ścieżkę kariery pracownikom ciepłownictwa opierającego się o paliwa kopalne, takim jak instalatorzy kotłów gazowych, oraz ułatwiając rekrutację nowych pracowników (z zastrzeżeniem lokalnych przepisów i związanych z nimi obowiązkowych kwalifikacji).

Szkolenia będą miały kluczowe znaczenie dla rozszerzenia siły roboczej w sektorze pomp ciepła na całym świecie, szczególnie dla instalatorów. Programy szkoleniowe w zakresie instalacji, w tym proponowane przez stowarzyszenia branżowe i producentów, muszą obejmować zarówno obszary wiejskie, jak i miejskie. Podobnie jak w przypadku branży klimatyzacyjnej, sektor produkcji i instalacji pomp ciepła jest dziś zdominowany przez mężczyzn. Wysiłki na rzecz poprawy równowagi płci można zintegrować z programami szkoleń i rekrutacji. Pracownicy w sektorze pomp ciepła generalnie zarabiają około jedną czwartą więcej niż przeciętni pracownicy budowlani – choć różni się to znacznie w poszczególnych krajach. Jednak szkolenia są kosztowne, co może zniechęcić nowych kandydatów. Godne wynagrodzenie podczas przyuczania do zawodu i publiczne finansowanie programów przekwalifikowania zawodowego to ważne czynniki mogące przyciągnąć pracowników do tego sektora. Reprezentacja związku zawodowego może pomóc w promowaniu lepszych warunków pracy, standardów bezpieczeństwa i sprawliwych wynagrodzeń. W Stanach Zjednoczonych pompy ciepła jako część sektora efektywności energetycznej mają wyższy niż przeciętny wskaźnik uzwiązkowienia (US DOE, 2022 r.).

Bariery i rozwiązania

Budowanie rynku

STRESZCZENIE

- Przyspieszenie rozpowszechnienia pomp ciepła zależy od pokonania szeregu barier, z których głównymi są początkowy koszt instalacji, inne pozakosztowe czynniki zniechęcające konsumentów, ograniczenia produkcyjne i potencjalny niedobór wykwalifikowanych instalatorów. Potrzebne są skoordynowane działania rządów i branży pomp ciepła, aby złagodzić te ograniczenia i osiągnąć tempo wdrażania przewidziane w scenariuszu APS.
- Wysoki koszt początkowy zakupu i instalacji pompy ciepła w porównaniu z innymi opcjami ogrzewania może zniechęcić wielu konsumentów, mimo że niższe koszty eksploatacji oznaczają, że mogą one być konkurencyjne kosztowo przez cały okres eksploatacji — w niektórych regionach nawet bez dotacji. Koszt instalacji pompy ciepła powietrze-powietrze dzięki wsparciu odpowiednich polityk jest obecnie porównywalny z kosztem instalacji kotła gazowego na większości głównych rynków grzewczych, chociaż pompy ciepła powietrze-woda mogą być ciągle od dwóch do czterech razy droższe. Wsparcie finansowe jest dostępne w ponad 30 krajach, z których wiele oferuje dodatkowe wsparcie dla gospodarstw domowych o niskich dochodach (jak w Polsce) i/lub dla modeli o wysokiej efektywności (np. Kanada). Reforma podatku energetycznego i równomierne nakładanie opłat za emisję CO₂ na paliwa grzewcze i energię elektryczną w gospodarstwach domowych może obniżyć koszty eksploatacji i sprawić, że pompy ciepła staną się atrakcyjne finansowo.
- Szereg barier pozakosztowych, takich jak skomplikowane procesy uzyskiwania zezwoleń, brak informacji oraz problem podziału zachęt między właścicielami budynków i najemców, to główne przyczyny niskiego stopnia przyjęcia pomp ciepła przez konsumentów w wielu krajach. Kilka podjęło działania w celu ułatwienia procedur wydawania pozwoleń (tak jak w Republice Czeskiej), stworzenia „punktów obsługi kompleksowej” dla konsumentów (np. w Irlandii) i zachęt dla alternatywnych modeli biznesowych do rozwiązywania problemu rozbieżności interesów, zwłaszcza w Ameryce Północnej, Wielkiej Brytanii i Niemczech, choć wciąż wszędzie potrzebne są silniejsze starania.
- Wiodący producenci ogłosili niedawno plany zainwestowania ponad 4 miliardów euro w rozbudowę mocy produkcyjnych pomp ciepła i związane z tym działania, głównie w Europie. Jednak wąskie gardła w łańcuchu dostaw, w szczególności dotyczące układów scalonych i miedzi, zwiększają koszty produkcji i grożą powstrzymaniem rozwoju mocy produkcyjnych pomp ciepła. Kilka krajów, zwłaszcza Stany Zjednoczone, odpowiada zachętami do budowania krajowych zdolności produkcyjnych. Aby zachęcić do dalszych inwestycji, potrzebna jest długoterminowa spójność polityki i pewność regulacyjna, a także ukierunkowane działania na rzecz wzmocnienia łańcuchów dostaw.
- Niedobory wykwalifikowanych instalatorów, stanowiące już problem na wielu kluczowych rynkach grzewczych, mogą zagrozić wdrożeniu pomp ciepła. Według scenariusza APS popyt na pełnoetatowych instalatorów wzrośnie czterokrotnie do ponad 850 000 w 2030 r. Włączenie pomp ciepła do istniejących programów uzyskiwania uprawnień dla hydraulików i inżynierów elektryków, którzy mają podobne umiejętności, pomogłoby zmniejszyć wymagania szkoleniowe. Zachęty finansowe, takie jak te stosowane w całej Europie, mogą być również wykorzystywane do przyciągania nowych pracowników do specjalistycznych programów szkoleniowych.

3.1 Wstęp

Przyspieszenie wdrażania pomp ciepła w zakresie przewidzianym w scenariuszu APS zależy od pokonania szeregu barier, z których część ma charakter uniwersalny, a część jest specyficzna dla poszczególnych krajów lub regionów. W niniejszym rozdziale skupiono się na głównych przeszkodach dla pomp ciepła w budynkach zarówno po stronie popytu – koszty i inne przeszkody rynkowe w upowszechnieniu pomp ciepła wśród konsumentów – jak i po stronie podaży – praktycznych ograniczeniach w rozwoju produkcji i dostępności wystarczającej liczby przeszkolonych instalatorów. Kluczowe warianty strategiczne mające na celu eliminację tych barier podsumowuje Tabela 3.1, a szczegółowe omówienie znajduje się w dalszej części rozdziału.

Barieri w łańcuchu dostaw przed montażem i instalacją pomp ciepła, w tym potencjalne ograniczenia w dostawach surowców, sprzętu i komponentów potrzebnych do produkcji pomp ciepła, zostały szczegółowo omówione w oczekiwanym raporcie IEA Energy Technology Perspectives 2023, który ma zostać wydany w styczniu 2023 r.

Tabela 3.1 ▶ Przegląd kluczowych barier utrudniających przyspieszenie wdrażania pomp ciepła oraz odpowiednich rozwiązań w ramach polityk

Barieri	Rozwiązania w ramach polityk
Strona popytowa	
Barieri kosztowe	<u>Koszty początkowe:</u> • Dotacje • Nisko oprocentowane pożyczki • Ulgi podatkowe • Zielone kredyty hipoteczne • Alternatywne modele biznesowe • Programy ograniczania ryzyka dla projektów o średniej i dużej skali
	<u>Koszty operacyjne:</u> • Zrównoważenie podatków od energii elektrycznej i paliw kopalnych, podatek od emisji CO₂ z rekompensatą • Reforma taryf za energię elektryczną • Wsparcie przy modernizacji ociepleń budynków i systemów dystrybucji ciepła • Kontrola jakości i ustawień pompy ciepła po zainstalowaniu • Szkolenia użytkowników
Pozakosztowe przeszkody w upowszechnieniu wśród konsumentów	• Platformy punktów obsługi kompleksowej dla konsumentów i narzędzia do porównywania • Ułatwianie i wspieranie alternatywnych modeli biznesowych dla rozwiązywania problemu podziału zachęt • Zmiany w przepisach dotyczących lokalizacji, hałasu i pozwoleń na budowę • Rewizja zasad podejmowania decyzji w przypadku współwłasności budynków • Minimalne wymagania dotyczące efektywności energetycznej nieruchomości na wynajem lub przy ich odsprzedaży • Etykiety efektywności dla technologii grzewczych • Kampanie informacyjne skierowane do konsumentów • Niezależne i bezpłatne audyty służące podjęciu decyzji o wymianie systemu grzewczego

Tabela 3.1 ▶ Przegląd kluczowych barier utrudniających przyspieszenie wdrażania pomp ciepła oraz odpowiednich rozwiązań w ramach polityk (ciąg dalszy ...)

Bariery	Rozwiązania w ramach polityk
Strona podażowa	
Ograniczenia produkcyjne i słabe punkty łańcucha dostaw	• Długoterminowa pewność wsparcia w ramach polityk i przepisów, a także widoczność nadchodzących zmian przepisów, w tym konsultacje branżowe • Krajowe cele i plany wdrożenia pomp ciepła • Polityka przemysłowa, w tym wsparcie finansowe dla producentów • Zabezpieczenie łańcuchów dostaw komponentów pomp ciepła
Braki wykwalifikowanych instalatorów	• Integracja wymagań i kwalifikacji dla instalatorów pomp ciepła, w ramach już istniejących certyfikacji dotyczących ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC), budownictwa i zawodów elektrycznych • Zachęty mające na celu przyciągnięcie specjalistów HVAC w celu uzyskania przez nich dodatkowych certyfikatów • Wzmocnienie szkoleń prowadzonych przez producentów i uproszczenie procesu instalacji • Międzynarodowo znormalizowane systemy certyfikacji z szerokimi programami szkoleń • Krajowe cele i plany wdrożenia pomp ciepła służące budowaniu zaufania i zapewnienia profesjonalistom długoterminowych perspektyw zatrudnienia

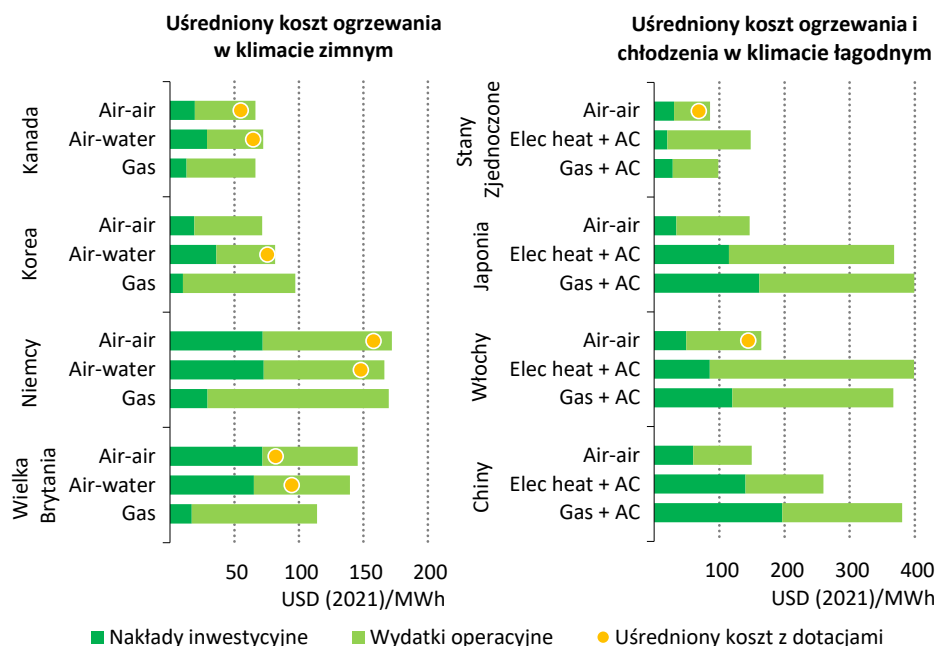
Projektowanie i dostosowywanie tych strategii politycznych do specyfiki konkretnego kraju wymaga wiarygodnych danych, których często brakuje w praktyce. W szczególności potrzebne są dane o zapotrzebowaniu na ciepło, potrzebach procesów przemysłowych i źródłach ciepła odpadowego, wraz z wykorzystaniem, na przykład, technik mapowania ciepła, a także informacji o charakterystyce zasobów budynków i systemów grzewczych, wiedzy o rozwoju rynku, kosztach instalacji i konserwacji oraz rzeczywistej efektywności zainstalowanych systemów. Rządy na całym świecie muszą zintensyfikować wysiłki na rzecz usprawnienia gromadzenia danych, aby lepiej informować zarówno o procesach kształtowania polityk, jak i o decyzjach inwestycyjnych.

3.2 Bariery kosztowe

Ogólna konkurencyjność kosztowa pomp ciepła w stosunku do innych technologii grzewczych zależy od kombinacji czynników, w tym początkowej ceny zakupu, kosztów eksploatacji i konserwacji (w tym ceny energii elektrycznej potrzebnej do ich zasilania), ich trwałości oraz zachęt finansowych, takich jak dotacje lub ulgi podatkowe. Na większości rynków pompy ciepła generalnie wiążą się z wyższymi kosztami początkowymi niż konwencjonalne urządzenia grzewcze na paliwa kopalne, takie jak kotły olejowe lub gazowe, nawet jeśli bierze się pod uwagę zachęty finansowe, ale przynoszą korzyści w postaci niższych kosztów eksploatacji w całym okresie eksploatacji ze względu na znacznie wyższą efektywność energetyczną.

Zdolność pomp ciepła do konkurowania kosztami różni się znacznie w poszczególnych krajach w zależności od różnic we wszystkich tych czynnikach. Na podstawie prognozowanych w APS średnich cen urządzeń i paliw na rok 2021 nowa pompa ciepła do ogrzewania przeciętnego domu w zimnym klimacie jest tańsza niż kocioł kondensacyjny na gaz ziemny na większości głównych rynków ciepłowniczych, często nawet bez dotacji (Rysunek 3.1). Jednak w niektórych krajach, takich jak Wielka Brytania, wymagane są dotacje na pompy ciepła, aby były one konkurencyjne kosztowo. Nawet tam, gdzie koszt pompy ciepła w całym okresie jej eksploatacji jest już najtańszym rozwiązaniem grzewczym, nadal mogą być potrzebne zachęty finansowe, w tym dotacje i niskoprocentowane pożyczki, w celu zmniejszenia początkowego obciążenia kosztami, które mogą zniechęcić właściciela budynku do zainstalowania ogrzewania w postaci pompy ciepła.

Rysunek 3.1 ▶ Uśredniony koszt ogrzewania i chłodzenia dla domowych pomp ciepła i rozwiązań alternatywnych w wybranych krajach, 2021 r.



IEA. CC BY 4.0.

Dzięki niższym kosztom eksploatacji pompy ciepła mogą konkurować z kotłami gazowymi na niektórych wiodących rynkach grzewczych, nawet bez dotacji

Uwagi: *Air-air* = pompa ciepła typu powietrze-powietrze; *Air-water* = pompa ciepła typu powietrze-woda; *Gas* = gazowy kocioł kondensacyjny; *Elec heat* = elektryczny grzejnik oporowy; *AC* = klimatyzator. Uśredniony koszt ogrzewania i chłodzenia szacuje średni koszt zapewnienia 1 MWh ogrzewania lub chłodzenia przez cały okres eksploatacji sprzętu, biorąc pod uwagę koszt inwestycyjny sprzętu i instalacji; wydatki operacyjne obejmują koszt paliwa i regularną konserwację. Analiza wykorzystuje stopniodni ogrzewania i chłodzenia dla jednego reprezentatywnego miasta w każdym reprezentatywnym kraju, a następnie wykorzystuje średnie ceny energii w tym kraju. Dla klimatu zimnego wybrano Toronto, Seul, Berlin, i Edynburg, a jako reprezentatywne miasta dla klimatu łagodnego wybrano Waszyngton, Kioto, Rzym i Szanghaj. Zastosowano średnie ceny rynkowe sprzętu i przewidywane koszty paliwa według scenariusza APS. Założono 17 lat żywotności dla kotłów gazowych, 15 lat dla pomp powietrze-powietrze i 18 lat dla pomp ciepła powietrze-woda. Założono, że żywotność elektrycznych grzejników oporowych i klimatyzatorów wynosi 10 lat.

3.2.1 Zmniejszenie kosztów początkowych

Zmniejszenie początkowych kosztów zakupu i instalacji pomp ciepła ma kluczowe znaczenie dla zwiększenia ich atrakcyjności dla konsumentów, zwłaszcza gospodarstw domowych. Koszty sprzętu różnią się znacznie w zależności od rodzaju technologii (powietrze-powietrze, powietrze-woda lub gruntowe), mocy znamionowej, jakości wykonania i funkcjonalności, a także w zależności od kraju i regionu, częściowo w zależności od dojrzałości rynku. Ten ostatni czynnik wpływa również na koszty instalacji i koszty dodatkowe, takie jak prace elektryczne i orurowanie lub zbiorniki buforowe ciepła, gdzie zapotrzebowanie na te elementy różni się znacznie w zależności od konkretnej konfiguracji każdej instalacji. Rozbieżność w kosztach pracy dodatkowo wyjaśnia różnice w kosztach początkowych w poszczególnych krajach.

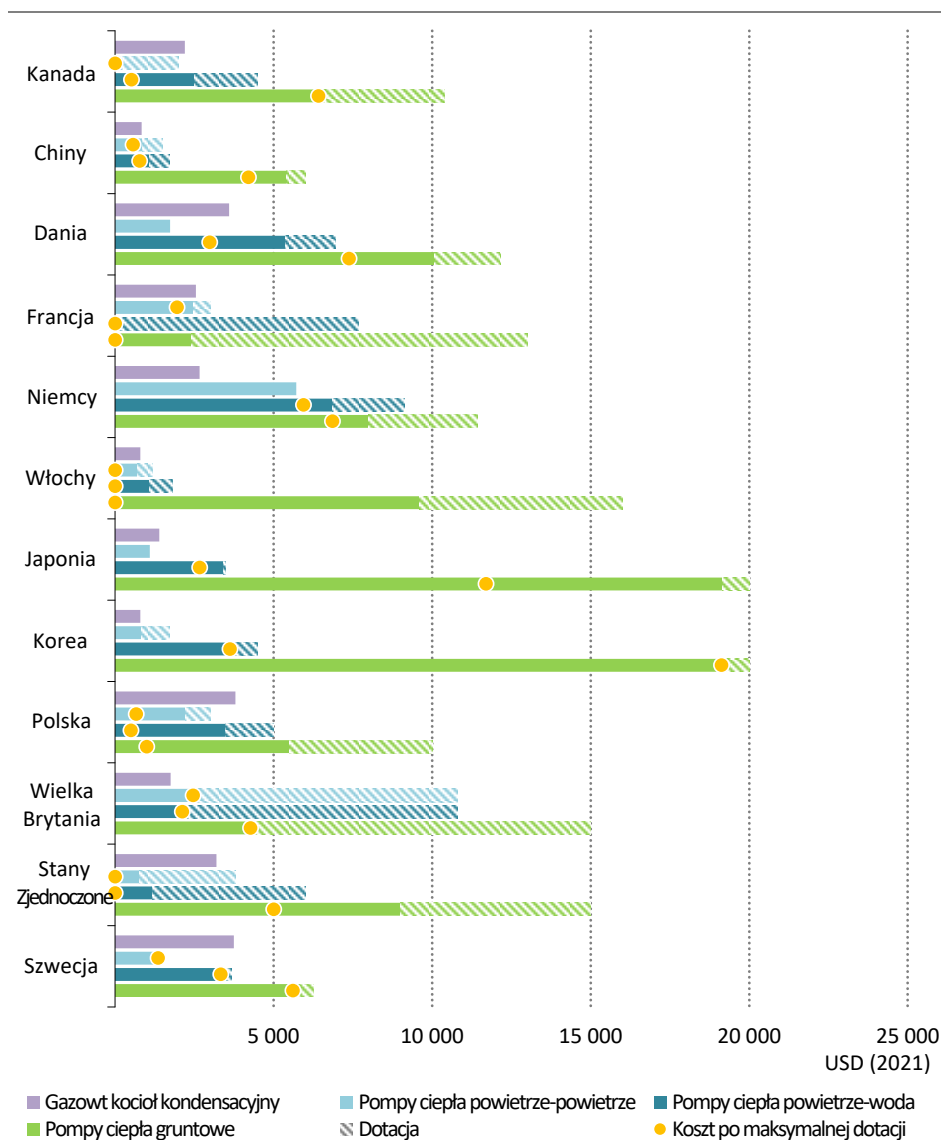
Na większości rynków początkowy koszt domowej pompy ciepła (wraz z instalacją) jest na ogół znacznie wyższy niż kotła na paliwo kopalne, chociaż różnica w kosztach jest bardzo zmienna w poszczególnych krajach i między nimi, nawet w przypadku tej samej technologii (zob. A.1 w Załączniku A). Niemniej jednak na niektórych dojrzałych rynkach, takich jak Dania i Japonia, najtańsze modele bezkanałowych pomp ciepła typu powietrze-powietrze stały się tańsze niż kotły gazowe w przypadku nowych instalacji w małych domach, w szczególności dzięki zmniejszeniu zakresu prac związanych z instalacją rur i kosztów instalacji (Rysunek 3.2). Jednak w przypadku bezkanałowych systemów powietrze-powietrze większe gospodarstwa domowe z wieloma strefami grzewczymi wymagają więcej niż jednego urządzenia, co generalnie czyni je droższymi niż kotły gazowe. Wodne pompy ciepła (powietrze-woda) są droższe niż pompy ciepła powietrze-powietrze, a nawet najtańsze modele pozostają droższe niż kotły gazowe na wszystkich głównych rynkach, z wyjątkiem Szwecji, w której wczesne wprowadzenie odpowiednich polityk umożliwiło powszechne zastosowanie pomp ciepła, obniżając koszty instalacji. Gruntowe pompy ciepła są najdroższą technologią we wszystkich krajach, ze względu na roboty ziemne lub wiercenia potrzebne do zainstalowania podziemnego wymiennika ciepła, które mogą stanowić ponad połowę całkowitej ceny systemu (choć ich znacznie większa trwałość i efektywność oznacza, że mogą być konkurencyjne na podstawie uśrednionych kosztów). Zainstalowanie odwracalnej pompy ciepła, eliminując dodatkowy koszt oddzielnego urządzenia klimatyzacyjnego, może skutecznie obniżyć koszty ogrzewania w klimatach, w których występuje zapotrzebowanie na chłodzenie przez część roku.

Wyższy koszt początkowy pomp ciepła w porównaniu z kotłami gazowymi lub olejowymi oznacza, że niektórych gospodarstw domowych po prostu nie stać na ich zakup, mimo że ich koszt całkowity może być znacznie niższy. Aby pomóc pokonać tę barierę, wiele krajów wprowadziło dotacje na pompy ciepła, aby zachęcić do ich stosowania. Biorąc pod uwagę dostępne obecnie minimalne dotacje, koszty początkowe zarówno pomp ciepła typu powietrze-powietrze, jak i typu powietrze-woda są niższe niż kotłów gazowych w niektórych krajach, w tym we Francji i Stanach Zjednoczonych. Przewaga kosztowa pomp ciepła może być jeszcze większa w przypadku gospodarstw domowych o niskich dochodach, które są uprawnione do większych dotacji, na przykład w Polsce. Dotacje są również wyższe w niektórych krajach, takich jak Kanada, dla najbardziej efektywnych modeli, które są generalnie droższe.

Przejście na pompę ciepła w istniejącym domu może wiązać się z dodatkowymi kosztami, co również może stanowić barierę w wyborze tej opcji. W starszych domach może wystąpić konieczność modernizacji instalacji elektrycznej w celu dostosowania do większego obciążenia, w zależności od poboru mocy przez pompę ciepła. Ponadto istniejące grzejniki mogą wymagać wymiany na większe lub na ogrzewanie podłogowe lub systemy ogrzewania powietrzem wymuszonym, aby pompa ciepła mogła pracować na niższych temperaturach i przynosić korzyści z większej efektywności.¹ Te koszty modernizacji mogą stanowić nawet jedną trzecią całkowitego kosztu instalacji pompy ciepła.

¹ Kotły na paliwa kopalne zazwyczaj pracują z temperaturami wyjściowymi na poziomie 60-80°C. Chociaż pompy ciepła mogą wytwarzać ciepło o temperaturze powyżej 55°C i potencjalnie do 70°C, to ich efektywność spada wraz ze wzrostem temperatury wyjściowej.

Rysunek 3.2 ▶ Koszt urządzenia i instalacji dla najtańszego modelu głównych technologii ogrzewania mieszkań w wybranych krajach, 2022 r



IEA. CC BY 4.0.

Pompy ciepła typu powietrze-powietrze mogą być tańsze niż kotły gazowe na niektórych rynkach, ale dotacje pozostają kluczem do zwiększenia konkurencyjności jednostek powietrze-woda i gruntowych

Uwagi: Koszty obejmują cenę sprzętu oraz jego montaż. Dotacje odpowiadają minimalnemu poziomowi krajowego wsparcia finansowego oferowanego gospodarstwom domowym, które kwalifikują się do niego w każdym kraju. Chiny i Japonia nie oferują dotacji na poziomie krajowym. Niektóre kraje, jak np. Włochy, oferują dotacje, które w niektórych przypadkach mogą przekroczyć cenę zakupu.

Tabela 3.2 ► Zakres mechanizmów wsparcia finansowego dla domowych pomp ciepła na całym świecie, 2022 r

Rodzaj wsparcia finansowego i najważniejsze cechy	Liczba krajów	Udział w całości ogrzewania pomieszczeń mieszkalnych
Dotacje	30	70%
Wsparcie kwalifikujące się tylko do pomp ciepła.....		
stosowanych głównie do produkcji ciepła	27	47%
instalowanych w starszych mieszkaniach	20	28%
w pełni zasilanych energią elektryczną (z wyłączeniem hybryd)	16	11%
przy wymianie systemów grzewczych na paliwa kopalne	12	34%
zainstalowanych w głównym miejscu zamieszkania	12	15%
Kwota bazowa ustalona...		
jako udział w wydatkach i ograniczona maksymalną kwotą	16	39%
w zależności od technologii pompy ciepła	10	16%
w zależności od innych czynników	6	3%
Dodatkowe wsparcie dla...		
bardziej efektywnych technologii	18	29%
gospodarstw domowych o niższych dochodach	12	34%
pomp ciepła instalowanych w domach, a nie w mieszkaniach	4	2%
pomp ciepła instalowanych na obszarach o niekorzystnych warunkach zagospodarowania (np. brak sieci ciepłowniczej)	4	2%
pomp ciepła zastępujących systemy ogrzewania na paliwa kopalne	3	7%
Zwrot podatku dochodowego	9	33%
Wsparcie kwalifikujące się tylko do pomp ciepła...		
instalowanych w starszych mieszkaniach	5	12%
instalowanych w głównym miejscu zamieszkania	3	6%
Kwota bazowa ustalona...		
jako udział w cenie zakupu/instalacji i ograniczona poziomem maksymalnym	7	30%
równa cenie zakupu	2	2%
wyższa niż cena zakupu/instalacji w zależności od efektywności/oszczędności energii	1	3%
Dodatkowe wsparcie dla...		
pomp ciepła zastępujących system ogrzewania na paliwa kopalne	1	<1%
Zwrot podatku VAT	5	12%
Stawka podatku VAT...		
obniżona przy zakupie i/lub montażu pompy ciepła	5	12%
równa zero przy zakupie i/lub montażu pompy ciepła	1	4%
Nisko oprocentowane pożyczki	24	29%
Pożyczki z...		
niskim oprocentowaniem i specjalnymi warunkami dotyczącymi kwoty i terminu zapadalności	20	18%
zerowym oprocentowaniem i specjalnymi warunkami dotyczącymi kwoty i terminu zapadalności	7	13%

Uwaga: Analiza oparta na politykach na poziomie krajowym, z wyjątkiem Japonii i Chin, gdzie istnieją tylko systemy subkrajowe, ale pokrywają znaczną część krajowego zapotrzebowania na ogrzewanie pomieszczeń.

Istnieje szeroki zakres i różnorodność systemów zachęt finansowych dostępnych w wybranych krajach, w których występuje zapotrzebowanie na ogrzewanie, odzwierciedlający różnice w woli politycznej, krajowej strategii politycznej i czynnikach lokalnych (Tabela 3.2). W wielu krajach wsparcie finansowe dla instalacji pomp ciepła jest dostępne tylko w przypadku złomowania istniejących kotłów na paliwa kopalne. Kraje te łącznie odpowiadają za ponad jedną trzecią światowego zapotrzebowania na ogrzewanie.

Dotacje są najczęściej stosowanym narzędziem politycznym i są obecnie dostępne w 30 krajach, które łącznie odpowiadają za 70% światowego zapotrzebowania na ogrzewanie pomieszczeń. W niektórych krajach dotacje pokrywają większość, jeśli nie całość, kosztów zakupu i instalacji pompy ciepła dla gospodarstw domowych o niskich dochodach. Niektóre kraje, w tym Francja i Wielka Brytania, obniżyły lub całkowicie zniosły podatek VAT na alternatywy dla kotłów gazowych. W niektórych krajach stosuje się ulgi podatkowe. Na przykład włoski program Superbonus zapewnia ulgę podatkową w wysokości do 110% kosztów znacznej modernizacji budynku, która może obejmować pompy ciepła. Jednak, w przeciwieństwie do dopłat bezpośrednich i dotacji, ulgi podatkowe docierają do konsumentów z opóźnieniem, często dwuletnim, albo nawet przeciągającym się do pięciu lat. W wielu krajach powszechnie dostępne są pożyczki niskooprocentowane lub nieoprocentowane, ekologiczne kredyty hipoteczne i specjalne systemy spłaty kredytu (np. w przypadku projektów gruntowych pomp ciepła o średniej i dużej skali, w niektórych krajach, zwłaszcza we Francji, stosowane są schematy mające na celu ograniczenie ryzyka finansowego związanego z odwiertami (Georisk, 2021 r.)). Samo uzyskanie informacji o kwalifikowaniu się do różnych rodzajów oferowanego wsparcia finansowego i jak się o nie ubiegać, może być zniechęcające dla konsumentów, dlatego niektóre kraje utworzyły „punkty obsługi kompleksowej”, aby to ułatwić. Electric Ireland Superhomes to tylko jeden z przykładów.

Inne podejścia polityczne mogą również pomóc obniżyć początkowy koszt zakupu i instalacji pompy ciepła. Właściwe otoczenie regulacyjne może umożliwić wdrożenie nowych modeli biznesowych i finansowych, które zmniejszą obciążenia finansowe konsumentów poprzez zmniejszenie lub wyeliminowanie kosztów początkowych ponoszonych przez konsumenta, a zamiast tego pozwolą im spłacać te koszty w trakcie użytkowania, np. jak w modelu wynajmu lub w modelu ciepła jako usługi (patrz następny rozdział). W stosownych przypadkach organy regulacyjne powinny usunąć inne początkowe bariery utrudniające przyjęcie, takie jak opłaty za odłączenie sieci gazowej.

Oczekuje się, że realny koszt zakupu i instalacji pompy ciepła będzie stopniowo spadał przez pozostałą część bieżącej dekady, w miarę rozwoju rynków i korzystania przez dostawców z ekonomii skali. Największymi składnikami kosztów w produkcji pompy ciepła są sprężarka, wymiennik ciepła i elektronika, które razem stanowią około dwóch trzecich kosztu powietrznej pompy ciepła (US DOE, 2016). Istnieje znaczny potencjał obniżenia kosztów produkcji poprzez automatyzację na dużą skalę, jednak potrzebne są silne i stabilne sygnały polityczne, aby producenci zdecydowali się na znaczne inwestycje wymagane do zwiększenia mocy produkcyjnych. Działania ogólnobranżowe, takie jak standaryzacja części i testów kontroli jakości, mogą pomóc przyspieszyć te spadki, co może obniżyć koszty komponentów, instalacji oraz napraw i konserwacji. Producenci mogą również opracowywać konstrukcje typu plug-and-play, aby instalacja była szybsza, łatwiejsza i tańsza. Ukierunkowanie na seryjne instalacje w podobnych budynkach w tej samej okolicy – opierając się na przykład na wywodzącym się z Holandii podejściu Energiesprong do modernizacji budynków pod kątem efektywności energetycznej – może pomóc w uwspólnianiu kosztów logistycznych (Energiesprong, 2021 r.). Oczekuje się, że na bardziej dojrzałych rynkach rosnąca konkurencja wśród instalatorów będzie wywierać presję na obniżenie kosztów.

Ogólnie rzecz biorąc, całkowite koszty początkowe pomp ciepła mogą potencjalnie spaść o jedną piątą na większości rynków w ciągu tej dekady i nawet o 40% w niektórych krajach, takich jak Niemcy (Heptonstall i Winskel, w przygotowaniu; Agora Energiwende, 2022 r.). Perspektywy kosztów pozostają jednak wysoce niepewne ze względu na wpływ innych czynników, które mogą przeciwdziałać opisanym powyżej trendom, takich jak zaostreżenie przepisów dotyczących charakterystyki energetycznej pomp ciepła i dopuszczalnych rodzajów czynników chłodniczych, a także wyższe koszty modernizacji, ponieważ pompy ciepła są stopniowo wdrażane w istniejących budynkach, które wymagają gruntownej modernizacji energetycznej.

Ramka 3.1 ► Finansowanie EBOR dla pomp ciepła

Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju (EBOR) wspiera szybkie wdrażanie pomp ciepła jako metodę dekarbonizacji systemów grzewczych. Za pośrednictwem instrumentu finansowania zielonej gospodarki (Green Economy Financing Facility), EBOR współpracuje z siecią ponad 170 lokalnych instytucji finansowych i 2300 dostawców technologii, aby wspierać przedsiębiorstwa i właścicieli domów pragnących inwestować w zielone technologie. Zainwestował już bezpośrednio ponad 80 milionów euro w szereg projektów, zwłaszcza w Europie Wschodniej i Południowo-Wschodniej, umożliwiając instalację 30 000 pomp ciepła. Ponadto fundusze pożyczkowe wsparły wdrożenie pomp ciepła w ramach programów modernizacji budynków ukierunkowanych na efektywność energetyczną w Polsce i Rumunii.

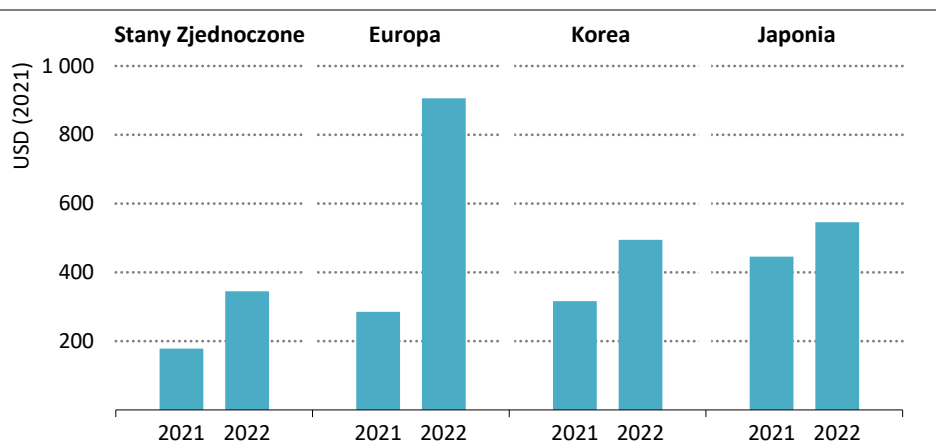
Aby wesprzeć wdrażanie pomp ciepła, EBOR opiera się na czterech głównych dźwigniach:

- Wspieranie analiz dla pomp ciepła w celu optymalizacji skalowania technologii na określonych rynkach.
- Współpraca z rządami w celu usunięcia barier we wdrażaniu pomp ciepła i pomoc w zwiększaniu norm efektywności.
- Wspieranie klientów infrastruktury komunalnej w instalacji pomp ciepła na skalę przemysłową do sieci ciepłowniczych – zwłaszcza na Bałkanach Zachodnich – oraz pomp ciepła w sektorze budynków w ramach zarówno głębokich modernizacji energetycznych, jak i nowych projektów budowlanych.
- Wzmocnienie finansowania zielonej gospodarki poprzez sektor bankowy.

3.2.2 Zmniejszenie kosztów operacyjnych

Już przed obecnym kryzysem energetycznym koszty eksploatacji pomp ciepła były niższe niż kotłów gazowych na głównych rynkach grzewczych (Rysunek 3.3). W Europie ta przewaga wzrosła w ostatnich miesiącach, oszczędzając przeciętnemu europejskiemu gospodarstwu domowemu ponad 900 USD rocznie. Wynika to z faktu, że opłaty gospodarstw domowych za energię elektryczną generalnie wzrosły mniej, niż opłaty za gaz, częściowo z powodu interwencji rządowych mających na celu stłumienie wzrostu cen.

Rysunek 3.3 ▶ Oszczędności na rachunkach za energię w gospodarstwach domowych przechodzących z kotła gazowego na pompę ciepła w wybranych regionach/krajach, 2021 i 2022 r.



IEA. CC BY 4.0.

Rosnące ceny gazu zwiększyły w większości krajów przewagę kosztową użytkowania pompy ciepła nad kotłem gazowym

Uwaga: Oszczędności na rachunkach za energię w 2022 r. uwzględniają interwencje polityczne do września 2022 r. mające na celu ograniczenie wzrostu cen, w tym obniżki podatku VAT, dotacje bezpośrednie oraz pułapy podwyżek cen energii elektrycznej i gazu. Analiza opiera się na średnich cenach energii elektrycznej i gazu w regionach/krajach oraz średnim zapotrzebowaniu gospodarstw domowych na ogrzewanie pomieszczeń i ciepłą wodę w reprezentatywnych miastach w poszczególnych regionach/krajach (Detroit, Sztokholm, Seul, Niigata).

Źródło: Analiza IEA na podstawie Energie-Control Austria, MEKH i VaasaETT (2022 r.).

W niektórych krajach nadal istnieją znaczne możliwości zreformowania podatków paliwowych, w których gaz nadal korzysta z korzystniejszego opodatkowania niż energia elektryczna. Inne podjęły kroki w celu zrównoważenia podatków. Na przykład reforma podatkowa w Holandii obniżyła stawki podatku od energii elektrycznej, podczas gdy podatki od zużycia gazu zostały podwyższone, dzięki czemu pompy ciepła są jeszcze tańsze w eksploatacji niż kotły gazowe. Zakaz przyłączania gazu do nowych budynków został wprowadzony w 2018 roku, co już doprowadziło do wzrostu zapotrzebowania na pompy ciepła (RAP, 2022a). W Danii, gdzie podatki stanowiły ponad połowę ceny energii elektrycznej w budynkach mieszkalnych w 2021 r., właściciele domów i najemcy płacą niższą stawkę podatku wynoszącą zaledwie 0,1 eurocenta za kilowatogodzinę energii elektrycznej, jeśli ich dom jest ogrzewany pompą ciepła (IEA, 2021 r.).

Ceny uprawnień do emisji dwutlenku węgla mogą również pomóc w wyrównaniu szans między technologiami opartymi na paliwach kopalnych i technologiach niskoemisyjnych oraz mogą znacznie poprawić konkurencyjność pomp ciepła, w szczególności w regionach o niskoemisyjnym wytwarzaniu energii elektrycznej. Obecnie ponad 20 krajów na całym świecie ustala cenę emisji CO₂ w sektorze budynków (Bank Światowy, 2022 r.). W Szwecji wprowadzenie podatku od emisji dwutlenku węgla w 1991 r. i późniejsze stałe podwyżki stawek podatkowych doprowadziły do przestawienia się na dużą skalę z kotłów olejowych na pompy ciepła. Szwedzka cena emisji osiągnęła 118 euro za tonę CO₂ w 2022 roku i była jedną

z najwyższych na świecie. W rezultacie kotły olejowe zostały w dużej mierze wycofane, a pompy ciepła stanowią obecnie ponad 90% sprzedaży systemów grzewczych.

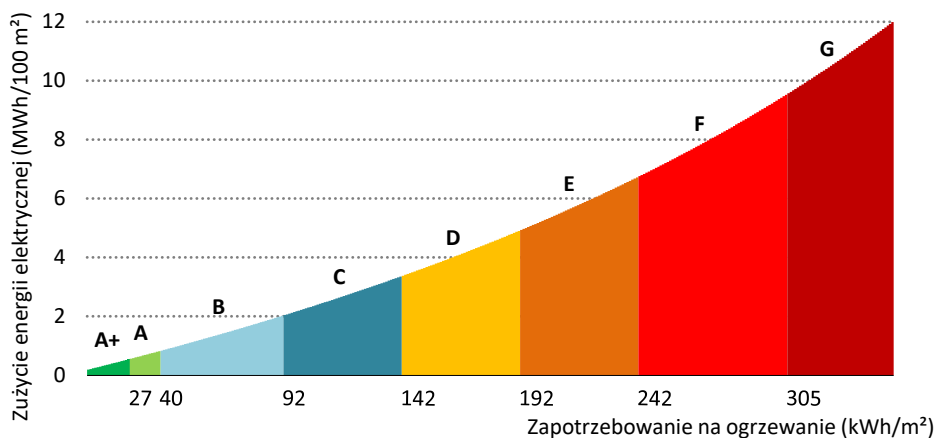
We wszystkich przypadkach polityka dotycząca opodatkowania energii i ustalania cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla musi uwzględniać wpływ na dystrybucję. Konieczne mogą być środki kompensacyjne mające na celu ochronę najbardziej narażonych grup społecznych, które można sfinansować z dodatkowych dochodów generowanych przez wyższe podatki paliwowe i/lub węglowe. Dochód ten może być również wykorzystany do dotowania pomp ciepła i innych technologii czystej energii.

Taryfy energii elektrycznej mogą być również zaprojektowane w sposób zmniejszający koszty eksploatacji pomp ciepła. Bezwładność cieplna budynków i zbiorników ciepłej wody użytkowej daje znaczny potencjał elastycznej eksploatacji pomp ciepła, umożliwiając im zużywanie energii elektrycznej poza godzinami szczytu. Elastyczność tę należy doceniać poprzez stosowanie wieloczasowych lub dynamicznych taryf za energię elektryczną oraz zautomatyzowane działanie. Na przykład Electric Ireland oferuje taryfę nocną, która jest o połowę niższa od stawki dziennej, umożliwiając właścicielom pomp ciepła zaprogramowanie ich urządzeń do pracy zwłaszcza w nocy (Electric Ireland, 2022 r.). Zintegrowane funkcje pomiaru, komunikacji i aktywnego sterowania mogą zwiększyć potencjał pomp ciepła w zakresie reagowania na zapotrzebowanie i zminimalizować koszty operacyjne. Może to również pomóc w zrównoważeniu całego systemu elektroenergetycznego i zmniejszeniu wpływu wdrożenia pomp ciepła na dużą skalę na zapotrzebowanie szczytowe. Elastyczne działanie może również umożliwić połączenie pomp ciepła z fotowoltaiką na dachu, co może jeszcze bardziej obniżyć koszty operacyjne, choć wiąże się ze znacznymi kosztami początkowymi.

Poprawiona efektywność energetyczna może również obniżyć koszty eksploatacji. Dobrze izolowane budynki i efektywne pompy ciepła, do których można zachęcać poprzez minimalne normy parametrów energetycznych i etykietowanie, mają zasadnicze znaczenie dla zmniejszenia mocy pompy ciepła potrzebnej do ogrzania określonej przestrzeni i objętości wody, a tym samym obniżenia kosztów eksploatacji, jak również ich instalacji. Pozwala to również na uzyskanie niższych temperatur zasilania, co umożliwia efektywniejszą i tańszą pracę pomp ciepła. Stwierdzono, że w Danii zużycie energii elektrycznej przez pompy ciepła jest nawet 30 razy niższe w domach o najwyższym wskaźniku efektywności w porównaniu z najniższym wskaźnikiem efektywności (Rysunek 3.4). Poprawa efektywności energetycznej domu o dwie klasy (np. z D do B) może zmniejszyć o połowę zapotrzebowanie na energię grzewczą, oszczędzając pieniądze konsumentów. Raport IEA Energy Efficiency Market Report 2022 bardziej szczegółowo omawia powiązanie izolacji cieplnej i pomp ciepła (IEA, 2022a).

Koszty eksploatacji pompy ciepła zależą również od tego, jak dobrze jest ona obsługiwana i konserwowana. Istotne jest, aby właściciel pompy ciepła był poinformowany o prawidłowej obsłudze i potrzebie właściwej konserwacji przez wykwalifikowanych techników, tak aby działała efektywnie i przy optymalnych kosztach przez cały okres eksploatacji. Powietrzne pompy ciepła mogą z czasem ulec zatkanie brudem, co prowadzi do zwiększonego zużycia energii elektrycznej i przedwczesnego zużycia urządzenia, a także do głośniejszej pracy. Czynniki chłodnicze mają również tendencję do wyciekania z upływem czasu, co zmniejsza efektywność, a także przyczynia się do zmian klimatu (patrz Rozdział 2). Systemy ostrzegania o wycieku czynnika chłodniczego są obecnie dostępne na rynku dla dużych pomp ciepła; wdrożenie do systemów mieszkaniowych może pomóc użytkownikom zidentyfikować przyczynę utraty efektywności i wydajności i uniknąć emisji gazowego czynnika chłodniczego.

Rysunek 3.4 ► Roczne zużycie energii elektrycznej przez pompę ciepła według klasy efektywności energetycznej budynku w Danii, 2022 r



IEA. CC BY 4.0.

Zużycie energii elektrycznej przez pompy ciepła w Danii jest do 30 razy niższe w domach z najwyższą klasą efektywności energetycznej w porównaniu z domami z najniższą klasą efektywności energetycznej

Uwagi: m² = metr kwadratowy. Wartości bezwzględne oparte są na duńskiej klasyfikacji budynków. Wartości progowe dla klas zależą od lokalnych warunków klimatycznych. Klasa A2015 jest prezentowana jako A, klasa A2020 jest przedstawiana jako A+.

Zużycie energii elektrycznej odnosi się do powierzchni użytkowej 100 m².

Źródło: Prezentacja IEA na podstawie Duńskiej Agencji Energii (2022 r.).

3.3 Pozakosztowe przeszkody w upowszechnieniu wśród konsumentów

Oprócz kosztów istnieje szereg innych przeszkód utrudniających upowszechnienie pomp ciepła wśród konsumentów, w szczególności ograniczenia związane z instalacją pompy ciepła, brak informacji o korzyściach płynących z pomp ciepła oraz podział zachęt między właścicielami budynków a najemcami. Chociaż bariery te są z natury mniej konkretne niż koszty, w znacznym stopniu przyczyniają się do niechęci wielu konsumentów do wyboru pompy ciepła zamiast innych systemów grzewczych. Niepodjęcie działań w celu rozwiązania tych problemów może zniechęcić dużą liczbę konsumentów i wstrzymać wdrożenie technologii. Wiele krajów opracowało programy mające na celu usunięcie niektórych barier. Konieczne są dalsze wysiłki w celu ich wzmocnienia i szerszego zastosowania.

3.3.1 Ograniczenia dotyczące nowych instalacji

Instalacja pompy ciepła podlega wielu uwarunkowaniom, dopuszczeniom i ograniczeniom praktycznym w większości krajów. Instalacja musi być zgodna z regulacjami i przepisami budowlanymi, przeciwpożarowymi, dotyczącymi użytkowania gruntów i elektryczności. Może również wymagać zgody właścicieli domów lub spółdzielni mieszkaniowych, które mogą być zaniepokojone estetyką i hałasem, a także władz lokalnych w ramach zgodności z zasadami planowania przestrzennego. Mniejsze gospodarstwa domowe, zwłaszcza w budynkach wielorodzinnych, mogą nie mieć zewnętrznej przestrzeni potrzebnej do

zainstalowania pompy ciepła (choć istnieją scentralizowane rozwiązania pomp ciepła [IEA, 2022b]), mogą wystąpić problemy z przymocowaniem jednostki zewnętrznej ze sprężarką do elewacji budynku. Uzyskanie zezwoleń i projektowanie systemów w celu uniknięcia praktycznych ograniczeń może być czasochłonne i kosztowne, co może prowadzić do zmiany zdania przez niektórych konsumentów w trakcie procesu. W przypadku wodnych pomp ciepła wykorzystujących ciepło odpadowe ze ścieków w sieciach ciepłowniczych lub zastosowaniach komercyjnych przepisy mogą zabraniać kierowania ścieków z rur kanalizacyjnych przez wymiennik ciepła.

Niektóre kraje złagodziły procedury wydawania pozwoleń dla pomp ciepła, aby zachęcić do ich wdrażania. Na przykład w Czechach zewnętrzne pompy ciepła o mocy do 20 kW dla budynków mieszkalnych są obecnie zwolnione z obowiązku uzyskania pozwolenia na budowę. Komisja Europejska zaproponowała niedawno nałożenie krótszych terminów na proces wydawania pozwoleń na pompy ciepła w całej Unii Europejskiej (Komisja Europejska, 2022 r.). Wiele krajów nie wymaga również pozwolenia na budowę dla małych pomp ciepła. Niektóre kraje złagodziły procedury uzyskiwania pozwoleń w przypadku budynków wielorodzinnych, w sytuacji instalowania pomp ciepła i innych czystych technologii. W przypadku gruntowych pomp ciepła, które mogą podlegać ograniczeniom dotyczącym głębokości odwiertów na mocy przepisów dotyczących pionowych gruntowych wymienników ciepła, niektóre rządy zwiększyły dozwolone głębokości, aby umożliwić większą liczbę instalacji. Mapy geotermalne, które identyfikują i klasyfikują obszary zgodnie z dostępnością ciepła geotermalnego i wymogami prawnymi, mogą pomóc usprawnić procedury wydawania pozwoleń i licencjonowania dla projektów gruntowych (geotermalnych) pomp ciepła (BRGM, 2022 r.).

Jednak w większości jurysdykcji pozostaje wiele innych ograniczeń. Konieczny jest kompleksowy przegląd wszystkich przepisów, kodeksów i procesów zatwierdzania mających zastosowanie do pomp ciepła w celu zidentyfikowania zbędnych lub uciążliwych ograniczeń, które nie poprawiają znacząco zdrowia, bezpieczeństwa, warunków życia ani innych wyników. Proces ten może być złożony i obejmować dużą liczbę władz lokalnych, krajowych i międzynarodowych, dlatego musi być prowadzony przez silny, scentralizowany organ. Wymiana doświadczeń w tej dziedzinie między krajami może odegrać ważną rolę w promowaniu najlepszych praktyk w zakresie usuwania biurokracji.

3.3.2 *Brak wiarygodnych informacji*

Uzyskanie rzetelnych informacji o pompach ciepła ma kluczowe znaczenie dla decyzji konsumenta o wyborze tej technologii zamiast innych rozwiązań grzewczych. Proces porównywania opcji pomp ciepła, wyboru instalatora, uzyskiwania pozwoleń i kwalifikowania się do odpowiednich dotacji może być bardzo złożony i czasochłonny. W ankietach wielu konsumentów, którzy rozważali zakup pompy ciepła, wymieniło te bariery jako powody, dla których ostatecznie zdecydowali się nie kontynuować procesu (dena, 2022 r.).

Etykiety energetyczne są kluczowym środkiem pomagającym konsumentom w wyborze najbardziej energooszczędnych rozwiązań grzewczych. W większości przypadków etykietowanie energetyczne jest obowiązkowe tam, gdzie obowiązują minimalne normy efektywności energetycznej dla technologii grzewczych i chłodniczych (110 krajów przyjęło takie normy lub planuje to zrobić). Oprócz efektywności energetycznej etykiety powinny zawierać informacje dotyczące gotowości do użycia urządzeń inteligentnych, możliwości recyklingu i redukcji hałasu, aby były wskazówką dla konsumentów. Kampanie informacyjne i uświadamiające można również wykorzystać do obalenia błędnych przekonań wśród konsumentów na temat osiągnięć pompy ciepła. Wielu konsumentów nie zdaje sobie sprawy ze znaczących polepszeń osiągnięć pomp ciepła w ostatnich latach, w tym dotyczących

efektywności i hałasu. Inicjatywy promujące dialog na poziomie społeczności mogą również zwiększyć zaufanie konsumentów do technologii, pozwalają dzielić się zdobytymi doświadczeniami i przekazywać informacje właścicielom domów rozważającym przejście na pompę ciepła (RAP, 2022b). Niektóre kraje opowiadają się za korzystaniem z „punktów obsługi kompleksowej”, które pomagają konsumentom porównać opcje, oszacować koszty eksploatacji, wybrać zatwierdzonego instalatora, uzyskać finansowanie i ubiegać się o dotacje. Mogą być szczególnie przydatne w pomaganiu konsumentom w dokonaniu świadomego wyboru w przypadku „kupowania w trudnej sytuacji”, gdy pilna potrzeba wymiany istniejącego systemu grzewczego w przypadku jego nagłej awarii sprawia, że większość konsumentów po prostu decyduje się na wymianę istniejącego sprzętu grzewczego bez zastanawiania się nad alternatywami. Zakupy w trudnej sytuacji mogą stanowić nawet 60% wszystkich zakupów sprzętu grzewczego w niektórych krajach (Nesta, 2021 r.). „Punkty obsługi kompleksowej” mogą również pomóc instalatorom w dotarciu do potencjalnych klientów. Alternatywne podejście polega na wymaganiu od przedsiębiorstw energetycznych dostarczania narzędzi porównawczych obsługiwanych przez stronę trzecią za pośrednictwem programów efektywnościowych lub wymaganiu od przedsiębiorstw energetycznych, producentów lub sieci instalatorów udziału w kosztach takich inicjatyw. Oferowanie bezpłatnych audytów energetycznych przeprowadzanych przez osoby trzecie, które mogą być postrzegane jako bardziej godne zaufania niż porady udzielane przez samo przedsiębiorstwo energetyczne, może również pomóc konsumentom w podjęciu świadomej decyzji o wymianie systemu grzewczego.

3.3.3 Podział zachęt między właścicieli budynków i najemców

Podział zachęt między właścicielami budynków i najemców jest częstą przeszkodą dla inwestycji w efektywność energetyczną budynków, w tym w przyjmowanie bardziej efektywnych systemów grzewczych, takich jak pompy ciepła. Właściciel budynku może obawiać się większych wydatków na pompę ciepła, jeśli nie jest pewien, czy będzie w stanie odzyskać koszty poprzez wyższy czynsz lub wyższą wartość odsprzedaży nieruchomości na późniejszym etapie, chociaż pompy ciepła mogą dodać znaczną premię do ceny sprzedaży nieruchomości (Shen, 2021 r.). Aby zwiększyć zachęty dla właścicieli domów do inwestowania w pompy ciepła i inne technologie wykorzystujące czystą energię, niektóre rządy przyjęły przepisy, które umożliwiają właścicielom domów podwyższenie czynszu brutto o określony procent oszczędności na kosztach ogrzewania, aby uzyskiwane korzyści mogły być dzielone między właściciela i najemcę. Minimalne wymagania w zakresie efektywności energetycznej dla wynajmowanych nieruchomości lub przy transakcjach sprzedaży mogą również stanowić zachętę do inwestowania w pompy ciepła. Na przykład we Francji nieruchomości o efektywności energetycznej w najniższej klasie (G) nie będą już mogły być wynajmowane od 2023 r., a wynajem mieszkań o klasach F i G zostanie zamrożony, co będzie zniesione, jeśli zostaną zmodernizowane, aby osiągnąć co najmniej ocenę E.

Modele finansowania, takie jak umowy warunkowane poprawą efektywności energetycznej (energy performance contracts) i umowy na ciepło jako usługę (heat-as-a-service contracts), które zmniejszają lub eliminują początkowe koszty inwestycji, mogą również pomóc w pokonaniu barier motywacyjnych. Obejmują one umowę między właścicielem budynku a najemcą, na mocy której ryzyko finansowe, czy też związane z efektywnością lub kwestiami technicznymi dotyczącymi inwestycji w pompę ciepła, jest przenoszone na wyspecjalizowaną firmę świadczącą usługi energetyczne lub zakład energetyczny, który odzyskuje koszty początkowe w postaci regularnej opłaty przez określony czas, w niektórych przypadkach w oparciu o rzeczywiste oszczędności energii (Tabela 3.3). Większość modeli dostępnych obecnie na głównych rynkach grzewczych ma na celu zaoferowanie alternatywy dla kredytów. W niektórych przypadkach pompa ciepła pozostaje własnością firmy świadczącej usługi energetyczne, zmniejszając ryzyko finansowe dla właściciela nieruchomości.

Tabela 3.3 ▶ Główne modele biznesowe ułatwiające upowszechnienie pomp ciepła

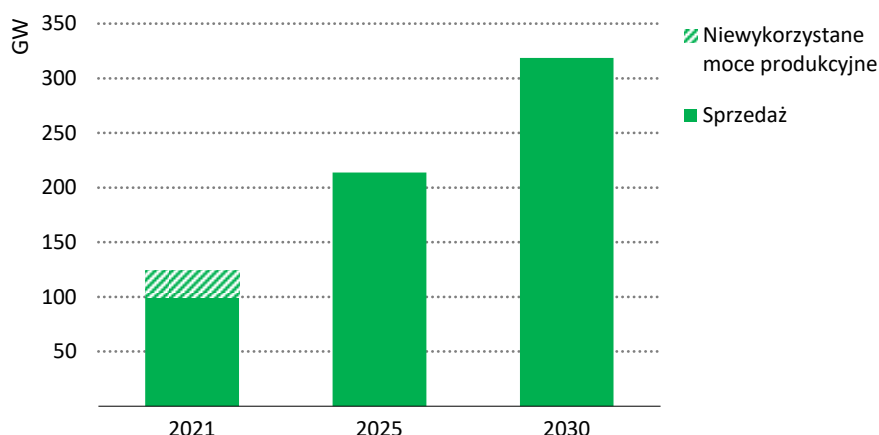
Model	Opis	Przykłady
Umowy o poprawę efektywności energetycznej (EPC)	Firma świadcząca usługi energetyczne (ESCO) instaluje, posiada i obsługuje pompę ciepła w ramach długoterminowej umowy EPC z klientami komercyjnymi w oparciu o wspólny model oszczędzania energii lub gwarancję oszczędności energii.	Używany w ramach brytyjskiego programu zachęt dla ciepła odnawialnego
Ciepło jako usługa (Heat-as-a-service, HaaS)	Pompa ciepła, jej konserwacja i ciepło są dostarczane przez wyspecjalizowane firmy ESCO spółdzielniom mieszkaniowym, właścicielom gospodarstw domowych lub przedsiębiorstwom użyteczności publicznej w perspektywie długoterminowej jako usługa wiązana, za którą płaci się w ramach pojedynczej opłaty abonamentowej z gwarantowanymi oszczędnościami.	Testowana w wielu krajach, zwłaszcza w Europie
Płatność za efekty (Pay-for-performance)	Klient płaci stałą opłatę za wynajem sprzętu – pompy ciepła w oparciu o oszczędności energii.	Używana w niektórych stanach USA, takich jak Kalifornia, Oregon i Nowy Jork
Finansowanie poprzez rachunek (On-bill financing)	Koszt instalacji i sprzętu – pompy ciepła – pokrywa długoterminowy kredyt spłacany poprzez rachunek za media i zabezpieczony nieruchomością, który może zostać przeniesiony na przyszłych najemców.	Używany w kilku prowincjach kanadyjskich
Nieruchomość z certyfikatem czystej energii	Instalacja pompy ciepła w nieruchomości mieszkalnej lub komercyjnej jest finansowana z kredytu, który jest zabezpieczony nieruchomością i spłacany jako dodatek do podatku od nieruchomości przez 10-20 lat, co pozwala na łatwiejsze przejście na przyszłych najemców i korzystniejsze oprocentowanie.	Szeroko stosowany w Ameryce Północnej
Konwencjonalna umowa dzierżawy sprzętu	Pompa ciepła jest dzierżawiona właścicielowi nieruchomości na z góry określony okres, po którym własność pompy przechodzi na użytkownika.	Dostępna w Niemczech i kilku innych krajach
Kredyty pośrednie w zakresie czystej energii	Duży bank pożycza pieniądze małemu lokalnemu bankowi, aby ten udzielał kredytów właścicielom budynków inwestujących w pompy ciepła. Model ten umożliwia kierowanie dużych wolumenów finansowania do wielu okazji inwestycyjnych o małej skali.	Szeroko stosowany przez wielostronne banki rozwoju, takie jak EBOR, który korzysta z Selektora Zielonych Technologii – bazy danych technologii, które kwalifikują się do wsparcia bez dodatkowego zatwierdzenia – w celu przyspieszenia decyzji finansowych

Źródła: Catapult Energy Systems (2022 r.); Urban (2021 r.); EBOR (2022 r.).

3.4 Ograniczenia produkcyjne

Przyspieszenie wdrażania pomp ciepła na całym świecie na skalę przewidzianą w scenariuszu APS zależy od ogromnej rozbudowy mocy produkcyjnych. Zdolność producentów do zaspokojenia rosnącego popytu może być ograniczona przez różne czynniki, w tym dostępność materiałów i komponentów, otoczenie biznesowe i inwestycyjne oraz ograniczenia regulacyjne i prawne. Chociaż nie jest to główny cel tego raportu, decydenci muszą być świadomi tych potencjalnych ograniczeń i określić sposoby pomocy sektorowi prywatnemu w ich rozwiązaniu. Obecnie większość sprzedawanych na świecie pomp ciepła jest produkowana w Chinach, Stanach Zjednoczonych, Europie, Japonii i Korei. Obecnie istnieją niewykorzystane moce produkcyjne w istniejących fabrykach, w 2021 r. wynosiły one ok. 20% łącznych mocy produkcyjnych, ale nie wystarczą nawet na zaspokojenie prognozowanego wzrostu sprzedaży w ciągu dwóch lat, według APS (Rysunek 3.5). Dostawy podstawowych materiałów i specjalistycznych komponentów, w tym sprężarek, wymienników ciepła i czynników chłodniczych, również muszą zostać szybko zwiększone.

Rysunek 3.5 ▶ Bieżąca i prognozowana sprzedaż pomp ciepła według APS oraz niewykorzystane moce produkcyjne w dniu dzisiejszym



IEA. CC BY 4.0.

Niewykorzystane moce produkcyjne pomp ciepła, choć stanowią około 20% mocy całkowitych, nie wystarcząby nawet na zaspokojenie wzrostu sprzedaży według APS przez dwa lata

Źródło: Analiza IEA za 2021 r. na podstawie danych Global Research View.

Ograniczenia w łańcuchu dostaw w ciągu ostatnich dwóch lat już wpływają na produkcję pomp ciepła i kluczowych komponentów, zwłaszcza półprzewodników i układów scalonych. Globalne niedobory już podniosły koszty i spowolniły produkcję w branży ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC). Wyższe ceny miedzi, stali, aluminium, srebra do spawania i niektórych tworzyw sztucznych również podnoszą koszty (First Citizens Bank, 2022 r.). Niektóre z tych materiałów, zwłaszcza miedź, będą nadal bardzo poszukiwane w ramach transformacji ku czystej energii. Powietrzne pompy ciepła do zastosowań mieszkaniowych zawierają około 15 do 20 kilogramów miedzi, głównie w rurach i zaworach, co stanowi około 10% całkowitego kosztu urządzenia (International Copper Alliance, 2022; GOV.UK, 2016).

Branża bada wykorzystanie aluminiowych alternatyw dla miedzi w kluczowych komponentach w celu obniżenia kosztów (Bloomberg News, 2021 r.). Systemy z wodnymi pompami ciepła do zastosowań mieszkaniowych zazwyczaj zawierają ponad dwa razy więcej aluminium i 15 razy więcej miedzi i mosiądzu niż ich odpowiedniki z gazowymi kotłami kondensacyjnymi.²

W perspektywie średnio- i długoterminowej zwiększony odzysk i recykling materiałów ze złomowanych pomp ciepła, klimatyzatorów i kotłów na paliwa kopalne dzięki przepisom dotyczącym zarządzania wycofaniem z eksploatacji może stanowić wtórny strumień dostaw miedzi, aluminium i żelaza, unikając jednocześnie skutków związanych z ich wydobyciem. W Unii Europejskiej pompy ciepła i klimatyzatory są obecnie objęte przepisami dotyczącymi zarządzania wycofaniem z eksploatacji na mocy dyrektywy w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, która określa kryteria zbierania, przetwarzania i odzyskiwania zużytego sprzętu (Unia Europejska, 2012).

Rządy coraz częściej odgrywają rolę w stymulowaniu krajowych inwestycji w produkcję pomp ciepła, usuwaniu wąskich gardeł w łańcuchu dostaw i wspieraniu innowacji. Kilka krajów wprowadziło niedawno polityki mające na celu przeniesienie produkcji kluczowych technologii czystej energii, w tym niektóre, które wyraźnie ukierunkowane są na pompy ciepła, takie jak amerykańska ustawa o produkcji obronnej (US Defense Production Act). Inne dotyczą półprzewodników i produkcji związanej z minerałami krytycznymi, takie jak unijna ustawa o półprzewodnikach i krytycznych surowcach mineralnych (EU European Chips Act and Critical Raw Minerals Act). Niektóre kraje zapewniają zachęty produkcyjne, takie jak wsparcie badań i rozwoju pomp ciepła, oprócz celów wdrożeniowych, zakazy dotyczące kotłów na paliwa kopalne i zachęty dla konsumentów, z których wszystkie zwiększają pewność rynkową producentów w miarę zwiększania ich mocy produkcyjnych. Inny środek, planowany przez rząd Wielkiej Brytanii, polega na narzuceniu rosnącej kwoty sprzedaży pomp ciepła w stosunku do całkowitej sprzedaży systemów grzewczych przez producenta kotłów (GOV.UK, 2022 r.). Zmniejszenie niepewności regulacyjnej ma kluczowe znaczenie dla producentów, którzy chcą zobowiązać się do zwiększenia produkcji. W Unii Europejskiej oczekuje się, że zmieniona wersja rozporządzenia w sprawie gazów F, obecnie dyskutowana w oparciu o wniosek Komisji, wejdzie w życie od 2024 r. i zapewni jasność co do ograniczeń w stosowaniu gazów F przez producentów pomp ciepła i innych technologii (patrz Rozdział 2).

Wiodący producenci ogłosili niedawno plany zainwestowania ponad 4 miliardów euro w zwiększenie mocy produkcyjnych pomp ciepła i związane z tym działania. Większość zgłoszeń dotyczy projektów w Europie, chociaż moce mają wzrosnąć również w innych regionach, w których nowe projekty są generalnie mniej nagłaśniane (Tabela 3.4).

² Na podstawie PEP (2022) oraz osobistej komunikacji z Assoclima, listopad 2022 r.

Tabela 3.4 ► Inwestycje w produkcję pomp ciepła niedawno ogłoszone przez wybranych producentów w Europie

Firma	Region/kraj	Alokacja inwestycji	Inwestycja (EUR)	Data ukończenia
Vaillant	UE	Pompy ciepła i efektywność energetyczna	130 mln	2022-2023
Hoval	Liechtenstein, Słowacja	Pompy ciepła	60 mln	2023-2024
Clivet (Midea Group)	Włochy	Pompy ciepła	60 mln	2024
Mitsubishi	Turcja, Wielka Brytania	Pompy ciepła i klimatyzacja	128 mln	2024
Bosch	Europa	Pompy ciepła	300 mln	2025
Daikin Europe	Belgia, Czechy, Niemcy, Polska	Pompy ciepła, cyfryzacja, badania i rozwój oraz możliwości serwisowe	1.2 mld	2025
Stiebel Eltron	Niemcy	Pompy ciepła	600 mln	2025
NIBE	Szwecja	Pompy ciepła	460 mln	2025
Viessmann	Polska	Pompy ciepła i inne rozwiązania ekologiczne	1 mld	2025
Panasonic	Republika Czeska	Pompy ciepła	145 mln	2026

Uwaga: Przeliczenie na EUR dla Mitsubishi (113 mln USD plus 15 mln GBP) i NIBE (5 mld SEK [koron szwedzkich]).

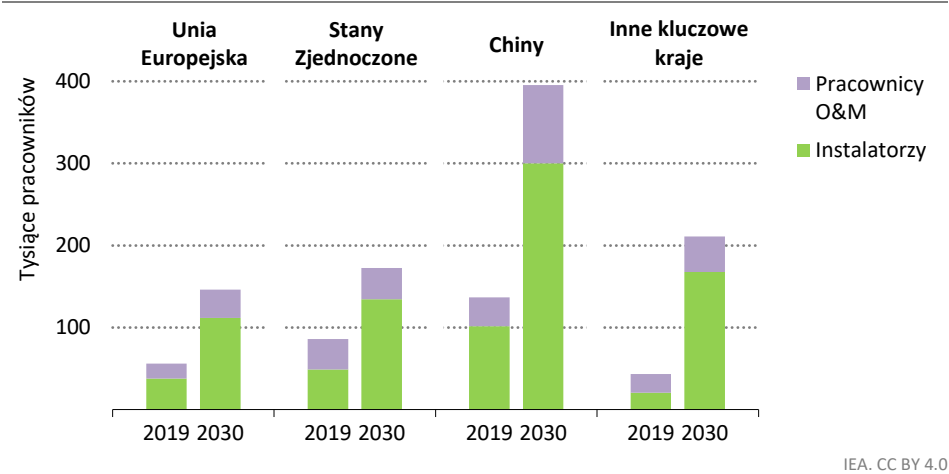
Źródła: Grupa Vaillant (2022 r.); Business Solutions (2021 r.); Hoval (2022 r.); Quanlin (2022 r.); Mitsubishi (2022 r.); Walker (2021 r.); Bosch (2022 r.); Daikin (2022 r.); Klingauf (2022 r.); NIBE (2022 r.); Grupa Viessman (2022 r.); Panasonic (2022 r.).

3.5 Braki wykwalifikowanych instalatorów

Szybki wzrost rozpowszechnienia pomp ciepła na całym świecie w APS wymagałby znacznego wzrostu siły roboczej na każdym etapie łańcucha dostaw, zwłaszcza przy instalacjach (patrz Rozdział 2). Obecnie mniej więcej połowa pracowników sektora pomp ciepła na całym świecie jest zaangażowana w proces instalacji, podczas gdy kolejna część zajmuje się konserwacją i serwisowaniem pomp ciepła. Zapotrzebowanie na instalatorów ma wzrosnąć czterokrotnie do 2030 r. do ponad 850 000 według APS (Rysunek 3.6). Wszyscy nowi instalatorzy będą musieli przejść odpowiednie szkolenia w ramach programów certyfikacji.

Niedobór wykwalifikowanych instalatorów już zaczyna tworzyć wąskie gardła we wdrażaniu pomp ciepła w niektórych krajach. Umiejętności potrzebne do montażu pomp ciepła są podobne do wymaganych w wielu standardowych zawodach w budownictwie, ale wymagają dodatkowych specjalizacji. Obejmują one ocenę nieruchomości, obliczenie strat ciepła w celu zaprojektowania instalacji, modernizację części istniejącego systemu grzewczego i instalacji elektrycznej (Tabela 3.5). Niektórych z tych umiejętności można nauczyć się poprzez szkolenie w miejscu pracy, podczas gdy inne, w szczególności wymiarowanie instalacji pompy ciepła, prace wiertnicze, prace elektryczne i obchodzenie się z czynnikiem chłodniczym, wymagają przeszkolonego i certyfikowanego personelu. Zarówno umiejętności instalacyjne, jak i elektryczne są często objęte tymi samymi systemami kwalifikacji, chociaż w niektórych krajach, takich jak Kanada, wymagani są różni specjaliści. W przypadku gruntowych pomp ciepła wymagane są dodatkowe uprawnienia, w tym w zakresie wykonywania odwiertów lub prowadzenia wykopów, termicznego łączenia rur i analiz geologicznych. Wykwalifikowani inżynierowie wiertnicy w sektorze naftowym i gazowym są dobrze przygotowani do podjęcia takich prac.

Rysunek 3.6 ▸ Zatrudnienie w sektorze pomp ciepła według regionów/krajów w scenariuszu APS



IEA. CC BY 4.0

Zapotrzebowanie na instalatorów, którzy stanowią około połowy całej siły roboczej w sektorze pomp ciepła na świecie, według APS wzrośnie o około 650 000 do 2030 r.

Uwagi: O&M = obsługa i konserwacja. Inne kluczowe kraje = Australia, Nowa Zelandia, Kanada, Japonia, Korea, Eurazja i reszta Europy.

Tabela 3.5 ▸ Mapowanie typowych umiejętności i zawodów wymaganych do instalacji pompy ciepła według fazy instalacji

Umiejętności	Zawód	Typ pompy ciepła
Dobór i projekt instalacji pompy ciepła		
Ocena istniejącej lokalnej infrastruktury ciepłowniczej oraz ocieplenia nieruchomości	Pracownik ogólnobudowlany,	Wszystkie
Straty ciepła i obliczenia obciążenia grzewczego	Instalator pomp ciepła	Wszystkie
Projekt, dobór materiałów i rozplanowanie systemu	Instalator pomp ciepła	Wszystkie
Obliczenia spadków ciśnienia, ocena przewodności cieplnej	Instalator pomp ciepła	Wszystkie
Instalacja		
Wykonywanie wykopów i odwiertów	Certyfikowany specjalista wiertnik	Gruntowe
Łączenie rur i hydraulika	Hydraulik, monter rur, instalator pomp ciepła	Wszystkie
Postępowanie z czynnikami chłodniczymi	Instalator pomp ciepła z certyfikatem F-gazowym	Systemy z obsługą F-gazowego czynnika chłodniczego na miejscu
	Instalator pompy ciepła z kwalifikacjami do pracy z materiałami łatwopalnymi	Systemy z obsługą węglowodorowego czynnika chłodniczego na miejscu
Prace elektryczne		
Przewody elektryczne	Elektryk, instalator pomp ciepła	Wszystkie
Konfiguracja systemu		
Końcowa konfiguracja systemu, stabilizacja gazowego czynnika chłodniczego	Instalator pomp ciepła	Wszystkie

Utrzymanie standardów przez instalatorów pozostaje kluczowe dla rozwoju branży. Niedostatecznie wykwalifikowani instalatorzy mogą być przyczyną nie najlepszych osiągnięć systemów lub ciągłych problemów z konserwacją, w tym wycieków i problemów elektrycznych, potencjalnie naruszających gwarancję oferowaną przez producenta lub warunki ubezpieczenia domu, a także zagrażając reputacji branży pomp ciepła. Ponadto wielu instalatorów nadal posługuje się przestarzałymi pojęciami dotyczącymi wydajności pomp ciepła i może próbować odwieść konsumentów od stosowania pomp ciepła, konsultując się z nimi podczas wymiany kotłów. Programy certyfikacji opracowane przez organy regulacyjne lub branżowe są dostępne na wszystkich głównych rynkach. Różnią się zakresem i czasem trwania i nie są zharmonizowane na poziomie międzynarodowym. W Chinach dobrowolne świadectwo kwalifikacyjne obowiązuje dla firm serwisujących przemysłowy i komercyjny sprzęt chłodniczy i klimatyzacyjny, w tym pompy ciepła. W Europie instalatorzy muszą uzyskać odpowiednie uprawnienia lub wykazać określoną liczbę lat odpowiedniego doświadczenia.

Podczas gdy do bezpiecznej i prawidłowej instalacji pomp ciepła potrzebne są szkolenia, uciążliwe systemy certyfikacji mogą zniechęcać pracowników do zdobywania tych kwalifikacji. Dodatkowe wymagania szkoleniowe, koszty lub brak popytu na pompy ciepła w ich okolicy mogą zniechęcić pracowników do ubiegania się o szkolenia i certyfikaty, a właściciele tradycyjnych systemów grzewczych do dywersyfikacji w kierunku pomp ciepła. Aby złagodzić te przeszkody, certyfikacje w sektorze pomp ciepła mogą opierać się na istniejących schematach kwalifikacji i zostać włączone do istniejącego programu nauczania dla elektryków, hydraulików i innych techników ogrzewania i chłodnictwa lub do szkoleń z zakresu bezpieczeństwa pożarowego. Rosnąca liczba producentów oferuje również własne programy szkoleniowe w zakresie instalacji, które mogą być bardziej ukierunkowane i krótsze, co pozwala firmom szybciej budować siłę roboczą certyfikowanych instalatorów. Standaryzacja certyfikatów i szkoleń wśród producentów i jurysdykcji może pomóc w zwiększeniu liczby instalatorów i zwiększeniu mobilności pracowników między krajami i regionami. Zakazy dotyczące kotłów olejowych i gazowych oraz inne polityki, które zwiększają długoterminową pewność co do perspektyw branży pomp ciepła, mogą również zachęcić pracowników do wejścia do branży.

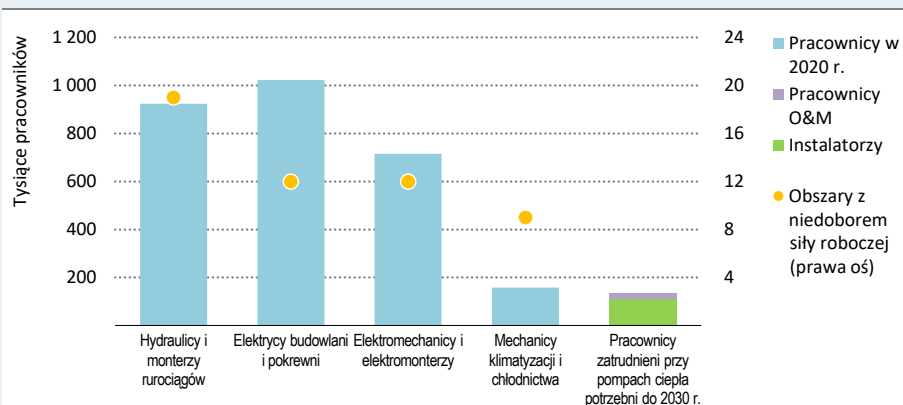
Rządy mogą odegrać ważną rolę w promowaniu szkoleń i rekrutacji instalatorów pomp ciepła. Muszą współpracować z przemysłem, aby aktualizować certyfikaty, zachęcać pracowników do kontynuowania kształcenia zawodowego i wspierać praktyki zawodowe. Zachęty mogą być dostarczane za pośrednictwem instalatorów, jak ma to miejsce w Zjednoczonym Królestwie. Programy rządowe ukierunkowane na szkolenie instalatorów pomp ciepła zostały wprowadzone w kilku krajach, w tym w Holandii, Wielkiej Brytanii i państwach członkowskich UE, zwłaszcza od czasu uruchomienia REPowerEU (Ramka 3.2).

Producenci mogą również pomóc złagodzić niedobory instalatorów, projektując solidniejsze, znormalizowane i łatwiejsze w instalacji pompy ciepła oraz wyposażając firmy instalacyjne w odpowiednie narzędzia cyfrowe i aplikacje, które pomogą im prawidłowo instalować urządzenia. Otwarte dane na temat charakterystyki budynków mogą przynieść korzyści innowacyjnym modelom biznesowym wykorzystującym narzędzia cyfrowe do oceny łatwości instalacji pompy ciepła i łączenia klientów z instalatorami.

Ramka 3.2 ► Sprostanie rosnącemu zapotrzebowaniu na instalatorów pomp ciepła w Unii Europejskiej

Cele REPowerEU dla pomp ciepła, odzwierciedlone w scenariuszu APS, wymagają zwiększenia liczby przeszkolonych instalatorów pomp ciepła z około 40 000 w 2019 r. do 110 000 do 2030 r. Certyfikacja jest obowiązkowa we wszystkich krajach UE w przypadku instalacji pomp ciepła wymagających obsługi czynnika chłodniczego przez instalatora, co ma miejsce w przypadku większości systemów, z wyjątkiem systemów samodzielnych, takich jak monoblok. Wraz z rosnącymi ograniczeniami dotyczącymi stosowania fluorowanych gazów cieplarnianych (F-gazów) zgodnie z poprawką z Kigali, zakres wymaganej certyfikacji może zostać zmieniony z F-gazów na materiały łatwopalne. Jednak w przypadku większości instalacji wymagania dotyczące szkolenia i certyfikacji instalatorów różnią się w zależności od kraju, pomimo wymogu posiadania wzajemnie uznawanej certyfikacji zgodnie z dyrektywą w sprawie energii odnawialnej. Biorąc pod uwagę ogromne różnice w dojrzałości rynku pomp ciepła w różnych krajach, współpraca między nimi w zakresie szkoleń dla instalatorów pomp ciepła i transferu know-how w zakresie najlepszych praktyk może pomóc w zapewnieniu wydajnych i wysokiej jakości instalacji oraz osiągnięciu celów REPowerEU.

Rysunek 3.7 ► Liczba pracujących w zawodach związanych z instalacją pomp ciepła oraz niedobory siły roboczej w Unii Europejskiej, 2020 i 2030 r.



IEA. CC BY 4.0.

Wiele krajów UE boryka się z niedoborem siły roboczej w zawodach kluczowych dla instalacji pomp ciepła. W 2030 r. liczba pracowników, których można będzie szybko przekwalifikować do instalowania pomp ciepła, przewyższy liczbę potrzeb.

Uwaga: Zawody określone w Międzynarodowej Standardowej Klasyfikacji Zawodów. „Regiony, w których występują luki w zatrudnieniu” obejmują UE-27 z Belgią podzieloną na trzy regiony autonomiczne, a także Szwajcarię i Norwegię.

Źródło: Analiza IEA na podstawie ELA (2021 r.).

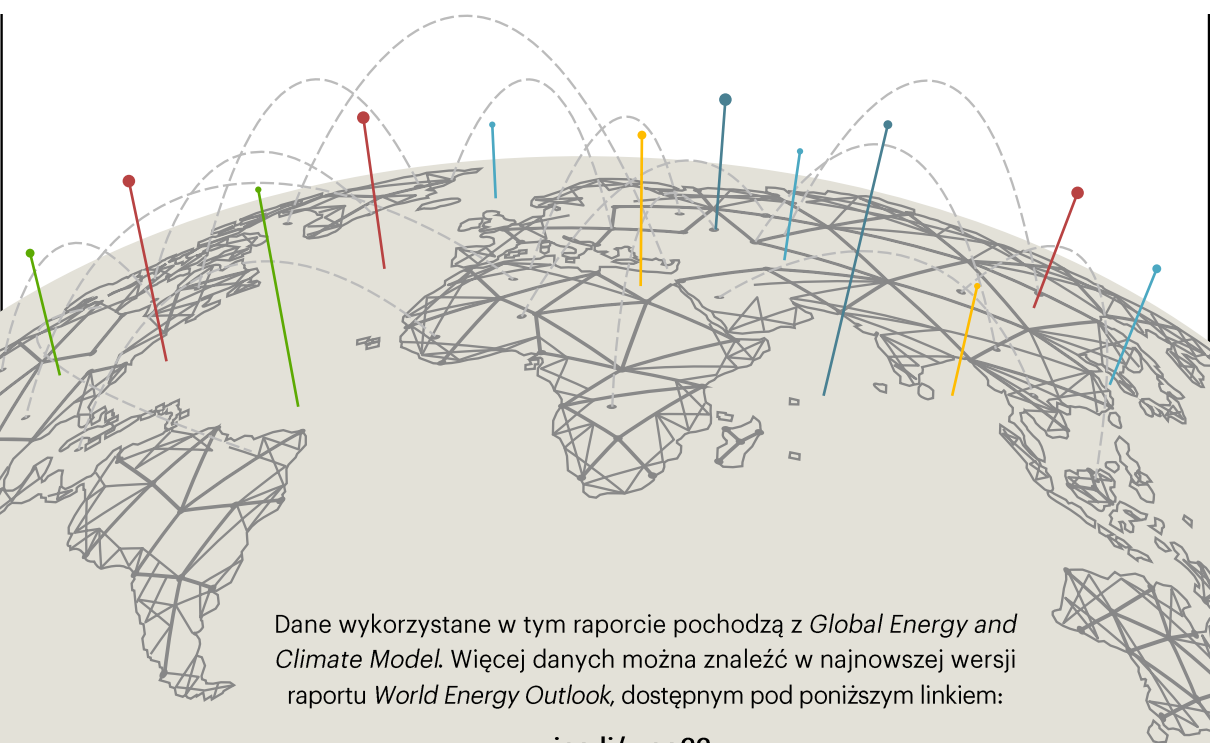
Dodatkowe wymogi w zakresie szkoleń obciążają i tak już napięty europejski rynek pracy. Brakuje pracowników w szeregu zawodów związanych z instalacjami pomp ciepła, takich jak hydraulicy i monterzy rurociągów, mechanicy klimatyzacji i chłodnictwa, elektromechanicy i elektromonterzy oraz elektrycy (Rysunek 3.7). W niedawnym badaniu zostały zgłoszone luki w zatrudnieniu hydraulików i monterów rur w większość krajów, przy czym zawód ten plasuje się na drugim miejscu pod względem niedoborów we wszystkich sektorach gospodarki (ELA, 2021 r.). Jednakże liczba instalatorów pomp ciepła i serwisantów pomp ciepła pozostaje znacznie mniejsza niż obecne zatrudnienie w zawodach pokrewnych. Należy zatem skupić się bezpośrednio na włączeniu szkoleń dotyczących pomp ciepła do istniejących systemów certyfikacji i zapewnieniu zachęt do przyciągania pracowników już wykonujących pokrewne zawody do udziału w programach certyfikacji pomp ciepła.

Szybkie podnoszenie kwalifikacji i szkolenia będą miały kluczowe znaczenie dla zaspokojenia rosnącego zapotrzebowania na instalatorów. Niektóre środki mogłyby złagodzić ryzyko pogłębienia się niedoboru siły roboczej, w tym przegląd istniejącego programu certyfikacji dla hydraulików, elektryków i mechaników HVAC; ograniczenie godzin szkoleń i ponownej certyfikacji do niezbędnego minimum; dofinansowanie kosztów szkoleń; oraz wprowadzenie kompleksowego ogólnounijnego systemu certyfikacji, który poprawiłby widoczność wymogów szkoleniowych i zwiększyłby mobilność siły roboczej

ZAŁĄCZNIKI

Poznaj dane, na których opiera się nasza prognoza

World Energy Outlook 2022



Dane wykorzystane w tym raporcie pochodzą z *Global Energy and Climate Model*. Więcej danych można znaleźć w najnowszej wersji raportu *World Energy Outlook*, dostępnym pod poniższym linkiem:

iea.li/weo22

Koszty technologii i systemy wsparcia finansowego

Koszty technologii

Rysunek A.1 ▶ Przedziały kosztów początkowych według technologii w wybranych krajach, 2022 r.



IEA. CC BY 4.0.

Schematy wsparcia finansowego

Tabela A.1 ▶ Programy wsparcia finansowego dla domowych pomp ciepła w wybranych krajach, wrzesień 2022

	Dotacja	Ulga podatkowa	Pożyczka
Australia			
Certyfikaty dla technologii małoskalowych	●		
Program pożyczek bez odsetek			●
Austria			
Wyjście z ropy i gazu	●		
Sauber Heizen für Alle (Czyste ogrzewanie dla każdego): prywatni odbiorcy	●		
Belgia			
Bruksela: Primes RENOLUTION (premie RENOLUTION)	●		
Walonia: Prime Habitation (premia mieszkaniowa)	●		
Walonia: Renopack			●
Flandria: Moja premia za renowację	●		
Flandria: Moja pożyczka na renowację			●
Ogólnokrajowe: Obniżona stawka VAT na pompy ciepła		●	
Bułgaria			
Fundusz Efektywności Energetycznej i Źródeł Odnawialnych			●
Mechanizm regulacji podatkowych		●	
Kanada			
Inicjatywa Greener Homes: Dotacja	●		
Inicjatywa Greener Homes: Pożyczka			●
Chiny			
Prowincje Północne: Plan czystego ogrzewania zimowego	●		
Chorwacja			
Program termomodernizacji domów jednorodzinnych	●		
Republika Czeska			
Nová zelená úsporám (Nowe zielone oszczędności): Wymiana systemu grzewczego	●		
Nová zelená úsporám (Nowe zielone oszczędności): Nowy podgrzewacz wody	●		
Kotlíkové dotace (Dotacja na kotły)	●		
Prywatne kredyty bankowe			●
Dania			
Byggningspuljen (Zasoby budynków)	●		
Kredyty o niskim oprocentowaniu			●

Tabela A.1 ► Programy wsparcia finansowego dla domowych pomp ciepła w wybranych krajach, wrzesień 2022 (ciąg dalszy)

	Dotacja	Ulga podatkowa	Pożyczka
Finlandia			
Wymiana systemów ogrzewania olejowego i gazowego	●		
Odliczenie podatku dochodowego: podstawowe prace ulepszeniowe		●	
Francja			
Ma Prime Renov'	●		
Świadectwa oszczędności energii (CEE)	●		
ecoPTZ: Eco-prêt à taux zéro (kredyt o zerowym oprocentowaniu)			●
Obniżona stawka VAT na pompy ciepła		●	
Niemcy			
Fundusze federalne na rzecz efektywnych budynków (BEG): BEG EM (środki indywidualne)	●		
Fundusze federalne na rzecz efektywnych budynków (BEG): BEG WG (budynki mieszkaniowe)			●
Ustawa o podatku dochodowym: Sekcja 35c (budynki mieszkaniowe)		●	
Grecja			
Program oszczędności: εξοικονομώ	●		
Program kredytów na oszczędności: εξοικονομώ			●
Mechanizm regulacji podatkowej I: ustawa nr 2238/1994		●	
Węgry			
Dotacja na remont domu	●		
Program rabatów w zakresie wymogu zielonego kapitału dla celów mieszkaniowych			●
Włochy			
Conto Termico 2.0 (program motywacyjny)	●		
Superbonus 110%		●	
Ecobonus 65%		●	
Obniżona stawka VAT na pompy ciepła		●	
Irlandia			
Dotacje na energię dla domu SEAI: Indywidualne dotacje na modernizację energetyczną – na pompę ciepła	●		
Dotacje na energię dla domu SEAI: W pełni finansowana modernizacja energetyczna	●		
Kredyty na ulepszenia energetyczne w domu (An Post)			●
Japonia			
Programy dopłat do pomp ciepła	●		
Korea			
KEPCO (Korea Electric Power Corp): Wsparcie przy montażu pomp ciepła	●		
Kredyty w prywatnych bankach			●

Tabela A.1 ► Programy wsparcia finansowego dla domowych pomp ciepła w wybranych krajach, wrzesień 2022 (ciąg dalszy)

	Dotacja	Ulga podatkowa	Pożyczka
Łotwa			
VARAM: Wsparcie dla wykorzystania odnawialnych źródeł energii w gospodarstwach domowych	●		
Ministerstwo Gospodarki: Remonty domów prywatnych a efektywność energetyczna	●		
Prywatne kredyty bankowe wspierane przez państwo			●
Litwa			
Ministerstwo Środowiska: Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii	●		
Prywatne kredyty bankowe			●
Luksemburg			
PRIME House 2017	●		
Obniżona stawka VAT na pompy ciepła		●	
KlimaPret: Zerowe oprocentowanie			●
KlimaPrêt: Obniżone oprocentowanie			●
Banki prywatne: Kredyty na renowację energetyki			●
Niderlandy /Holandia/			
ISDE: Dotacja inwestycyjna na zrównoważoną energetykę i oszczędności energii	●		
Krajowy Fundusz Ciepła: Pożyczki niskoprocentowane			●
Nowa Zelandia			
Energy Efficiency Conservation Authority: Program Warmer Kiwi Homes	●		
Standardy zdrowych domów		●	
Banki prywatne: Zielone kredyty			●
Norwegia			
Dotacja Enova	●		
Polska			
Program Czyste Powietrze: Czyste Powietrze	●		
Program Czyste Powietrze: Stop Smogowi	●		
Program Czyste Powietrze: Ulga podatkowa na termomodernizację		●	
Moje Ciepło	●		
Prywatne kredyty bankowe			●
Portugalia			
Kredyty na sprzęt odnawialny			●
Rumunia			
Casa Eficienta Energetic (Program domu energooszczędnego)	●		

Tabela A.1 ► Programy wsparcia finansowego dla domowych pomp ciepła w wybranych krajach, wrzesień 2022 (ciąg dalszy)

	Dotacja	Ulga podatkowa	Pożyczka
Słowacja			
Zelená domácnostiam II (Zielony Program dla gospodarstw domowych II)	●		
Plan odbudowy i zwiększania odporności Słowacji	●		
Slowenia			
Eko Skład (Eko Fundusz): Dotacje	●		
Eko Skład (Eko Fundusz): Kredyt uprzywilejowany			●
Hiszpania			
PREE 5000: Program Rehabilitacji Energetycznej Budynków w Gminach z Wyzwaniem Demograficznym	●		
RD 477/2021 Program 6: Wdrażanie odnawialnych systemów grzewczych w sektorze mieszkaniowym	●		
RD 853/2021: Remonty budynków mieszkalnych i socjalnych	●		
Szwecja			
ROT-avdrag: Obniżenie podatków		●	
Wielka Brytania			
Program modernizacji kotłów	●		
Home Energy Scotland: Kredyt bez odsetek			●
Bezpłatne dotacje na pompy ciepła w Szkocji	●		
Obniżona stawka VAT na pompy ciepła		●	
Stany Zjednoczone			
Ulgi podatkowe na energię odnawialną w budynkach mieszkalnych: geotermalne pompy ciepła		●	
Ustawa o obniżeniu inflacji: Ulga podatkowa na pompy ciepła		●	
Ustawa o obniżeniu inflacji: Program rabatów dla domów o wysokiej efektywności elektrycznej	●		

Definicje

Niniejszy załącznik zawiera ogólne informacje na temat terminologii stosowanej w niniejszym raporcie, w tym: jednostki i ogólne współczynniki przeliczeniowe; definicje paliw, procesów i sektorów; grupy regionów i grupy krajów; oraz skróty i akronimy.

Jednostki

Energia	EJ	eksadżul (1 dżul $\times 10^{18}$)
	MWh	megawatogodzina
	GWh	gigawatogodzina
	TWh	terawatogodzina
Gaz	bcm	miliard metrów sześciennych
Masa	kg	kilogram
	t	tona (1 tona = 1 000 kg)
	kt	kilotona (1 tona $\times 10^3$)
	Mt	megatona (1 tona $\times 10^6$)
	Gt	gigatona (1 tona $\times 10^9$)
Waluta	mIn USD	1 dolar $\times 10^6$
	bln USD	1 dolar $\times 10^9$
	USD/t CO ₂	dolarów za tonę dwutlenku węgla
Moc	W	wat (1 dżul na sekundę)
	kW	kilowat (1 wat $\times 10^3$)
	MW	megawat (1 wat $\times 10^6$)
	GW	gigawat (1 wat $\times 10^9$)

Ogólne przeliczniki energii

		Mnożnik do przeliczania na:		
		EJ	bcm	GWh
Konwersja z:	EJ	1	27.78	2.778×10^5
	bcm	0.036	1	9 999
	GWh	3.6×10^{-6}	1×10^{-4}	1

Uwagi: Gazowi naturalnemu przypisuje się wartość opałową 1 MJ na 44,1 kg. Konwersje do i z miliardów metrów sześciennych ekwiwalentu gazu ziemnego (bcm) podano jako mnożniki reprezentatywne, ale mogą różnić się od średnich wartości uzyskanych przez przeliczenie objętości gazu ziemnego między bilansami IEA ze względu na zastosowanie gęstości energii właściwych dla poszczególnych krajów. Wartości opałowe są cały czas stosowane.

Definicje

Budynki: Sektor budynków obejmuje energię wykorzystywaną w budynkach mieszkalnych, handlowych i instytucjonalnych oraz innych nieokreślonych. Zużycie energii w budynku obejmuje wydatek na ogrzewanie i chłodzenie pomieszczeń, podgrzewanie wody, oświetlenie, urządzenia i sprzęt do gotowania.

Dwutlenek węgla (CO₂): Gaz składający się z jednego atomu węgla i dwóch atomów tlenu. Jest ważnym gazem cieplarnianym (zatrzymującym ciepło).

Czysta energia: W energetyce czysta energia oznacza: wytwarzanie ze źródeł odnawialnych, paliw jądrowych i kopalnych wyposażonych w systemy do wychwytywania, utylizacji i składowania dwutlenku węgla (CCUS); magazynowanie energii w bateriach; oraz sieci elektroenergetyczne. Pod względem *efektywności* czysta energia obejmuje efektywność energetyczną budynków, przemysłu i transportu, z wyłączeniem paliwa lotniczego i do nawigacji krajowej. W *zastosowaniach końcowych* czysta energia oznacza: bezpośrednie wykorzystanie odnawialnych źródeł energii; pojazdy elektryczne; elektryfikację w budynkach, przemyśle i międzynarodowym transporcie morskim; CCUS w przemyśle i bezpośrednie wychwytywanie z powietrza. W *zaopatrzeniu w paliwa* czysta energia oznacza paliwa niskoemisyjne.

Węgiel: Obejmuje zarówno węgiel pierwotny, tj. węgiel brunatny, węgiel koksujący i energetyczny, jak i paliwa pochodne, np. brykiet z węgla kamiennego, brykiety z węgla brunatnego, koks koksowniczy, koks gazowy, gaz gazowniczy, gaz koksowniczy, gaz wielkopieczowy i gaz konwertorowy. Torf jest również wliczony.

Współczynnik efektywności (COP): COP to współczynnik używany do pomiaru ilości dostarczanej energii użytecznej (tj. mocy grzewczej lub chłodniczej) w stosunku do energii wejściowej. Im wyższy współczynnik COP, tym efektywniejsze urządzenie.

Zasoby elastyczności po stronie popytu: opisuje zasoby, które mogą wpływać na profil obciążenia, takie jak przesuwanie krzywej obciążenia w czasie bez wpływu na całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną lub zmniejszanie obciążenia, takie jak poprzez wstrzymywanie popytu (zapotrzebowania) na krótki czas lub dostosowywanie intensywności popytu przez określony okres czasu.

Zapotrzebowanie (popyt) na energię elektryczną: Zdefiniowane jako całkowita produkcja energii elektrycznej brutto pomniejszona o produkcję na własne potrzeby, plus handel netto (import minus eksport), pomniejszony o straty przesyłu i dystrybucji.

Wytwarzanie energii elektrycznej: Zdefiniowane jako całkowita ilość energii elektrycznej wytwarzanej tylko przez same elektrownie lub wraz z elektrociepłowniami (kogeneracja), w tym wytwarzanie potrzebne na własne potrzeby. Nazywane również wytwarzaniem brutto.

Emisje gazów cieplarnianych (GHG) z sektora energetycznego: Emisje CO₂ związane z energią i procesami przemysłowymi oraz ulotne i uwalniane emisje metanu i dwutlenku azotu z sektorów energii i przemysłu.

Usługi energetyczne: Zobacz: energia użyteczna.

F-gazy: gazy fluorowane, które są wykorzystywane w różnych zastosowaniach, w tym w chłodnictwie, klimatyzacji i pompach ciepła, gdzie są głównym składnikiem obiegu czynnika chłodniczego.

Paliwa kopalne: obejmują węgiel, gaz ziemny i ropę naftową.

Energia geotermalna: Energia geotermalna to ciepło spod powierzchni ziemi. Woda i/lub para przenoszą energię geotermalną na powierzchnię. W zależności od swoich właściwości, energia geotermalna może być wykorzystywana do celów grzewczych i chłodniczych lub do wytwarzania czystej energii elektrycznej, jeśli temperatura jest odpowiednia.

Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego (GWP): Pozwala porównać różne gazy cieplarniane pod względem ich wpływu na zmiany klimatu i jest wykorzystywany do obliczeń ekwiwalentu CO₂. Współczynnik GWP dla CO₂ jest ustalony jako 1, a wszystkie inne gazy są klasyfikowane względem CO₂. Aby uwzględnić różne czasy życia gazów w atmosferze, najpowszechniejszą miarą jest 100-letni GWP; czasami stosuje się również 20-letni GWP. Gaz o GWP₁₀₀ równym 27 ma 27-krotnie większy wpływ na globalne ocieplenie niż CO₂ w okresie 100 lat.

Ciepło (wykorzystanie końcowe): Można je uzyskać ze spalania paliw kopalnych lub odnawialnych, bezpośrednich systemów geotermalnych lub słonecznych, egzotermicznych procesów chemicznych i energii elektrycznej (poprzez ogrzewanie oporowe lub pompy ciepła, które mogą wydobywać je z otaczającego powietrza i cieczy). Ta kategoria odnosi się do szerokiego zakresu zastosowań końcowych, w tym ogrzewania pomieszczeń i wody oraz gotowania w budynkach, odsalania i zastosowań procesowych w przemyśle. Nie obejmuje zastosowań chłodniczych.

Ciepło (dostarczane): Otrzymywane ze spalania paliw, reaktorów jądrowych, zasobów geotermalnych lub wychwytywania światła słonecznego. Może być wykorzystywane do ogrzewania lub chłodzenia, może też zostać przekształcone w energię mechaniczną na potrzeby transportu lub wytwarzania energii elektrycznej. Sprzedane ciepło handlowe wykazywane jest w ramach całkowitego zużycia końcowego z nakładem paliwa alokowanym w produkcję energii elektrycznej.

Pompa ciepła: Pompa ciepła pobiera ciepło ze źródła, takiego jak otaczające powietrze, energia geotermalna zmagazynowana w ziemi lub pobliskich źródłach wody lub ciepło odpadowe z fabryki. Następnie podnosi temperaturę i przenosi ciepło tam, gdzie jest ono potrzebne.

Wodna pompa ciepła: Pompa ciepła stosowana w wodnych systemach grzewczych, która wykorzystuje wodę do przeniesienia ciepła z pompy ciepła do poszczególnych pomieszczeń poprzez rurociągi i grzejniki lub ogrzewanie podłogowe.

Inwestycje: Inwestycje to nakłady kapitałowe na dostawy energii, infrastrukturę, końcowe wykorzystanie i wydajność. Inwestycje w zaopatrzenie w paliwa obejmują produkcję, przetwarzanie i transport ropy naftowej, gazu, węgla oraz paliw niskoemisyjnych. Inwestycje w sektorze energetycznym obejmują nowe budowy i modernizacje sieci wytwórczych, sieci elektroenergetycznych (przesyłowych, dystrybucyjnych i publicznych ładowarek pojazdów elektrycznych) oraz magazynów energii. Inwestycje w efektywność energetyczną obejmują poprawę efektywności w budynkach, przemyśle i transporcie. Inne inwestycje w końcowe wykorzystanie obejmują zakup sprzętu do bezpośredniego wykorzystania energii odnawialnej; pojazdy elektryczne; elektryfikację w budynkach, przemyśle i międzynarodowym transporcie

morskim; urządzenia do stosowania paliw niskoemisyjnych; oraz CCUS w przemyśle i bezpośrednim wychwytywaniu z powietrza. Dane i prognozy odzwierciedlają wydatki w całym okresie realizacji projektów i są przedstawiane w wartościach rzeczywistych w dolarach amerykańskich na rok 2021, o ile nie zaznaczono inaczej. Łączna wartość inwestycji zgłoszonych w ciągu roku odzwierciedla kwotę wydaną w danym roku.

Uśredniony koszt ogrzewania i chłodzenia: uśredniony koszt ogrzewania i chłodzenia szacuje średni koszt zapewnienia 1 MWh ogrzewania lub chłodzenia w całym okresie eksploatacji sprzętu, biorąc pod uwagę koszt kapitałowy sprzętu i instalacji; wydatki operacyjne obejmują koszt paliwa i regularną konserwację.

Niskoemisyjna energia elektryczna: Obejmuje technologie energii odnawialnej, niskoemisyjne wytwarzanie oparte na wodorze, niskoemisyjne wytwarzanie oparte na paliwie wodorowym, energię jądrową i elektrownie na paliwa kopalne wyposażone w technologię CCUS.

Paliwa niskoemisyjne: Obejmują nowoczesną bioenergię, niskoemisyjny wodór i niskoemisyjne paliwa oparte na wodorze.

Gaz ziemny: Obejmuje gaz występujący w złożach, skroplony lub gazowy, składający się głównie z metanu. Obejmuje zarówno gaz niezwiązany pochodzący ze złóż, z których wydobywane są węglowodory wyłącznie w postaci gazowej, jak i gaz towarzyszący powstający w związku z wydobywaniem ropy naftowej oraz metan odzyskiwany z kopalń węgla kamiennego (gaz kopalniany). Gaz ziemny płynny, gaz przemysłowy (wytworzony z odpadów komunalnych lub przemysłowych lub ścieków) oraz ilości uwalniane lub spalane w pochodniach nie są uwzględnione. Dane dotyczące gazu wyrażone w metrach sześciennych dotyczą ciepła spalania i są mierzone w temperaturze 15°C i pod ciśnieniem 760 mm Hg (warunki standardowe). Dane dotyczące gazu wyrażone w tonach ekwiwalentu ropy naftowej, głównie w celu porównania z innymi paliwami, dotyczą wartości opałowej. Różnica pomiędzy wartością opałową a ciepłem spalania jest utajonym ciepłem parowania pary wodnej powstającej podczas spalania paliwa (dla gazu wartość opałowa jest o 10% niższa od ciepła spalania).

Ropa naftowa: Obejmuje zarówno konwencjonalną, jak i niekonwencjonalną produkcję ropy naftowej. Produkty ropopochodne obejmują gaz rafineryjny, etan, gaz płynny, benzynę lotniczą, benzynę silnikową, paliwa do silników odrzutowych, naftę, olej napędowy/olej opałowy, ciężki olej opałowy, benzynę ciężką, benzynę lakową, smary, bitum, parafinę, woski i koks naftowy.

Wytwarzanie energii: Odnosi się do zużycia paliwa w elektrowniach, ciepłowniach i elektrociepłowniach. Uwzględniono zarówno główne zakłady produkcyjne, jak i małe zakłady produkujące paliwa na własny użytek (autoprodukcji).

Czynnik chłodniczy: Substancja, która przenosi ciepło w obiegu chłodniczym w urządzeniu chłodniczym (np. pompa ciepła, klimatyzator, lodówka).

Odnawialne źródła energii: Obejmują bioenergię, geotermię, energię wodną, fotowoltaikę (PV), koncentrację energii słonecznej oraz energię wiatrową i morską (pływy i fale) wykorzystywane do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła.

Cele mieszkaniowe: Energia używana przez gospodarstwa domowe, w tym do ogrzewania i chłodzenia pomieszczeń, podgrzewania wody, wykorzystywana przez oświetlenie, urządzenia domowe, urządzenia elektroniczne i do gotowania.

Usługi: Energia wykorzystywana w obiektach handlowych, m.in. biurach, sklepach, hotelach, restauracjach oraz w obiektach instytucjonalnych, m.in. szkołach, szpitalach, urzędach. Zużycie energii w usługach obejmuje ogrzewanie i chłodzenie pomieszczeń, podgrzewanie wody, oświetlenie, urządzenia, gotowanie i odsalanie.

Fotowoltaika (PV): Energia elektryczna produkowana z ogniw fotowoltaicznych.

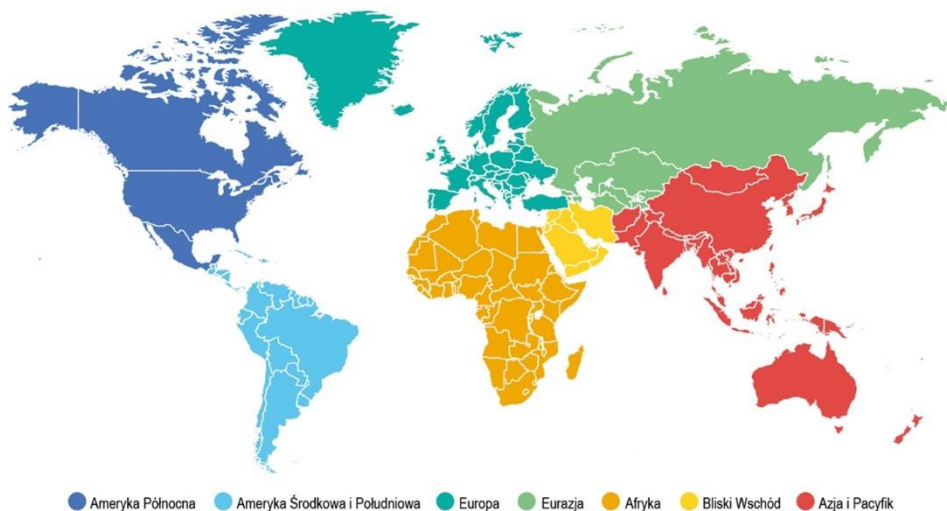
Całkowite zużycie końcowe (TFC): Jest sumą zużycia w różnych sektorach użytkowników końcowych. TFC dzieli się na zapotrzebowanie na energię w następujących sektorach: przemysł (w tym produkcja przemysłowa, górnictwo, produkcja chemikaliów, wielkie piece i koksownie), transport, budownictwo (w tym mieszkalnictwo i usługi) oraz inne (w tym rolnictwo i inne zastosowania nieenergetyczne). Nie obejmuje paliw do międzynarodowych przewozów morskich i lotniczych, z wyjątkiem poziomu światowego, gdzie jest wliczane do sektora transportu.

Energia użyteczna: Odnosi się do energii, która jest dostępna dla użytkowników końcowych w celu zaspokojenia ich potrzeb. Jest nazywana również popytem na usługi energetyczne. W wyniku strat przemiany w miejscu użytkowania ilość energii użytecznej jest mniejsza niż odpowiadające jej końcowe zapotrzebowanie na energię dla większości technologii. Urządzenia wykorzystujące energię elektryczną często mają wyższą sprawność konwersji niż urządzenia wykorzystujące inne paliwa, co oznacza, że w przypadku jednostki zużytej energii energia elektryczna może zapewnić więcej usług energetycznych.

Budynki gotowe na zeroemisyjność: Budynek gotowy do zerowej emisji dwutlenku węgla jest wysoce energooszczędny i wykorzystuje bezpośrednio energię odnawialną lub źródło energii, które można całkowicie zdekarbonizować, takie jak energia elektryczna lub ciepło sieciowe.

Grupy regionalne i grupy krajów

Rysunek B.1 ► Główne grupy krajów



Uwaga: Ta mapa pozostaje bez uszczerbku dla statusu lub suwerenności jakiegokolwiek terytorium, dla rozgraniczenia międzynarodowych granic i nazw jakiegokolwiek terytorium, miasta lub obszaru.

Gospodarki rozwinięte: Grupa regionalna OECD oraz Bułgaria, Chorwacja, Cypr,^{1,2} Malta i Rumunia.

Afryka: Grupy regionalne Afryki Północnej i Afryki Subsaharyjskiej.

Region Azji i Pacyfiku: Region Azji i Pacyfiku: grupa regionalna Azji Południowo-Wschodniej oraz Australia, Bangladesz, Koreańska Republika Ludowo-Demokratyczna (Korea Północna), Indie, Japonia, Korea, Mongolia, Nepal, Nowa Zelandia, Pakistan, Chińska Republika Ludowa (Chiny), Sri Lanka, chiński Tajpej oraz inne kraje i terytoria Azji i Pacyfiku.³

Region Kaspijski: Armenia, Azerbejdżan, Gruzja, Kazachstan, Kirgistan, Tadżykistan, Turkmenistan i Uzbekistan.

Środkowa i Południowa Ameryka: Argentyna, wielonarodowe państwo Boliwia (Boliwia), Brazylia, Chile, Kolumbia, Kostaryka, Kuba, Curaçao, Dominikana, Ekwador, Salwador, Gwatemala, Haiti, Honduras, Jamajka, Nikaragua, Panama, Paragwaj, Peru, Surinam, Trynidad i Tobago, Urugwaj, Boliwariańska Republika Wenezueli (Wenezuela) oraz inne kraje i terytoria Ameryki Środkowej i Południowej.⁴

Chiny: Obejmuje Chińską Republikę Ludową i Hongkong.

Azja rozwijająca się: Grupa regionalna Azji i Pacyfiku z wyłączeniem Australii, Japonii, Korei i Nowej Zelandii.

Rynki wschodzące i gospodarki rozwijające się: Wszystkie pozostałe kraje nieuwzględnione w ugrupowaniu regionalnym gospodarek rozwiniętych.

Euroazja: Grupa Regionu Kaspijskiego i Federacja Rosyjska (Rosja).

Europa: Grupa regionalna Unii Europejskiej oraz Albania, Białoruś, Bośnia i Hercegowina, Macedonia Północna, Gibraltar, Islandia, Izrael,⁵ Kosowo, Czarnogóra, Norwegia, Serbia, Szwajcaria, Republika Mołdowy, Turcja, Ukraina i Wielka Brytania.

Unia Europejska: Austria, Belgia, Bułgaria, Chorwacja, Cypr,^{1,2} Republika Czeska, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Niemcy, Grecja, Węgry, Irlandia, Włochy, Łotwa, Litwa, Luksemburg, Malta, Holandia, Polska, Portugalia, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Hiszpania i Szwecja.

IEA (Międzynarodowa Agencja Energetyczna): Grupa regionalna OECD z wyłączeniem Chile, Kolumbii, Kostaryki, Islandii, Izraela, Łotwy i Słowenii.

Ameryka łacińska: Grupa regionalna Ameryki Środkowej i Południowej oraz Meksyk.

Bliski Wschód: Bahrajn, Islamska Republika Iranu (Iran), Irak, Jordania, Kuwejt, Liban, Oman, Katar, Arabia Saudyjska, Syryjska Republika Arabska (Syria), Zjednoczone Emiraty Arabskie i Jemen.

Spoza OECD: Wszystkie inne kraje nieuwzględnione w regionalnym ugrupowaniu OECD.

Spoza OPEC: Wszystkie inne kraje nieuwzględnione w regionalnym ugrupowaniu OPEC.

Afryka Północna: Algieria, Egipt, Libia, Maroko i Tunezja.

Ameryka Północna: Kanada, Meksyk i Stany Zjednoczone.

OECD (Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju): Australia, Austria, Belgia, Kanada, Chile, Czechy, Kolumbia, Kostaryka, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Niemcy, Grecja,

Węgry, Islandia, Irlandia, Izrael, Włochy, Japonia, Korea, Łotwa, Litwa, Luksemburg, Meksyk, Holandia, Nowa Zelandia, Norwegia, Polska, Portugalia, Słowacja, Słowenia, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria, Turcja, Wielka Brytania i Stany Zjednoczone.

OPEC (Organizacja Krajów Eksporterów Ropy Naftowej): Algeria, Angola, Republika Kongo (Kongo), Gwinea Równikowa, Gabon, Islamska Republika Iranu (Iran), Irak, Kuwejt, Libia, Nigeria, Arabia Saudyjska, Zjednoczone Emiraty Arabskie i Boliwariańska Republika Wenezueli (Wenezuela).

Azja Południowo-Wschodnia: Brunei Darussalam, Kambodża, Indonezja, Laotańska Republika Ludowo-Demokratyczna (Laos), Malezja, Birma, Filipiny, Singapur, Tajlandia i Wietnam. Wszystkie te kraje są członkami Stowarzyszenia Narodów Azji Południowo-Wschodniej (ASEAN).

Afryka Subsaharyjska: Angola, Benin, Botswana, Kamerun, Republika Kongo (Kongo), Wybrzeże Kości Słoniowej, Demokratyczna Republika Kongo, Erytrea, Etiopia, Gabon, Ghana, Kenia, Mauritius, Mozambik, Namibia, Niger, Nigeria, Senegal, Południowa Afryka, Sudan Południowy, Sudan, Zjednoczona Republika Tanzanii (Tanzania), Togo, Zambia, Zimbabwe i inne kraje i terytoria afrykańskie.⁶

Uwagi krajów

¹ Uwaga Republiki Tureckiej: Informacje zawarte w tym dokumencie w odniesieniu do „Cypru” dotyczą południowej części wyspy. Na wyspie nie ma jednego organu reprezentującego zarówno Turków, jak i Greków cypryjskich. Turcja uznaje Turecką Republikę Cypru Północnego (TRNC). Do czasu znalezienia trwałego i sprawiedliwego rozwiązania w ramach Organizacji Narodów Zjednoczonych, Turcja zachowa swoje stanowisko w sprawie „kwestii cypryjskiej”.

² Uwaga wszystkich państw członkowskich Unii Europejskiej OECD i Unii Europejskiej: Republika Cypryjska jest uznawana przez wszystkich członków Organizacji Narodów Zjednoczonych z wyjątkiem Turcji. Informacje zawarte w niniejszym dokumencie dotyczą obszaru znajdującego się pod faktyczną kontrolą rządu Republiki Cypryjskiej.

³ Indywidualne dane nie są dostępne i są szacowane łącznie dla: Afganistanu, Bhutanu, Wysp Cooka, Fidżi, Polinezji Francuskiej, Kiribati, Makau (Chiny), Malediwów, Nowej Kaledonii, Palau, Papui Nowej Gwinei, Samoa, Wysp Salomona, Timoru Wschodniego, Tonga i Vanuatu.

⁴ Dane indywidualne nie są dostępne i są szacowane łącznie dla: Anguilli, Antigui i Barbudy, Aruby, Bahamów, Barbadosu, Belize, Bermudów, Bonaire, Brytyjskich Wysp Dziewiczych, Kajmanów, Dominiki, Falklandów (Malwinów), Gujany Francuskiej, Grenady, Gwadelupy, Gujany, Martyniki, Montserrat, Saba, Saint Eustatius, Saint Kitts i Nevis, Saint Lucia, Saint Pierre i Miquelon, Saint Vincent i Grenadyn, Saint Maarten, Wysp Turks i Caicos.

⁵ Dane statystyczne dotyczące Izraela są dostarczane przez i na odpowiedzialność odpowiednich władz izraelskich. Wykorzystanie takich danych przez OECD i/lub IEA pozostaje bez uszczerbku dla statusu Wzgórz Golan, Wschodniej Jerozolimy i osiedli izraelskich na Zachodnim Brzegu zgodnie z warunkami prawa międzynarodowego.

⁶ Dane indywidualne nie są dostępne i są szacowane łącznie dla: Burkina Faso, Burundi, Wysp Zielonego Przylądka, Republiki Środkowoafrykańskiej, Czadu, Komorów, Dżibuti, Królestwa Eswatini, Gambii, Gwinei, Gwinei Bissau, Lesotho, Liberii, Madagaskaru, Malawi, Mali, Mauretanii, Reunion, Rwandy, Wysp Świętego Tomasza i Książęca, Seszeli, Sierra Leone, Somalii i Ugandy.

Skróty i akronimy

APS	Scenariusz Ogłoszony Zobowiązań
CCUS	Wychwytywanie, wykorzystanie i składowanie dwutlenku węgla
CDD	Stopniodni chłodzenia
CO₂	Dwutlenek węgla
CO₂-eq	Ekwiwalent dwutlenku węgla
COP	Współczynnik efektywności
EBRD	Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju
EPC	Umowa o poprawę efektywności energetycznej
ESCO	Firma świadcząca usługi energetyczne
EU	Unia Europejska
EV	Pojazd elektryczny
F-gaz	Gaz fluorowany
G7	Grupa G7 (Grupa Siedmiu)
GHG	Gaz cieplarniany
GWP	Potencjał tworzenia efektu cieplarnianego
GX	Zielona Transformacja
HDD	Stopniodzień ogrzewania
HC	Węglowodór
HFC	Wodorofluorowęglowodór
HFO	Fluoroolefina
HPT TCP	Program współpracy technologicznej w ramach technologii pomp ciepła
HVAC	Ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja
IEA	Międzynarodowa Agencja Energetyczna
IEC	Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna
IPCC	Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu
MVR	Mechaniczna kompresja pary
NO_x	Tlenki azotu
NZE	Scenariusz Zerowo Emisji Netto do 2050 r.
O&M	Eksploatacja i konserwacja
OECD	Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju
PFAS	Substancja per- i polifluoroalkilowa
PM_{2.5}	Pył zawieszony
PV	Fotowoltaika
RD&D	Badania, rozwój i demonstracja
SO₂	Dwutlenek siarki
STEPS	Scenariusz Ogłoszonych Polityk
TFA	Kwas trifluorooctowy
TRL	Stopień gotowości technologicznej
TSO	Operator systemu przesyłowego
UNEP	Program Ochrony Środowiska Narodów Zjednoczonych
US	Stany Zjednoczone Ameryki Północnej
WEO	World Energy Outlook (Światowa Perspektywa Energetyczna)

Bibliografia

Rozdział 1: Perspektywy wdrażania pomp ciepła

Uniwersytet Aalborg (2013), Heat Roadmap Europe 2050: Drugie studium wstępne dla EU27, https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/77342092/Heat_Roadmap_Europe_Pre_Study_II_May_2013.pdf

AHRI (instytut Klimatyzacji, Ogrzewania i Chłodnictwa) (2022 r.), Wysyłki comiesięczne, <https://www.ahrinet.org/analytics/statistics/monthly-shipments>

BASF (2022 r.), BASF, SABIC i LINDE rozpoczynają budowę pierwszego na świecie zakładu demonstracyjnego na dużą skalę do elektrycznego podgrzewania pary w piecach do krakowania <https://www.basf.com/global/en/media/news-releases/2022/09/p-22-326.html>

BMW (Bundesminister für Wirtschaft und Klimaschutz) [Federalne Ministerstwo Spraw Gospodarczych i Klimatycznych, Niemcy] (2022 r.), Wzmocnienie zielonych sieci ciepłowniczych: uruchomienie funduszy federalnych na wydajne sieci ciepłownicze (BEW), <https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2022/09/20220915-boost-for-green-district-heating-federal-funding-for-efficient-heat-networks-bew-begins.html>

ChinaBaogao (2022 r.), Statystyki dotyczące sprzedaży krajowej, sprzedaż krajowa i dystrybucja w przedsiębiorstwach z branży powietrznych pomp ciepła w moim kraju, <https://www.chinabaogao.com/data/202208/606704.html>, [w języku Chińskim].

Clean Energy Wire (2022 r.), Stiebel Eltron ma zainwestować 600 milionów euro w celu zwiększenia zdolności produkcyjnych pomp ciepła, <https://www.cleanenergywire.org/news/stiebel-eltron-invest-600-million-euros-expand-heat-pump-production-capacity>

EHPA (Europejskie Stowarzyszenie Pompy Ciepła) (2021), <https://www.ehpa.org/market-data>

Energistyrelsen [Duńska agencja energetyczna] (2022 r.), Klimastatus og –fremskrivning 2022 (KF22): El og fjernvarme (ekskl. affaldsforbrænding) [Stan klimatu i przewidywania na 2022 r.] (KF22): Energia elektryczna i sieci ciepłownicze (z wyłączeniem spalania odpadów)], https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/kf22_sektornotat_8a_produktion_af_el_og_fjernvarme.pdf, [in Danish].

Komisja Europejska (2022a), Pompy ciepła w Unii Europejskiej, https://setis.ec.europa.eu/heat-pumps-european-union_en

Komisja Europejska (2022b), REPowerEU: Wspólne europejskie działania dla bardziej przystępnej, bezpiecznej i zrównoważonej energii, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=COM:2022:108:FIN>

Komisja Europejska (2020), ReUseHeat: Dostępne ciepło z odpadów miejskich (wersja zmieniona) WP1 Task 1.2 Deliverable 1.4., <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5cfc2bcd3&appId=PPGMS>

Komisja Europejska (2016), Mapowanie i analizy obecnego i przyszłego (2020-2030 r.) wykorzystania paliw do ogrzewania/chłodzenia (paliwa kopalne/odnawialne źródła energii), https://energy.ec.europa.eu/mapping-and-analyses-current-and-future-2020-2030-heatingcooling-fuel-deployment-fossilrenewables-1_en

Francja, Ministerstwo Transformacji Ekologicznych, Pompes à chaleur [Heat pumps], <https://www.ecologie.gouv.fr/pompes-chaleur>, [in French].

GOV.UK (2020), Dziesięciopunktowy plan zielonej rewolucji przemysłowej – Punkt 7: Bardziej ekologiczne budynki, <https://www.gov.uk/government/publications/the-ten-point-plan-for-a-green-industrial-revolution/title#point-7-greener-buildings>

Rząd Włoch [Ministerstwo Infrastruktury i Transportu; Ministerstwo Rozwoju Gospodarczego; Ministerstwo Ochrony Środowiska i Łądu i Morza] (2019 R.), Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima [Zintegrowany krajowy plan dla energii i klimatu], https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/PNIEC_finale_17012020.pdf, [in Italian].

Rząd Hiszpanii (2019 r.), Projekt zintegrowanego krajowego planu energii i klimatu na lata 2021-2030, https://energy.ec.europa.eu/system/files/2019-06/ec_courtesy_translation_es_necp_0.pdf

HEATLEAP (2022 r.), Projekt HEATLEAP, <https://heatleap-project.eu/heatleap-project/>

Helen Ltd (2020 r.), Instalacja ogrzewania i chłodzenia Katri Vala, <https://www.helen.fi/en/company/energy/energy-production/power-plants/katri-vala-heating-and-cooling-plant>

HPT TCP (Program Współpracy Technologicznej dotyczącej Technologii Pomp Ciepła) (2018 r.), Pompy ciepła w połączeniu z ogrzewaniem sieciowym zwiększają efektywność energetyczną w Hammarbyverket, <https://heatpumpingtechnologies.org/annex47/wp-content/uploads/sites/54/2018/12/annex-47hammarbyverket.pdf>

IEA (Międzynarodowa Agencja Energetyczna) (2022a), World Energy Outlook 2022, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

IEA (2022b), Śledzenie wpływu pogody na energetykę, <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/weather-for-energy-tracker>

IEA (2022c), Wodór – Przegląd Globalny 2022, <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2022>

IEA (2020a), Czy chłodzenie jest przyszłością ogrzewania?, <https://www.iea.org/commentaries/is-cooling-the-future-of-heating>

IEA (2020b), Perspektywy Technologii Energetycznych 2020, <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>

JRAIA (Stowarzyszenie przemysłu chłodnictwa i klimatyzacji w Japonii) (2022 r.), Statystyki dobrowolne, <https://www.jraia.or.jp/statistic/>, [w języku japońskim].

Madeddu, S. i in. (2020 r.), Potencjał redukcji CO₂ dla przemysłu europejskiego poprzez bezpośrednią elektryfikację zaopatrzenia ciepła (energia elektryczna do ogrzewania), Environmental Research Letters, Tom 15/12, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abbd02>

Marina, A. i in. (2021 r.), Oszacowanie potencjału europejskiego rynku przemysłowych pomp ciepła, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Tom 139, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110545>

Maruf, N. i in. (2022 r.), Klasyfikacja, potencjalna rola i modelowanie magazynowania energii elektrycznej i ciepłej w systemach energetycznych: Przegląd, Technologie i Oceny Zrównoważonej Energetyki, Tom 53(B), <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102553>

Mathiesen, K. i in. (2022 r.), Wojna Putina przyspiesza detoksykację paliw kopalnych w UE, <https://www.politico.eu/article/vladimir-putin-war-ukraine-accelerates-eu-fossil-fuel-detox/>

Morawiecka, M. and J. Rosenow (2022 r.), Od marudera do lidera: jak Polska stała się najszybciej rozwijającym się rynkiem pomp ciepła w Europie, <https://foresightdk.com/from-laggard-to-leader-how-poland-became-europes-fastest-growing-heat-pump-market/>

PORT PC (2022 r.), Ponad dwukrotny wzrost sprzedaży powietrznych pomp ciepła w I poł. 2022 roku!, <https://portpc.pl/ponad-dwukrotny-wzrost-sprzedaży-powietrznych-pomp-ciepła-w-i-pol-2022-roku/>.

Rosenow, J. i in. (2022 r.), Podgrzewanie globalnego rynku pomp ciepła, *Nature Energy*, Tom 7, <https://www.nature.com/articles/s41560-022-01104-8>

Szwajcarskie Biuro ds. Energii (2020 r.), Qualitätsüberwachung von Kleinwärmepumpen und statistische Auswertung der Prüfergebnisse 2019 [Monitorowanie jakości małych pomp ciepła i ocena statystyczna wyników badania w 2019 r.], <https://pubdb.bfe.admin.ch/de/publication/download/10078>, [w języku niemieckim].

Toleikyte, A. i J. Carlsson (2021 r.), Ocena rozdziałów związanych z ogrzewaniem i chłodzeniem krajowych planów energii i klimatu (NECP), <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC124024>

US DOE (Departament Energii Stanów Zjednoczonych) (2022 r.), Wyzwanie - mieszkaniowe pompy ciepła w zimnym klimacie, <https://www.energy.gov/eere/buildings/residential-cold-climate-heat-pump-challenge>

Wastewater Heat Online (2022 r.), Studium przypadku, <https://wastewaterheat.online/case-studies>

Rozdział 2: Implikacje przyspieszonego wdrażania pomp ciepła

Daikin (2022 r.), Odzyskiwanie, regeneracja i niszczenie fluorowęglowodorów, <https://www.daikin.com/csr/environment/climatechange/fluorocarbon>

Europejska Agencja Chemikaliów (2022 r.), Rejestr zamiarów wprowadzenia ograniczeń do czasu rozstrzygnięcia, <https://echa.europa.eu/en/registry-of-restriction-intentions/-/dislist/details/Ob0236e18663449b>

Fraunhofer ISE (2022 r.), Obieg chłodniczy na bazie propanu do pomp ciepła osiąga nowy rekord wydajności, <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2022/propane-based-refrigeration-circuit-for-heat-pumps-achieves-new-efficiency-record.html>

UBA (Umweltbundesamt [German Environment Agency]) (2021), Trwałe produkty degradacji fluorowcowanych czynników chłodniczych i poroforów w środowisku: rodzaj, stężenia w środowisku i losy, ze szczególnym uwzględnieniem nowych zamienników fluorowcowanych o niskim potencjale tworzenia efektu cieplarnianego, <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/persistent-degradation-products-of-halogenated>

IEA (Międzynarodowa Agencja Energii) (2022a), 10-punktowy plan zmniejszenia zależności Unii Europejskiej od rosyjskiego gazu ziemnego, <https://www.iea.org/reports/a-10-point-plan-to-reduce-the-european-unions-reliance-on-russian-natural-gas>

IEA (2022b), Odgrywając swoją rolę: Jak zaoszczędzić pieniądze, zmniejszyć zależność od rosyjskiej energii, wesprzeć Ukrainę i pomóc planecie, <https://www.iea.org/reports/playing-my-part>

IEA (2022c), World Energy Outlook 2022, <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

IEA (2021a), Uwolnienie potencjału rozproszonych zasobów energii, <https://www.iea.org/reports/unlocking-the-potential-of-distributed-energy-resources>

IEA (2021b) Zero Netto do 2050 r. - Mapa drogowa dla globalnego sektora energetycznego, <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

IEA (2019b), Przykłady elastyczności energetycznej w budynkach, <https://www.annex67.org/media/1921/examples-of-energy-flexibility-in-buildings.pdf>

IEC (Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna) (2022 r.), IEC 60335-2-40:2022, <https://webstore.iec.ch/publication/62837>

IHME (Instytut Metryk i Ocen Zdrowia) (2022 r.), Zatrucie przez tlenek węgla – przyczyny dla Poziomu 4, https://www.healthdata.org/results/gbd_summaries/2019/poisoning-by-carbon-monoxide-level-4-cause

IPCC (Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu) (2022 r.), Wkład Grupy Roboczej III do Szóstego Raportu Oceniającego Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>

Kowalski, P. and P. Szałański (2019 r.), Sezonowy współczynnik efektywności pompy ciepła powietrze-powietrze a charakterystyka energetyczna budynku w Polsce, Sieć konferencji E3S 116, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911600039>

Holenderska Agencja Przedsiębiorczości (2022 r.), Obowiązek hybrydowych pomp ciepła, <https://business.gov.nl/amendment/hybrid-heat-pump-mandatory>

Patenaude, A. (2015), CO₂ jako czynnik chłodniczy – podstawy i uwagi, RSES journal, pp. 26-30, https://www.rses.org/assets/rses_journal/0115_CO2.pdf

Purohit, P., i in. (2022a), Kluczowa rola propanu w zrównoważonym sektorze chłodzenia, Proceedings of the National Academy of Sciences, 119(34), <https://doi.org/10.1073/pnas.2206131119>

Purohit, P., i in. (2022b), Osiągnięcie paryskich celów klimatycznych wymaga zwiększenia ambicji poprawki z Kigali, zmiany klimatu natury, 12, pp. 339-342, <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01310-y>

Purohit, P., and L. Höglund-Isaksson (2017 r.), Globalne emisje fluorowanych gazów cieplarnianych 2005 2050 wraz z potencjałem redukcji i kosztami, <https://doi.org/10.5194/acp-17-2795-2017>

RHC and EHPA (Renewable Heating and Cooling and European Heat Pump Association) (2021 r.), Strategiczny program badań i innowacji w zakresie pomp ciepła: przygotowanie technologii do masowego wdrożenia, <https://www.rhc-platform.org/content/uploads/2021/06/RHC-ETIP-SRIA-HPs-2021v02-WEB.pdf>

RTE (Réseau de Transport d'Électricité) [Sieć transmisji energii elektrycznej] (2021 r.), Ścieżki energii do 2050, https://assets.rte-france.com/prod/public/2022-01/Energy%20pathways%202050_Key%20results.pdf

US DOE (Departament Energii Stanów Zjednoczonych) (2022 r.), Raport o energii i zatrudnieniu Stanów Zjednoczonych, <https://www.energy.gov/policy/us-energy-employment-jobs-report-useer>

UNEP (Program środowiskowy ONZ) (2018 r.), <https://www.unep.org/ozonaction/refrigerant-management-0>

UNEP (2017), Arkusz informacyjny Kigali 2 - Obecne zastosowanie HCFC i HFCS, <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/2686>

Rozdział 3: Bariery i rozwiązania

Agora Energiwende (2022 r.), Durchbruch für die Wärmepumpe: Praxis Optionen für eine effiziente Wärmewende im Gebäudebestand [Przełom dla pompy ciepła: Praktyczne opcje wydajnej transformacji ogrzewania w zasobie budynków], https://static.agora-energiwende.de/fileadmin/Projekte/2022/2022-04_DE_Scaling_up_heat_pumps/A-EW_273_Waermepumpen_WEB.pdf, [w języku niemieckim].

Bloomberg News (2021), Miedź jest teraz tak droga, że klimatyzacja przechodzi na aluminium, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-09-09/copper-is-so-pricey-now-that-aircons-are-switching-to-aluminum?leadSource=uverify%20wall>

Bosch (2022 r.), Termotechnologia: 300 milionów euro dla branży pomp ciepła, <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/thermotechnology-300-million-euros-for-the-heat-pump-business-240185.html>

Catapult Energy Systems (2022 r.), Co robimy, <https://es.catapult.org.uk/>

BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) [Biuro Badań Geologicznych i Górniczych, Francja] (2022 r.) Większy Paryż: zmapowano potencjał geotermalny przy powierzchni, <https://www.brgm.fr/en/news/press-release/greater-paris-near-surface-geothermal-potential-mapped>

Daikin (2022 r.), Daikin Europe inwestuje 300 mln euro w nową polską fabrykę pomp ciepła do ogrzewania, https://www.daikin-ce.com/en_us/press-releases/2022/daikin-europe-invests-300-million-in-new-polish-heat-pump-heatin.html

Duńska Agencja Energii (2022 r.), Energimærkning af huse [Etykietowanie energetyczne domów], <https://sparenergi.dk/forbruger/boligen/energimaerkning-boliger/huse>, [w języku duńskim].

dena (2022 r.), Pompy ciepła w doradztwie energetycznym, <https://www.dena.de/en/newsroom/publication-detail/pub/a-survey-of-experts-the-heat-pump-in-energy-consultations/>

EBOR (Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju) (2022 r.), Selektor Zielonych Technologii, <https://techselector.com/ts-en/>

ELA (Europejski Urząd ds. Pracy) (2021 r.), Raport o niedoborach i nadwyżkach siły roboczej, <https://www.ela.europa.eu/en/media/725>

Electric Ireland (2022 r.), Plan cenowy dla pompy ciepła, <https://www.electricireland.ie/residential/electricity-and-gas/heat-pump-price-plan>

Energie-Control Austria, MEKH and VaasaETT (2022 r.), Indeks cen energii w gospodarstwach domowych (HEPI) (baza danych), <https://www.energypriceindex.com/price-data> (dostęp w październiku 2022 r.).

Energiesprong (2021), Renowacja seryjna: zakończony pierwszy projekt pilotażowy w Niemczech, <https://energiesprong.org/serial-renovation-germanys-first-pilot-project-completed/>

Komisja Europejska (2022 r.), Wniosek dotyczący rozporządzenia Rady ustanawiającego ramy dla przyspieszenia wdrażania energii odnawialnej,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=COM:2022:591:FIN>

Unia Europejska (2012), Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/19/UE w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE - wersja przekształcona), <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:197:0038:0071:EN:PDF>

First Citizens Bank (2022 r.), Niedobór sprzętu HVAC: jak bieżące problemy z łańcuchem dostaw wpłyną na technologię?, <https://www.firstcitizens.com/small-business/insights/skilled-trades/hvac-equipment-shortage>

Georisk (2021), Gdzie jesteśmy z programami ograniczania ryzyka geotermalnego?,
<https://www.georisk-project.eu/where-are-we-with-geothermal-risk-mitigation-schemes/>

GOV.UK (2022 r.), Mechanizm rynkowy dla niskoemisyjnego ciepła – Konsultacje,
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1026607/clean-heat-market-consultation.pdf

GOV.UK (2016), Potencjalne redukcje kosztów dla powietrznych pomp ciepła,
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/498962/150113_Delta-ee_Final_ASHP_report_DECC.pdf

Heptonstall, P., & Winskel, M. (w przygotowaniu), Dekarbonizacja ogrzewania domu: przegląd dowodów dotyczących kosztów instalacji domowej pompy ciepła.

Hoval (2022 r.), Hoval zwiększa inwestycje w produkcję pomp ciepła,
<https://www.hoval.co.uk/press/uk/hoval-increases-investment-in-heat-pump-production?e=>

IEA (Międzynarodowa Agencja Energetyczna) (2022a), Efektywność energetyczna 2022,
<https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>

IEA (2022b), Macierz rozwiązań,
<https://heatpumpingtechnologies.org/annex50/solution-matrix/>

IEA (2021), Dania: Strategiczna perspektywa rynkowa,
<https://heatpumpingtechnologies.org/publications/denmark-strategic-market-outlook/>

International Copper Alliance (2022 r.), Dom i biuro: Infrastruktura na nowo wyobrażona - Zestawienie informacji, <https://copperalliance.org/wp-content/uploads/2022/02/ICA-IR-HomeOffice-202202-R4.pdf>

Klingauf, J. (2022 r.), Wärmepumpen-Boom: Deutscher Mittelständler Stiebel Eltron investiert 600 Millionen Euro [Boom na pompy ciepła: niemiecka firma średniej wielkości Stiebel Eltron inwestuje 600 milionów euro], <https://stiebel-eltron.pressroom-rbt.com/2022/08/30/waermepumpen-boom-deutscher-mittelstaendler-stiebel-eltron-investiert-600-millionen-euro/>, [w języku niemieckim].

Mitsubishi (2022 r.), Mitsubishi Electric zwiększa moce produkcyjne w bazie A/C w Turcji,
<https://www.mitsubishielectric.com/news/2022/0527.html>

Nesta (2021), Kotły przejściowe do zepsutego ogrzewania, <https://www.nesta.org.uk/interim-boilers-for-broken-heating/>

NIBE (2022 r.), Raport okresowy 2, 2022 (Q2), <https://www.nibe.com/investors/pm-news-reports/2022---news-reports/2022-08-18-interim-report-2-2022-q2>

Panasonic (2022 r.), Panasonic przyspiesza inwestycję w produkcję pomp ciepła powietrze-woda w swojej czeskiej fabryce, <https://news.panasonic.com/global/press/en220902-2>

PEP (2022 r.), PEP EcoPassport (baza danych), <http://www.pep-ecopassport.org/> (dostęp z września 2022).

Quanlin, Q. (2022 r.), Midea rozpoczyna prace nad nową instalacją pomp ciepła we Włoszech, <https://www.chinadaily.com.cn/a/202210/15/WS634a007ba310fd2b29e7c96a.html>

RAP (Regulatory Assistance Project) (2022a), Wyrównywanie szans: dostosowanie podatków i opłat za energię grzewczą w Europie do celów klimatycznych, <https://www.raponline.org/wp-content/uploads/2022/07/Taxes-and-levies-final-2022-july-18.pdf>

RAP (2022b), Pakiety polityk jako zestaw narzędzi do wdrożenia pomp ciepła globalnie i na masową skalę, https://www.raponline.org/wp-content/uploads/2022/11/RAP_Heat_Pump_Toolkit.pdf

Shen, X i in. (2021), Oszacowanie zmiany cen sprzedaży domów w Stanach Zjednoczonych po przyjęciu pompy ciepła, *Nature Energy*, Tom 6, pp. 30-37, <https://doi.org/10.1038/s41560-020-00706-4>

Urban, R. (2021), Programy finansowania czystej energii w Kanadzie, <https://www.energyhub.org/financing/#canada-wide>

US DOE (Departament Energii Stanów Zjednoczonych) (2016 r.), Łańcuchy dostaw pomp ciepła i względy konkurencyjności produkcji, https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/04/f30/30005_Mann_040716-1105.pdf

Vaillant Group (2022 r.), EBI wspiera badania i rozwój Grupy Vaillant w zakresie przyjaznych dla klimatu rozwiązań grzewczych, <https://www.vaillant-group.com/news-stories/eib-supports-the-vaillant-group%60s-research-and-development-for-climate-friendly-heating-systems.html>

Viessmann Group (2022 r.), Grupa Viessmann zainwestuje 1 miliard euro w pompy ciepła i rozwiązania ekologiczne, <https://www.viessmann.family/en/newsroom/company/viessmann-group-to-invest-eur-1-billion-in-heat-pumps-and-green-solutions>

Walker, P. (2021), Mitsubishi inwestuje 15 milionów funtów w fabrykę pomp ciepła w Livingston, <https://www.insider.co.uk/news/mitsubishi-invests-15-million-livingston-25369217>

Bank Światowy (2022 r.), Tablica cen węgla, <https://carbonpricingdashboard.worldbank.org/>

International Energy Agency (IEA)

Niniejsze opracowanie odzwierciedla poglądy Sekretariatu IEA, jednakże niekoniecznie jest odzwierciedleniem poglądów poszczególnych Krajów Członkowskich IEA, bądź któregośkolwiek konkretnego fundatora lub współpracownika. Niniejsze opracowanie nie stanowi profesjonalnej porady dotyczącej konkretnego problemu lub sytuacji. IEA nie składa żadnych oświadczeń ani gwarancji, wyraźnych ani dorozumianych, w odniesieniu do treści opracowania (w tym jego kompletności lub dokładności) oraz nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek wykorzystanie opracowania lub poleganie na nim.

Polskie tłumaczenie raportu The Future of Heat Pumps

Polska wersja raportu „The Future of Heat Pumps” została przetłumaczona z wersji angielskiej, która jest oficjalną wersją tej publikacji. Chociaż IEA jest autorem oryginalnej angielskiej wersji tej publikacji, nie bierze odpowiedzialności za dokładność ani kompletność tego tłumaczenia. Niniejsza publikacja została przetłumaczona na wyłączną odpowiedzialność PORT-PC.



Uznanie autorstwa 4.0. Niniejsze opracowanie jest dostępne na międzynarodowej licencji Creative Commons, pod warunkiem oznaczenia autorstwa IEA treści objętych licencją CC.

Niniejszy dokument i jakiegokolwiek mapy w nim zawarte pozostają bez uszczerbku dla statusu lub suwerenności jakiegokolwiek terytorium, dla rozgraniczenia międzynarodowych granic i nazw jakiegokolwiek terytorium, miasta lub obszaru.

O ile nie wskazano inaczej, cały materiał przedstawiony na rysunkach i tabelach pochodzi z danych i analiz IEA.

IEA Publications

International Energy Agency

Website: www.iea.org

Informacje kontaktowe: www.iea.org/contact

Skład tekstu we Francji przez IEA – listopad 2022 r

Projekt okładki: IEA

Przyszłość pomp ciepła

World Energy Outlook Special Report

Pompy ciepła, zasilane niskoemisyjną energią elektryczną, są główną technologią globalnej transformacji w kierunku bezpiecznego i zrównoważonego ogrzewania.

Przyszłość pomp ciepła, raport specjalny Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) z serii World Energy Outlook, przedstawia perspektywy dla pomp ciepła, identyfikując kluczowe możliwości przyspieszenia ich wdrażania. Zwraca również uwagę na główne bariery i rozwiązania polityczne oraz bada konsekwencje przyspieszonego upowszechnienia pomp ciepła dla bezpieczeństwa energetycznego, rachunków konsumentów za energię, zatrudnienia i wysiłków na rzecz przeciwdziałania zmianom klimatycznym.

W 2021 roku około 10% zapotrzebowania na ogrzewanie pomieszczeń na całym świecie zostało zaspokojonych przez pompy ciepła, ale tempo instalacji szybko rośnie, a sprzedaż osiąga rekordowe poziomy. Potrzebne jest jednak wsparcie w postaci odpowiednich polityk rządowych, aby pomóc konsumentom przezwyciężyć wyższe koszty początkowe pomp ciepła w porównaniu z rozwiązaniami alternatywnymi. Zachęty finansowe dla pomp ciepła są już dostępne w ponad 30 krajach, które łącznie są obecnie odpowiedzialne za ponad 70% zapotrzebowania na ciepło. IEA szacuje, że pompy ciepła mogą zmniejszyć globalną emisję dwutlenku węgla (CO₂) o co najmniej 500 milionów ton w 2030 r. – tyle samo, ile wynosi roczna emisja CO₂ z wszystkich samochodów w Europie.

