Enercode
your access code to the future

Forum Energii
Analizy i dialog

Lead Air

Scenariusze transformacji energetycznej Warszawy

www.forum-energii.eu

O Forum Energii

Forum Energii to europejski, interdyscyplinarny think tank z Polski, którego zespół tworzą ekspertki i eksperci działający na rzecz transformacji energetycznej. Łączymy doświadczenia zdobyte m.in. w biznesie, administracji publicznej, mediach i nauce ze specjalistyczną wiedzą z obszaru energii.

Misją Forum Energii jest inicjowanie dialogu, proponowanie rozwiązań opartych na wiedzy, a także inspirowanie do działania na rzecz sprawiedliwej i efektywnej transformacji energetycznej, która prowadzi do neutralności klimatycznej. Cel ten realizujemy poprzez analizy, opinie i dyskusję na temat dekarbonizacji głównych obszarów gospodarki.

Wszystkie publikacje Forum Energii są udostępniane nieodpłatnie i mogą być powielane pod warunkiem wskazania ich źródła i autorów.

O Enercode

Enercode Sp. z o.o. istnieje od 2019 r. Jest spółką pracowniczą Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) powołaną przez członków jej podjednostki – IDEA (Interdisciplinary Division for Energy Analysis). Jej celem jest komercjalizacja dorobku badawczego IDEA.

Misją Enercode jest zrównoważony rozwój energetyki dla dobra ludzi i środowiska naturalnego. Realizujemy ją poprzez tworzenie technologicznych i procesowych innowacji w sektorze energetyki, dostarczanie analiz dla podmiotów państwowych oraz prywatnych, a także tworzenie środowiska pracy, w którym pracownicy są bezpośrednio zaangażowani w realizację tych zadań.

Raport powstał dzięki współpracy w ramach projektów NEEST i LeadAir.

Publikacja finansowana jest przez Clean Air Fund. Opracowanie jest bezstronne i obiektywne, partner nie miał wpływu na jego tezy ani wymowę. Wszystkie prawa zastrzeżone.

CLEAN AIR FUND

AUTORKA
Anita Cieślicka – Forum Energii

ANALIZA DANYCH
Tobiasz Adamczewski – Forum Energii
Jakub Jezierski – Forum Energii
Kacper Kwidziński – Forum Energii
Karol Wawrzyniak – Enercode
Maksymilian Grab – Enercode

WSPÓŁPRACA
Biuro Ochrony Powietrza i Polityki Klimatycznej
Miasto Stołeczne Warszawa
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
Projekt NEEST

REDAKCJA
Julia Zaleska

OPRACOWANIE GRAFICZNE
Karol Koszniec

ZDJĘCIE
fot. m.st. Warszawa

DATA PUBLIKACJI
kwiecień 2025

SPIS TREŚCI

Wstęp

1. Główne wnioski 3
2. Wprowadzenie 4
3. Dlaczego Warszawa? 7
4. Punkt wyjścia 9
5. Warszawski system ciepłowniczy 11
6. Scenariusze dla Warszawy 12
   - 6.1. Założenia dotyczące modelowania 15
   - 6.2. Scenariusz referencyjny 17
   - 6.3. Rozwój ciepłownictwa centralnego 19
   - 6.4. Rozproszone źródła ciepła 22
   - 6.5. Porównanie scenariuszy 24
7. Podsumowanie 28

Bibliografia 34

KWIECIEŃ 2025

Wstęp

Jednym z największych wyzwań dla Polski w kolejnych latach jest transformacja energetyczna. Do wygrania są niższe koszty ogrzewania, poprawa jakości powietrza, ograniczenie emisji CO_2 oraz zmniejszenie importu paliw kopalnych do kraju. Jest to kusząca wizja. Jednak po drugiej stronie równania są wysokie koszty inwestycyjne, brak odpowiednio wykształconej kadry technicznej, niewystarczające planowanie i niedostateczne motywowanie społeczeństwa do przemian. Polki i Polacy nie zaakceptują zmian, jeśli nie będą ich beneficjentami. Dlatego proces transformacji trzeba dobrze zaplanować, minimalizując ryzyka popełnienia błędów.

Dotychczasowa polityka państwa w zakresie czystego powietrza i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych jest rozczarowująca. Z tego powodu samorządy muszą wkładać więcej wysiłku w to, aby pozyskiwać i inwestować dostępne fundusze, wchodzić w dialog z obywatelami i wskazywać kierunki zmian podległym im podmiotom. Pomimo tych barier wiele miast i gmin podejmuje walkę ze smogiem. Każde miasto jest jednak inne — ma specyficzne ograniczenia i możliwości. Dlatego musimy wypracowywać rozwiązania dostosowane do lokalnych potrzeb.

Forum Energii od pięciu lat rozwija projekt LeadAir adresowany do liderów zmian – miast, które stawiają sobie cele i walczą o lepszą jakość życia swoich mieszkańców. Wybraliśmy pięć ambitnych miast – Włocławek, Rawicz, Rybnik, Piastów i **Warszawę**, aby wspólnie z nimi opracować plany ich transformacji energetycznej. Miasta te łączy to, że są otwarte na współpracę, odważne we wdrażaniu nowych rozwiązań, ale przede wszystkim świadome tego, jak ważna jest transformacja na poziomie lokalnym.

Wspólnie z firmą technologiczną Enercode, na bazie innowacyjnego modelu cyfrowego Zefir, przygotowaliśmy scenariusze transformacji energetycznej Warszawy. Dzięki nim miasto uzyska wiedzę o własnych zasobach i ograniczeniach oraz o możliwych ścieżkach lokalnej transformacji. Pozwoli to na lepsze komunikowanie zmian, racjonalne planowanie inwestycji oraz większe oszczędności.

Wierzymy, że tylko rzetelne dane i liczby są w stanie obronić transformację energetyczną na poziomie lokalnym. Mamy nadzieję, że niniejszy plan transformacji energetycznej będzie motorem zmian w Warszawie, motywacją dla władz krajowych i inspiracją do działania dla innych polskich samorządów.

Zachęcam do lektury i dyskusji.
Joanna Pandera
Prezeska Forum Energii

1. Główne wnioski

- **Inwestycje w niskoemisyjne źródła ciepła i termomodernizację pozwolą na obniżenie kosztów ogrzewania dla mieszkańców Warszawy**

  Do 2060 r. łączne koszty ogrzewania Warszawy mogą wynieść ponad 600 mld zł. Będzie to efekt braku inwestycji w OZE oraz termomodernizację budynków. Dzięki inwestycjom w centralne ciepłownictwo i jego modernizację koszty ciepła dla Warszawy mogą być niższe o niemal 50% w postaci niższych rachunków za ogrzewanie dla mieszkańców oraz mniejszych obciążeń finansowych dla miasta.

- **Konieczne jest wsparcie termomodernizacji budynków w mieście**

  Termomodernizacja jest najtańszym i najskuteczniejszym sposobem na ograniczenie zużycia energii, a tym samym niższe rachunki. Z tego względu Warszawa powinna kontynuować wspieranie inwestycji w głębokie i kompleksowe termomodernizacje, zwłaszcza budynków wielorodzinnych, poprzez współpracę ze wspólnotami mieszkaniowymi i spółdzielniami.

- **Potrzeba strategicznych decyzji dotyczących modernizacji systemów ciepłowniczych w Warszawie**

  Dekarbonizacja systemów ciepłowniczych może zostać zrealizowana na dwa sposoby: poprzez modernizację centralnych systemów ciepłowniczych lub rozwój indywidualnych źródeł ciepła. Choć modernizacja systemu centralnego wiąże się z wyższymi kosztami początkowymi, lepiej odpowiada na potrzeby Warszawy, zapewniając stabilność dostaw i efektywne zarządzanie energią. Mimo niższych kosztów inwestycyjnych inwestycje w indywidualne źródła ciepła wiążą się z wyzwaniami logistycznymi i operacyjnymi, które mogą utrudniać długoterminową transformację energetyczną.

- **Ważnym elementem transformacji mogą być instalacje przetwarzania odpadów**

  Wykorzystanie technologii przetwarzania odpadów pozwala na produkcję ciepła i energii oraz ograniczenie zużycia paliw kopalnych, co z powodzeniem stosują inne europejskie miasta. Zakłady termicznego przekształcania odpadów mogą odgrywać istotną rolę w transformacji energetycznej Warszawy, umożliwiając poprawę efektywności energetycznej miasta i wspierając gospodarkę odpadami.

- **Rozwiązaniem dla miasta jest przejście na sieci niskotemperaturowe**

  Modernizacja miejskiego systemu ciepłowniczego w Warszawie poprzez wprowadzenie sieci niskotemperaturowych stanowi kluczowy element transformacji energetycznej miasta. Umożliwi to integrację odnawialnych źródeł energii, poprawę efektywności energetycznej oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych i CO_2. W dalszej perspektywie sieci niskotemperaturowe są niezbędnym krokiem w kierunku dekarbonizacji i zrównoważonego rozwoju miejskiego ciepłownictwa.

- **Wykorzystanie potencjału ciepła odpadowego może wspomóc transformację miasta**

  Ciepło odpadowe, zwłaszcza pochodzące z oczyszczalni ścieków, serwerowni, metra i innych obiektów przemysłowych, może znacząco zwiększyć efektywność miejskiego systemu ciepłowniczego, zmniejszając straty energii i wspierając dekarbonizację. Takie rozwiązania powinny stać się integralnym elementem strategii energetycznej Warszawy, umożliwiając efektywniejsze zarządzanie zasobami i realizację celów klimatycznych.

- **Niezbędne są inwestycje w magazyny ciepła**

  Magazyny energii pozwalają na przechowywanie i wykorzystywanie zgromadzonej energii w okresach większego zapotrzebowania. Inwestycje w magazyny energii, zarówno krótkoterminowe, jak i sezonowe, są kluczowe dla stabilizacji warszawskiego systemu elektroenergetycznego i ciepłowniczego oraz optymalizacji kosztów energii. Rozwój magazynów ciepła w Elektrociepłowni Siekierki i Elektrociepłowni Żerań to ważny krok w kierunku efektywnego zarządzania energią. Dalsza rozbudowa infrastruktury magazynowej będzie w przyszłości niezbędna do zapewnienia efektywnej integracji odnawialnych źródeł energii z całym systemem elektroenergetycznym.

2. Wprowadzenie

Rola lokalnych samorządów w kwestii poprawy jakości powietrza i realizacji celu neutralności klimatycznej jest niezwykle trudna. Oczekiwania wobec samorządów ze strony rządu, lokalnych społeczności i przedsiębiorstw rosną. Jednocześnie brakuje jednak środków finansowych i odpowiednio wykształconych kadr niezbędnych do zarządzania złożonymi strukturami projektów towarzyszących transformacji.

Presja połączona z brakiem utartych ścieżek dla procesów lokalnej transformacji energetycznej motywuje samorządy do poszukiwania nowych rozwiązań i innowacji. Rośnie zainteresowanie nowymi technologiami, algorytmami i narzędziami cyfrowymi, które mogłyby wesprzeć i zoptymalizować proces planowania strategicznego.

Przed rządem, władzami regionalnymi i samorządami okres wzmożonej pracy, ponieważ Polska wraz z innymi krajami UE zobowiązała się do:

1) osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r.,
2) redukcji emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 55% do 2030 r. (w porównaniu z 1990 r).

Cele te są zgodne z Europejskim Zielonym Ładem i pakietem legislacyjnym Fit for 55. Mają zostać osiągnięte m.in. dzięki wdrożeniu aktów unijnych, takich jak dyrektywa o efektywności energetycznej budynków[1] czy dyrektywa o odnawialnych źródłach energii[2].

Kluczowe dla kraju są uniezależnienie się od drogich, importowanych paliw oraz jednoczesne ograniczenie emisji pyłów zawieszonych i gazów cieplarnianych, co ma bezpośredni wpływ na jakość życia obywateli. Oprócz odzwierciedlenia celów strategicznych w dokumentach, takich jak *Krajowy Plan na rzecz Energii i Klimatu* (KPEiK)[3], konieczne jest zwiększenie skuteczności działań na poziomie lokalnym, zwłaszcza w miastach.

Zaniedbania ostatnich lat w obszarze transformacji energetycznej sprawiają, że Polska musi nadrobić zaległości. Oznacza to przyspieszenie działań w obszarach dotąd mniej rozwiniętych. Najpilniejsze działania to modernizacja energetyczna budynków i rozwój odnawialnych źródeł energii. Kluczowe będzie również przełożenie ogólnokrajowych strategii i legislacji na konkretne, skuteczne projekty realizowane na poziomie lokalnym. Bez tego efektywna transformacja energetyczna będzie niemożliwa do zrealizowania w założonych terminach.

Na drodze do osiągnięcia ambitnych celów w zakresie jakości powietrza i klimatu Polska musi zaadresować kilka szczególnie ważnych obszarów.

1 *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1275 z dnia 24 kwietnia 2024 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków* (Dz. Urz. UE L 2024/1275).

2 *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r. zmieniająca Dyrektywę (UE) 2018/2001, rozporządzenie (UE) 2018/1999 i Dyrektywę 98/70/WE w zakresie promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylająca Dyrektywę (UE) 2015/652* (Dz. Urz. UE L 2023/2413).

3 MKiŚ, *Projekt Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r. – wersja do konsultacji publicznych z 10.2024 r.*, 2024, https://www.gov.pl/web/klimat/projekt-krajowego-planu-w-dziedzinie-energii-i-klimatu-do-2030-r--wersja-do-konsultacji-publicznych-z-102024-r.

1. Poprawa efektywności energetycznej budynków publicznych i prywatnych

Szacuje się, że 30% najbardziej energochłonnych budynków mieszkalnych w naszym kraju odpowiada za konsumpcję ok. 50% energii zużywanej we wszystkich budynkach. Według prognoz do 2050 r. w Polsce powinno zostać przeprowadzonych ok. 7,5 mln inwestycji termomodernizacyjnych[4], co zapowiada bezprecedensową falę renowacji w kraju.

2. Wymiana źródeł ogrzewania

Mimo że Polska stała się przykładem tego, jak ograniczać emisje pyłów zawieszonych z ogrzewnictwa, miasta i gminy wciąż odczuwają skutki funkcjonowania ponad 3,3 mln indywidualnych pieców węglowych[5]. Przejście na niskoemisyjne źródła ciepła w połączeniu z kompleksową termomodernizacją budynków to jedyna ścieżka do poprawy jakości powietrza. Redukcja emisji przyczyni się także do utrzymania na akceptowalnym poziomie rachunków za ogrzewanie. Bez redukcji strat ciepła i wymiany przestarzałych urządzeń grzewczych w budynkach mieszkalnych koszty ogrzewania będą rosnąć zarówno dla indywidualnych użytkowników, jak i samorządów.

3. Rozwój OZE

W latach 2017–2022 Polska odnotowała wzrost udziału OZE w końcowym zużyciu energii brutto z 11% do 16,8%[6]. Od 2020 r. do 2022 r. nastąpił największy jak do tej pory wzrost liczby pomp ciepła i instalacji fotowoltaicznych w gospodarstwach domowych. Jak wynika z danych udostępnionych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) w programie „Czyste Powietrze", w okresie od stycznia do czerwca 2022 r. zainteresowanie pompami ciepła wśród gospodarstw domowych dwukrotnie wzrosło. W tym czasie przewyższyły one popularnością nawet kotły gazowe i na biomasę.

> Rozwój przydomowych OZE w Polsce zależy nie tylko od indywidualnych decyzji konsumenckich, ale także od warunków legislacyjnych i konstrukcji systemów wsparcia. Bez rozwoju pomp ciepła i paneli fotowoltaicznych na poziomie lokalnym odejście od paliw kopalnych w ogrzewnictwie i zwiększanie efektywności energetycznej budynków będą niemożliwe do osiągnięcia.

Energia pozyskiwana ze źródeł odnawialnych i pomp ciepła to najbardziej efektywny sposób dekarbonizacji, co należy już teraz brać pod uwagę w planowaniu strategicznym procesu transformacji energetycznej. Dla dużych systemów ciepłowniczych wciąż potrzebne będzie zapewnienie alternatywnego dla OZE paliwa dla źródeł szczytowych w okresach wzmożonego zapotrzebowania np. na biogazy.

Wykres 1 wskazuje, że po 2021 r. nastąpił wyraźny spadek liczby nowych instalacji fotowoltaicznych i pomp ciepła w kraju, co stanowi dramatyczną zmianę w stosunku do wcześniejszych lat dynamicznego wzrostu. W przypadku pomp ciepła kluczowe okazały się dwa czynniki: brak rządowego limitu cen energii elektrycznej dla systemów grzewczych, co znacząco podniosło koszty eksploatacji urządzeń, oraz brak skutecznej certyfikacji urządzeń, prowadzący do napływu niskiej jakości produktów o słabej efektywności.

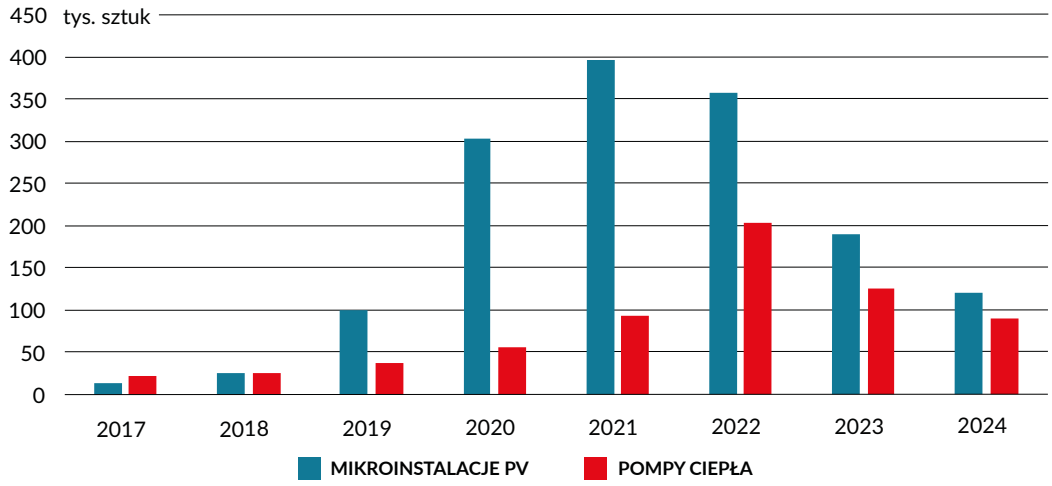
W segmencie fotowoltaiki przyczynami spadku zainteresowania konsumentów były natomiast zmiana systemu rozliczeń na taki, który jest mniej korzystny dla właścicieli instalacji, oraz coraz częstsze wyłączenia ze strony operatorów sieci dystrybucyjnej (OSD) z powodu nadmiaru energii, które osłabiły opłacalność inwestycji. Te systemowe bariery nie tylko ograniczają rozwój OZE w Polsce, ale także mogą sprawiać wrażenie, że technologie te tracą na znaczeniu – co jest niepożądanym sygnałem dla rynku i wymaga pilnej korekty w mechanizmach wsparcia.

4 MRiT, *Długoterminowa strategia renowacji budynków. Wspieranie renowacji krajowego zasobu budowlanego*, 2022, https://www.gov.pl/web/rozwoj-technologia/Dlugoterminowa-strategia-renowacji-budynkow.

5 Dane pochodzą z raportów CEEB, https://zone.gunb.gov.pl/pl/raporty.

6 GUS, *Energia ze źródeł odnawialnych w 2022 roku*, 2022, https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/energia/energia-ze-zrodel-odnawialnych-w-2022-roku,10,6.html.

Wykres 1. Przyrost liczby pomp ciepła i mikroinstalacji fotowoltaicznych w latach 2017–2023 w Polsce



Źródła: szacunkowe obliczenia Forum Energii na podstawie: PTPiREE, PORT PC oraz konsultacji eksperckich.

Miasta i gminy odgrywają kluczową rolę w transformacji energetycznej w Polsce, jednak ich potencjał nie został w pełni wykorzystany. Pomimo możliwości konsultowania się bezpośrednio z mieszkańcami i odpowiedzialności za lokalne strategie klimatyczne polskie samorządy napotykają liczne bariery.

Ograniczony dostęp do funduszy i brak stabilnych mechanizmów finansowania utrudniają inwestycje w OZE i modernizację infrastruktury. Skomplikowane procedury oraz brak koordynacji między szczeblami administracji prowadzą natomiast do opóźnień w realizacji projektów. Problemem jest też brak dostatecznej liczby wykwalifikowanych specjalistów. Przyczynia się to do tego, że wiele inicjatyw nie wychodzi poza etap koncepcji.

Mimo to polskie miasta i gminy mają dużą szansę, by stać się liderami transformacji energetycznej — potrzebują jedynie uproszczenia procedur, stabilnego wsparcia i lepszej współpracy na poziomie krajowym i lokalnym. Miasta i gminy mogą efektywnie wspierać mieszkańców w podejmowaniu decyzji i realizacji inwestycji.

Aby sprostać tym wyzwaniom, muszą one dysponować nie tylko jasną wizją rozwoju i dostępem do funduszy, ale także lokalnym zapleczem eksperckim, zdolnym do doradzania mieszkańcom oraz koordynowania działań na większą skalę. Bez odpowiedniego wsparcia finansowego i organizacyjnego realizacja ambitnych celów zwiększających lokalne bezpieczeństwo energetyczne może okazać się zbyt trudna do osiągnięcia.

Miasta, które już dziś mierzą się z ograniczonymi zasobami kadrowymi i finansowymi, stoją przed koniecznością równoczesnego podjęcia pilnych wyzwań, takich jak:

1) adaptacja do zmian klimatycznych,
2) poprawa jakości powietrza,
3) odchodzenie od paliw kopalnych.

W tej sytuacji kluczowe znaczenie mają rzetelne analizy i dostęp do aktualnych, precyzyjnych danych, które pozwalają wybierać rozwiązania optymalne pod względem kosztów i efektów. Dzięki lepszemu planowaniu i priorytetyzacji działań polskie miasta mogą zwiększyć tempo realizacji projektów w kluczowych obszarach transformacji energetycznej, takich jak ciepłownictwo, OZE czy transport, efektywniej wykorzystywać dostępne środki i skuteczniej zadbać o swoich mieszkańców, minimalizując przy tym obciążenia budżetowe i środowiskowe.

Nowoczesne rozwiązania technologiczne dają polskim samorządom możliwość efektywniejszego planowania działań i tworzenia zrównoważonego, przyjaznego mieszkańcom środowiska miejskiego. Niniejszy raport pokazuje, jak innowacyjne narzędzia mogą wspierać miasta w praktyce.

Tworzenie oferty takich rozwiązań jest jednak złożonym procesem, wymagającym ścisłej współpracy ekspertów technologicznych i badawczych. Wyniki prezentowane w tym opracowaniu są efektem współpracy dwóch projektów: LeadAir i NEEST. Forum Energii we współpracy z firmą technologiczną Enercode odpowiedzialną za modelowanie oraz Narodowym Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu NEEST wsparło rozwój modelu i rozszerzenie jego danych oraz technologii. Dzięki tej szeroko zakrojonej współpracy powstała unikatowa baza wiedzy. W niniejszym raporcie przedstawiamy rozwiązania dla Warszawy. Wierzymy, że zaprezentowane działania mogą być inspiracją dla innych dużych ośrodków miejskich, które dążą do skuteczniejszej realizacji swoich zadań w zakresie klimatu i energii.

3. Dlaczego Warszawa?

Warszawa, największe miasto w Polsce, liczy 1,8 mln mieszkańców. Liczba użytkowników miasta[7] sięga jednak nawet 2,2 mln. Miasto należy do 15 największych aglomeracji w Europie. W 2022 r. liczba mieszkańców Warszawy wzrosła o ok. 300–400 tys., głównie z powodu migracji osób z Ukrainy. Nagły przyrost populacji wpłynął na zwiększone zapotrzebowanie na energię, wodę i inne media, co przełożyło się na wyższe koszty utrzymania infrastruktury miejskiej i transportu publicznego.

Większa liczba mieszkańców oznacza również wyższy poziom emisji i większe wyzwania związane z zarządzaniem płynnością funkcjonowania miasta. Warszawa ma duży potencjał wpływu poprzez swoją skalę – liczbę budynków, dostępną przestrzeń, zasoby i środki finansowe, ale mierzy się jednocześnie z bezprecedensową skalą wyzwań, kosztownymi inwestycjami i długimi procesami decyzyjnymi w skutecznej transformacji energetycznej.

Warszawa w ostatnich latach wzmocniła swoje działania na rzecz poprawy jakości powietrza, klimatu i środowiska, stawiając na wymianę źródeł ciepła, ale też strategiczne planowanie zmian na rzecz dekarbonizacji w perspektywie do 2050 r. Zarówno Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ), jak i międzynarodowa organizacja IQAir wskazują, że w warszawskim powietrzu z roku na rok maleje poziom pyłów zawieszonych (PM), które są głównymi składnikami smogu. Średnioroczne stężenie PM2,5 w Warszawie między 2017 a 2023 r. zmalało z 26,7 do 13,2 µg/m^3, zbliżając się do normy zalecanej przez Światową Organizację Zdrowia (10 µg/m^3)[8]. Co ważne, stężenia benzo(a)pirenu (BaP) pochodzącego ze spalania paliw, który jest bardzo niebezpieczny dla zdrowia, maleją równie dynamicznie.

To w znacznej mierze zasługa trwającej od 2018 r. wymiany tzw. kopciuchów na niskoemisyjne indywidualne źródła ciepła. Ich liczba w stolicy spadła z 15 tys. do 1,5 tys. w 2025 r. Dodatkowo do 2024 r. Urząd Miasta przyznał 546 dotacji na instalacje OZE dla mieszkańców[9]. Konsekwentna wymiana starych źródeł węglowych, inwestycje w zieleń, retencję i komunikację miejską, termomodernizacja budynków oraz uruchomiona niedawno strefa czystego transportu to tylko część działań, które z sukcesem wdraża miasto.

Warszawa, która jeszcze kilka lat temu pozostawała w tyle za polskimi pionierami działań na rzecz czystego powietrza, obecnie wyrasta na ich liderkę. Jest to zasługą m.in. otwarcia się na głosy ruchów społecznych i organizacji pozarządowych. Przyczyniło się do tego również rozpoczęcie dużych projektów inwestycyjnych, takich jak system odzyskiwania ciepła z warszawskiego metra czy objęcie obszarem rewitalizacji Targówka, Pragi Północ i Pragi Południe. Miasto scaliło projekty prowadzone punktowo w jeden spójny plan, który przynosi odczuwalne dla mieszkańców korzyści.

7 Do osób użytkujących miasto należą nie tylko osoby mieszkające na jego terenie, ale także turyści czy osoby zamiejscowe pracujące w Warszawie.

8 GIOŚ, *Roczna ocena jakości powietrza w województwie mazowieckim. Raport wojewódzki za rok 2023*, 2024, https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/rwms/publications/card/2001.

9 Urząd m.st. Warszawa, *Instalacje OZE*, https://eko.um.warszawa.pl/-/instalacje-oze.

Realizację tych zadań umożliwiło stworzenie nowych struktur w zarządzaniu procesami inwestycyjnymi i koordynacyjnymi wewnątrz Urzędu Miasta – powołanie Biura Ochrony Powietrza i Polityki Klimatycznej oraz zatrudnienie ekspertów i ekspertek, którzy wspierają działania miasta i jego mieszkańców w podejmowaniu przemyślanych decyzji inwestycyjnych. Warszawa stworzyła także osobny fundusz antysmogowy, przeznaczając środki z własnego budżetu na walkę o poprawę jakości powietrza.

Ważnym krokiem w diagnozie kluczowych działań klimatycznych, środowiskowych i dotyczących jakości powietrza, którymi zajmują się władze stolicy i których oczekują mieszkańcy, był **Warszawski Panel Klimatyczny** zorganizowany w 2020 r. Wzięło w nim udział 90 losowo wybranych osób mieszkających w Warszawie reprezentatywnych dla różnych grup wiekowych i społecznych. Po cyklu spotkań edukacyjnych i narad deliberacyjnych wypracowano 49 rekomendacji zmian związanych ze zrównoważonym rozwojem, zwiększeniem efektywności energetycznej i udziału OZE w bilansie energetycznym miasta.

Dokumenty strategiczne Warszawy

W 2023 r. Rada m.st. Warszawy przyjęła „Zieloną Wizję Warszawy”[10], czyniąc stolicę jednym z niewielu miast w Polsce, które posiadają kompleksowy dokument dotyczący lokalnej transformacji energetycznej. W oparciu o 122 wskaźniki dotyczące m.in. głównych obszarów problemowych, takich jak zanieczyszczenie powietrza, zanieczyszczenie wód powierzchniowych, emisje gazów cieplarnianych oraz zagrożenie dla różnorodności biologicznej, dokonano analizy stanu bieżącego i opisano drogi do osiągnięcia neutralności klimatycznej. Dokument zawiera 27 działań zawierających się w 6 obszarach, które łączy cel osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r.

Warszawa opracowała też nowy dokument, w którym deklaruje przyspieszenie działań na rzecz neutralności klimatycznej, wskazując działania do 2030 r. Wizja zmian zawarta w Miejskim Kontrakcie Klimatycznym, który powstał w ramach misji „100 neutralnych dla klimatu i inteligentnych miast do 2030 roku”[11], ma wskazywać innowacyjne projekty w mieście i szczegółową analizę inwestycyjną dla dwóch wybranych dzielnic – Pragi Południe i Ursynowa. Będzie to jeden z pięciu w Polsce **Miejskich Kontraktów Klimatycznych.** Zapisane w nim działania na rzecz transformacji energetycznej mają być jeszcze bardziej ambitne niż Zielona Wizja Warszawy i stanowić motywację do realizacji kolejnych innowacyjnych projektów, również w skali całego miasta.

W ramach misji Warszawa wspólnie z Krakowem, Łodzią, Rzeszowem, Wrocławiem, Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) i we współpracy z Forum Energii tworzy projekt pilotażowy o nazwie **NEEST Neutralne klimatycznie i zrównoważone środowiskowo obszary**[12]. Jego celem jest stworzenie modelowego planu modernizacji budynków i regeneracji ich otoczenia w wybranych kwartałach miejskich. Inicjatywa skupia się na wypracowaniu innowacji technicznych, społecznych i organizacyjnych i ujęciu analizowanej przestrzeni w kwartałach, a nie, jak dotychczas, w pojedynczych budynkach.

Za sukces można uznać też współpracę miasta z Biurem Ochrony Powietrza i Polityki Klimatycznej w projekcie LeadAir, która zaowocowała m.in. wdrożeniem Warszawskiego Standardu Zielonego Budynku[13], a także realizację projektu „Stop Smog” i aktualizację programów dotacyjnych miasta. Dostrzegając determinację i skuteczność Stołecznego Urzędu Miasta, mamy nadzieję, że niniejsze opracowanie będzie wsparciem i inspiracją do dalszych działań prowadzących do dekarbonizacji sektora ciepłownictwa w mieście.

10 Urząd m.st. Warszawy, *Zielona Wizja Warszawy*, https://eko.um.warszawa.pl/-/zielona-wizja-warszawy.

11 Misja „100 miast neutralnych dla klimatu i inteligentnych do 2030 roku” to inicjatywa Komisji Europejskiej mająca na celu wsparcie wybranych miast z UE na drodze do neutralności klimatycznej do 2030 r., https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe/eu-missions-horizon-europe/climate-neutral-and-smart-cities_en.

12 Urząd m.st. Warszawy, *Projekt NEEST*, https://eko.um.warszawa.pl/neest.

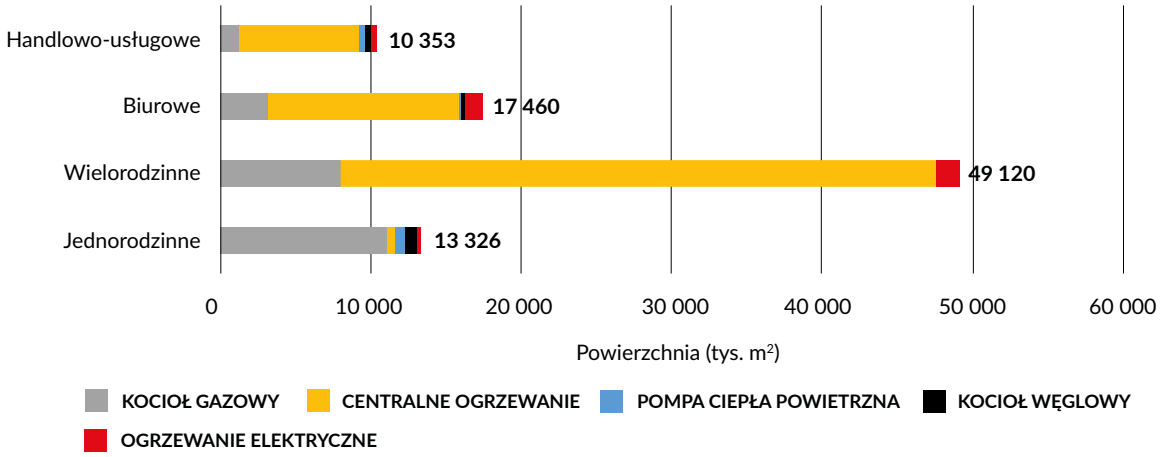
13 Prezydent Miasta Stołecznego Warszawy, *Zarządzenie nr 1520/2024 z 2024-09-09*, 2024, https://nowy.bip.um.warszawa.pl/web/prezydent/-/zarzadzenie-nr-1520/2024-z-2024-09-09.

4. Punkt wyjścia

Zrozumienie wyzwań, z jakimi będzie musiała się zmierzyć Warszawa na drodze do poprawy jakości powietrza i redukcji emisji CO_2, wymaga zdefiniowania stanu obecnego. Punktem wyjścia jest przeprowadzenie szczegółowej analizy budynków na terenie miasta. W tej części analizy przedstawiamy najważniejsze dane dotyczące stanu warszawskich budynków oraz zestaw informacji, które są kluczowe dla zaplanowania procesu transformacji energetycznej miasta.

Powierzchnia Warszawy wynosi obecnie ok. 517 km^2. W stolicy prognozowany jest dalszy wzrost liczby ludności, a co za tym idzie, rozwój budownictwa i większa liczba metrów kwadratowych do ogrzania, chłodzenia i zasilenia energią elektryczną. Wykres 2 przestawia powierzchnię budynków ogrzewaną poszczególnymi źródłami ciepła na terenie Warszawy z podziałem na ich funkcję w 2024 r.

Wykres 2. Łączna powierzchnia budynków na terenie Warszawy z podziałem na źródło ogrzewania oraz typ budynku



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir i danych CEEB zaktualizowane o dane własne Urzędu m.st. Warszawy z 2025 r.

Z danych przedstawionych na wykresie 2 wynika, że:

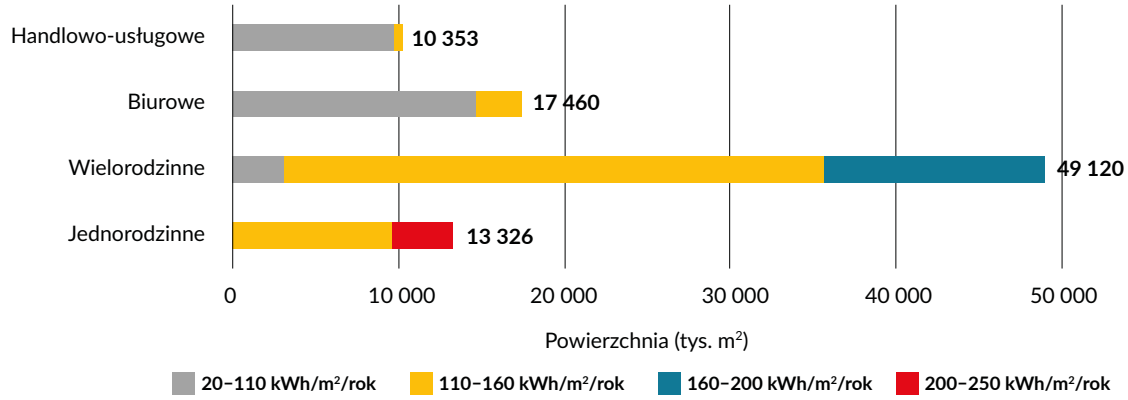
- dominującą zabudowę w mieście stanowią budynki wielorodzinne, czyli bloki i osiedla mieszkaniowe – są one zasilane ciepłem sieciowym, kotłami gazowymi i w niewielkim stopniu kotłami węglowymi,
- drugie miejsce pod względem powierzchni zajmują budynki jednorodzinne zasilane w 84% kotłami gazowymi,
- wysoki procent budynków Warszawy stanowią także budynki biurowe i handlowo-usługowe, w których 74% powierzchni ogrzewane jest dzięki sieci ciepłowniczej.

W ostatnich latach w Warszawie, dzięki wsparciu miasta i wykorzystaniu dostępnych krajowych programów dotacyjnych, wymieniono ponad 13,5 tys. indywidualnych węglowych źródeł ciepła[14]. Odnotowano także wzrost liczby montowanych źródeł OZE, w tym pomp ciepła. Obecnie ogrzewają one 1,3% powierzchni wszystkich budynków, a ich rozwój dopiero przyspiesza.

Wykres 3 wskazuje poziom zużycia ciepła w budynkach w Warszawie z podziałem na ich funkcję użytkową. Wynika z niego, że najniższą efektywnością energetyczną charakteryzują się budynki jednorodzinne, z których ok. 19% zużywa więcej niż 160 kWh/m^2/rok. Są to budynki, które wymagają termomodernizacji w pierwszej kolejności.

14 Urząd m.st. Warszawy, *Coraz mniej kopciuchów i coraz lepsze powietrze w stolicy*, 2024, https://um.warszawa.pl/-/coraz-mniej-kopciuchow-i-coraz-lepsze-powietrze-w-stolicy.

Wykres 3. Wskaźnik jednostkowego zużycia ciepła w typach budynków funkcjonujących na terenie Warszawy



Źródło: opracowanie własne na podstawie badania reprezentatywnej grupy statycznej budynków zrealizowanego przez Enercode.

Największe zużycie ciepła na jednostkę powierzchni (200–250 kWh/m²/rok) obserwuje się w budynkach jednorodzinnych, co wskazuje na ich niską efektywność energetyczną i pilną potrzebę modernizacji. W budynkach wielorodzinnych również dominuje wysokie zużycie energii na poziomie 160–200 kWh/m²/rok. Wskazuje to, że większość budynków wielo- i jednorodzinnych w Warszawie charakteryzuje się zużyciem energii o kilkaset procent wyższym niż przewiduje norma WT 2021[15]. Dla budynków zużywających 110–160 kWh/m²/rok oznacza to, że konsumują one aż 250% więcej ciepła niż nowe budynki wielorodzinne wybudowane zgodnie ze wskazanym standardem. Aby ograniczyć ilość zużywanego ciepła, potrzebna jest więc pilna inwestycja w termomodernizację tych budynków.

Budynki biurowe i handlowo-usługowe w Warszawie charakteryzują się natomiast wysoką efektywnością energetyczną, zużywając mniej niż 160 kWh/m²/rok.

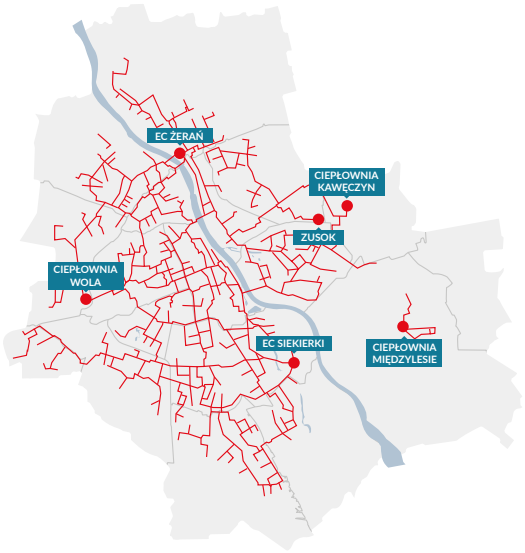
Dane te obrazują potrzebę dalszej modernizacji budynków w Warszawie, zwłaszcza jednorodzinnych, w celu poprawy ich efektywności energetycznej i redukcji kosztów ogrzewania.

15 *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (t.j. Dz.U. z 2022 r. poz. 1225 ze zm.).

5. Warszawski system ciepłowniczy

Warszawski system ciepłowniczy jest jednym z największych w Europie i największy w Polsce, stanowiąc kluczowy element infrastruktury miejskiej. Jego moc wytwórcza osiąga prawie 5 GWt. Łącznie sieć ciepłownicza na terenie miasta ogrzewa prawie 50 mln m^2 powierzchni budynków wielorodzinnych, biurowych, handlowo-usługowych i jednorodzinnych. Skalę warszawskiej sieci ciepłowniczej przedstawia mapa 1.

Mapa 1. Schemat warszawskiej sieci ciepłowniczej



Źródło: opracowanie własne na podstawie mapy sieci ciepłowniczej Warszawy, 2024, https://www.energiadlawarszawy.pl/strefa-miejska/jak-powstaje-cieplo/mapa-sieci-cieplowniczej/.

Dystrybucją ciepła w mieście zajmuje się spółka Veolia Energia Warszawa S.A. odpowiadająca za kompleksowe zarządzanie rozległą siecią ciepłowniczą. System ten dostarcza ciepło do większości warszawskich budynków.

Dwa główne źródła ciepła dla systemu ciepłowniczego miasta zarządzane są przez PGNiG Termika. Są to:

- Elektrociepłownia Siekierki o mocy cieplnej zainstalowanej wynoszącej ponad 2 GW,
- Elektrociepłownia Żerań o mocy cieplnej zainstalowanej wynoszącej 1,6 GW.

Pokrywają one 82% zapotrzebowania na moc cieplną miasta. Dzięki procesowi skojarzonej produkcji ciepła i energii elektrycznej systemy te charakteryzują się wysoką efektywnością energetyczną. W obu tych obiektach funkcjonują kotły na paliwa konwencjonalne (węgiel, olej opałowy), gaz (EC Żerań) i biomasę (EC Siekierki). Uzupełnieniem systemu są ciepłownie Kawęczyn i Wola, uruchamiane głównie zimą w okresach wzmożonego zapotrzebowania na ciepło.

Na mapie ciepłowniczej Warszawy niebawem pojawi się dodatkowa moc pochodząca z rozbudowy pracującego w kogeneracji Zakładu Unieszkodliwiania Stałych Odpadów Komunalnych (ZUSOK) należącego do Miejskiego Przedsiębiorstwa Oczyszczania. Docelowo zakład o nazwie Warszawska Wytwórnia Energii ma osiągnąć moc zainstalowaną 54 MWt. Nowy ZUSOK stanie się największą instalacją termicznego przetwarzania odpadów w Polsce.

Roczna produkcja ciepła w systemie ciepłowniczym miasta wynosi ok. 10 TWh, z czego 9 TWh jest wykorzystywane przez odbiorców końcowych. Zamawiają oni średnio ok. 5 tys. MWt mocy cieplnej, co często jest przewartościowane w stosunku do rzeczywistych potrzeb. Skutkiem takiego stanu rzeczy jest przepłacanie za zbyt dużą ilość energii. Spółka Veolia dokonała weryfikacji wartości mocy i teraz zamawia w Termice ok. 4 tys. MWt.

Zmieniający się klimat i rosnąca efektywność energetyczna budynków sprawiają, że rzeczywiste potrzeby cieplne miasta maleją. Jest to kluczowa informacja do zrozumienia scenariuszy rozwoju rynku ciepłowniczego, w tym konieczności dostosowania zamówień na ciepło do zmieniających się warunków klimatycznych.

Warszawa, która jest importerem energii elektrycznej, korzysta również z przesyłu z największych polskich elektrowni, takich jak Bełchatów i Kozienice. Dynamiczny wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w okresie letnim, związany z rosnącą liczbą klimatyzatorów, to nowe wyzwanie dla infrastruktury energetycznej miasta. Czynnikiem, który dodatkowo zwiększy zapotrzebowanie na energię elektryczną, będzie również rozwój elektromobilności.

Innymi podmiotami działającymi na obszarze Warszawy są m.in. operatorzy systemów przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej, tacy jak Stoen Operator, Polska Grupa Energetyczna (PGE) czy Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE). Od tych podmiotów zależy możliwość dostarczenia właściwych ilości energii potrzebnej do elektryfikacji warszawskiego systemu ciepłowniczego. Z kolei operatorzy sieci gazowych funkcjonujący na terenie miasta to Gaz System i Polska Spółka Gazownicza. Zapewniają oni obecnie dostawy gazu ziemnego, a w przyszłości mogą stać się operatorami dystrybucji i produkcji zielonych gazów dla jednostek kogeneracyjnych.

Miasto, nie mając bezpośredniego wpływu na zarządzanie systemem ciepłowniczym, musi planować i utrzymywać efektywną współpracę ze wskazanymi podmiotami odpowiedzialnymi za jego funkcjonowanie. Tylko dzięki wspólnym wysiłkom i skoordynowanym działaniom możliwe będą realizacja procesu dekarbonizacji i dostosowanie miejskiego systemu ciepłowniczego do wymagań nowoczesnej gospodarki energetycznej z korzyścią dla środowiska i mieszkańców.

6. Scenariusze dla Warszawy

Celem modelowania systemu ciepłowniczego na terenie Warszawy jest opracowanie prognoz rozwoju sektora ciepłownictwa. Pozwoli to także ocenić wpływ wybranych działań na zapotrzebowanie na ciepło, energię elektryczną i chłód w mieście w okresie od 2023 do 2050 r.

W ramach badań uwzględniono trzy scenariusze, które różnią się założeniami dotyczącymi rozwoju ciepłownictwa, optymalizacji technologii oraz tempa termomodernizacji budynków:

1) scenariusz referencyjny (scenariusz 1),
2) scenariusz rozwoju ciepłownictwa centralnego (scenariusz 2),
3) scenariusz rozproszonych źródeł ciepła (scenariusz 3).

1. Scenariusz referencyjny

Scenariusz referencyjny zakłada, że funkcjonujące do tej pory w Warszawie technologie ciepłownicze, takie jak kotły węglowe, gazowe oraz tradycyjna miejska sieć ciepłownicza, będą kontynuowały swoją pracę w dotychczasowym trybie.

W scenariuszu nie przewiduje się termomodernizacji budynków, elektryfikacji ogrzewnictwa, instalacji PV na budynkach, lokalnego magazynowania energii czy zmian miksu wytwórczego w ciepłownictwie systemowym. Została w nim natomiast uwzględniona modernizacja Elektrociepłowni Żerań, czyli budowa bloku gazowo-parowego o mocy 500 MWe i kotłowni gazowej[16]. Takie założenia pozwalają na dokonanie referencji stanu obecnego z potencjałem przyszłych działań inwestycyjnych i modernizacyjnych.

16 PGNiG, *Raport Zintegrowany ESG 2021*, www.termika.pgnig.pl/sites/default/files/2016-05/PGNIG_www.pdf.

2. Rozwój ciepłownictwa centralnego

Scenariusz 2 zakłada rozwój ciepłownictwa centralnego w oparciu o prognozy przygotowane przez NCBR[17], których celem jest zwiększenie efektywności systemu ciepłowniczego na terenie miasta. W skład docelowego miksu ciepłowniczego w tym scenariuszu wchodzą:

1) wielkoskalowe pompy ciepła,
2) pompy ciepła typu booster[18],
3) kotły elektrodowe,
4) instalacje przetwarzania odpadów (RDF),
5) bloki gazowo-parowe spalające biometan zgodnie z oszacowanym potencjałem dla Warszawy na poziomie 180 mln m^3/rok,
6) krótkoterminowy centralny zbiornikowy magazyn ciepła TTES (ang. *Thank Thermal Energy Storage*), docelowo o pojemności trzykrotnie większej niż magazyn istniejący obecnie w EC Siekierki,
7) sezonowy centralny gruntowy magazyn ciepła PTES (ang. *Pit Thermal Energy Storage*) o pojemności 100 GWh,
8) magazyny ciepła odprowadzanego z budynków do sieci w sezonie letnim przez podłączone do sieci pompy ciepła typu booster, od 2030 r. instalowane stopniowo we wszystkich budynkach podłączonych do sieci ciepłowniczej (wyjątek stanowią domy jednorodzinne, które przechodzą na indywidualne źródła ciepła),
9) biomasa, która w tym scenariuszu stanowi przejściowe paliwo do produkcji ciepła w systemie ciepłowniczym.

Tabela 1 przedstawia założenia dotyczące modernizacji ciepłownictwa w Warszawie do roku 2050 przyjęte dla scenariusza 2 zakładającego rozwój ciepłownictwa centralnego.

Tabela 1. Założenia rozwoju ciepłownictwa w Warszawie od 2024 do 2054 r. w scenariuszu rozwoju ciepłownictwa centralnego

Moc zainstalowana		2024	2029	2034	2039	2044	2049	2054
		Moc zainstalowana (MW)						
Elektrociepłownia węglowa		3 147		2 500	–			
Ciepłownia węglowa		1 024		560	–			
Elektrociepłownia gazowo-parowa	gaz ziemny	326		657				
	biometan							
Ciepłownia gazowa		650	650	1 378				
Ciepłownia olejowa		622				–		
Elektrociepłownia biomasa		146					–	
Elektrociepłownia odpady (RDF)		9	63					
Kocioł elektrodowy		–		177	347	555	832	
Wielkoskalowa powietrzna pompa ciepła		–	6	40		75	100	

17 Szczegółowe dane znajdują się w załączniku do niniejszego raportu.

18 Pompa ciepła typu booster – rodzaj instalowanej w budynkach pompy ciepła, w której dolnym źródłem ciepła jest niskotemperaturowa sieć ciepłownicza. W sezonie grzewczym wykorzystuje ona ciepło w systemie do ogrzewania budynku. W sezonie letnim instalacja zapewnia chłód wewnątrz budynku, jednocześnie odzyskując ciepło z budynku i oddając je do systemu, pozwalając na jego gromadzenie w magazynie sezonowym.

Wielkoskalowa pompa ciepła na ściekach	–		100		130	175	
Wielkoskalowa pompa ciepła z serwerowni	–		50				
Wielkoskalowa pompa ciepła na Wiśle	–		55	80		100	
Wielkoskalowa pompa ciepła w warszawskim metrze	–			33	60	80	
Suma	5 924	5 984	6 348	3 516	3 194	3 435	3 435
Magazyny ciepła	**2024**	**2025**	**2030**	**2035**	**2040**	**2045**	**2050**
	Pojemność (tys. MWh)						
Centralny zbiornikowy magazyn ciepła (TTES)	1,6		4,8				
Centralny gruntowy magazyn ciepła (PTES)	–		20	60		100	

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych NCBR.

Założenia scenariusza rozwoju ciepłownictwa centralnego:

- zmiana sposobu ogrzewania budynku następuje po jego modernizacji polegającej na:
  - docieplenie budynku – zwiększaniu jego izolacji cieplnej poprzez zastosowanie dodatkowych materiałów termoizolacyjnych (np. styropian, wełna mineralna),
  - doszczelnieniu budynku – uszczelnianie okien, drzwi, dachów czy instalacji,
  - zainstalowaniu wentylacji mechanicznej z rekuperacją – montaż systemu wymuszającego cyrkulację powietrza w budynku za pomocą wentylatorów, co zapewnia stały dopływ świeżego powietrza i usuwanie zanieczyszczeń; wykonanie rekuperacji, czyli odzysku ciepła z powietrza wywiewanego, zwiększa efektywność energetyczną budynku;
- tempo termomodernizacji ustalono na 4% powierzchni zasobu budynkowego miasta rocznie z założeniem, że budynki będą przechodziły głęboką termomodernizację prowadzącą do redukcji zużycia ciepła na poziomie 76% (poziom redukcji zależny od wyjściowej efektywności energetycznej i przeznaczenia budynku),
- możliwość instalacji paneli fotowoltaicznych na zmodernizowanych budynkach oraz budowy magazynów ciepła, energii elektrycznej oraz chłodu,
- budynki niepodłączone do sieci ciepłowniczej zmieniają sposób ogrzewania na pompy ciepła – powietrzne lub gruntowe w domach jednorodzinnych, a powietrzne w pozostałych typach budynków,
- w ogrzewnictwie indywidualnym wymuszone odejście od węgla w ciągu 5 lat (do 2029 r.) oraz od gazu do 2050 r.

Scenariusz 2 zakłada także stopniowy wzrost zaspokojenia zapotrzebowania na chłód do 2050 r., uwzględniając przyrost powierzchni użytkowej budynków w czasie analizy.

3. Rozproszone źródła ciepła

Scenariusz 3 różni się od scenariusza 2 zakładającego rozwój ciepłownictwa centralnego tym, że każdy budynek obecnie przyłączony do sieci ciepłowniczej może przejść na indywidualne źródło ogrzewania w postaci pompy ciepła, jeśli w ramach modelowania będzie to ekonomicznie uzasadnione. Oba scenariusze zakładają także inwestycje. Tym, co je od siebie odróżnia, jest jednak ograniczenie kosztów zmiennych i operacyjnych funkcjonowania systemu energetycznego. Modernizacja mocy wytwórczych w ciepłownictwie centralnym przebiega adekwatnie do potrzeb budynków, które pozostają przyłączone do sieci, lecz nie szybciej niż w prognozach NCBR[19] stosowanych w scenariuszu 2. Pozostałe założenia są takie same jak dla scenariusza zakładającego rozwój ciepłownictwa centralnego.

W scenariuszach 2 i 3 uwzględniono wycenę rozbudowy sieci w ramach zwiększenia mocy przyłączeniowych dla budynków (przy założeniu nakładów inwestycyjnych na poziomie 100 tys. zł/MW).

W scenariuszach zakładających inwestycje (scenariusze 2 i 3) budynki mogą korzystać z różnych zestawów technologii na potrzeby ogrzewnictwa, które zostały podzielone na dwie grupy zgodnie z wykorzystywanym źródłem ciepła:

1) istniejące technologie bazowe dla ogrzewnictwa – kotły węglowe, kotły gazowe, ogrzewanie elektryczne oraz pompy ciepła powietrzne i gruntowe,

2) technologie niskoemisyjne dla ogrzewnictwa – przyłączanie budynków do nowych, zelektryfikowanych źródeł ciepła, takich jak pompy ciepła powietrzne i gruntowe oraz pompy ciepła typu booster dla budynków wielorodzinnych i komercyjnych.

Wśród dostępnych dla ogrzewnictwa technologii są również panele fotowoltaiczne oraz magazyny energii elektrycznej, ciepła i chłodu, a także instalacje dostarczające chłód.

Zapotrzebowanie na energię elektryczną uwzględnia zarówno potrzeby bytowe mieszkańców Warszawy, jak i rosnącą elektryfikację sektora ciepłownictwa, ogrzewnictwa oraz chłodzenia. W przypadku chłodu nie modelowano wpływu termomodernizacji, a zapotrzebowanie zostało określone na podstawie danych Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE)[20].

Ze względu na znaczące różnice w modelowanych na potrzeby raportu scenariuszach w dalszej części analizy każdy z nich został opisany indywidualnie. Pozwoli to wskazać wady i zalety strategii transformacji energetycznej Warszawy.

6.1. Założenia dotyczące modelowania

Horyzont czasowy wykonanego na potrzeby niniejszej analizy modelowania obejmuje okres od 2024 do 2059 r. Rok zakończenia analizy został ustalony później niż rok 2050, aby mitygować anomalne zachowania systemu w okresie analizy. Zachowanie systemu energetycznego miasta jest modelowane co 5 lat od startowego roku 2024 z uwzględnieniem różnic w czterech sezonach (zimowym, wiosennym, letnim i jesiennym) reprezentowanych przez wybrany tydzień ustandaryzowanego roku klimatycznego. Takie podejście umożliwia przybliżenie rzeczywistego zachowania systemu i wykonanie niezbędnych do modelowania systemu ciepłowniczego Warszawy obliczeń.

19 Szczegółowe dane znajdują się w załączniku do niniejszego raportu.

20 KAPE, *Projekt Krajowego Planu Renowacji Budynków*, 2024, https://kape.gov.pl/blog/aktualnosci-kape-1/krajowy-plan-renowacji-budynkow-730.

W analizie wykorzystano dane dotyczące zasobu budynkowego miasta przechowywane w Bazie Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10k) oraz Centralnej Ewidencji Emisyjności Budynków (CEEB)[21]. Na potrzeby niniejszego raportu budynki w mieście zostały podzielone na cztery dominujące kategorie:

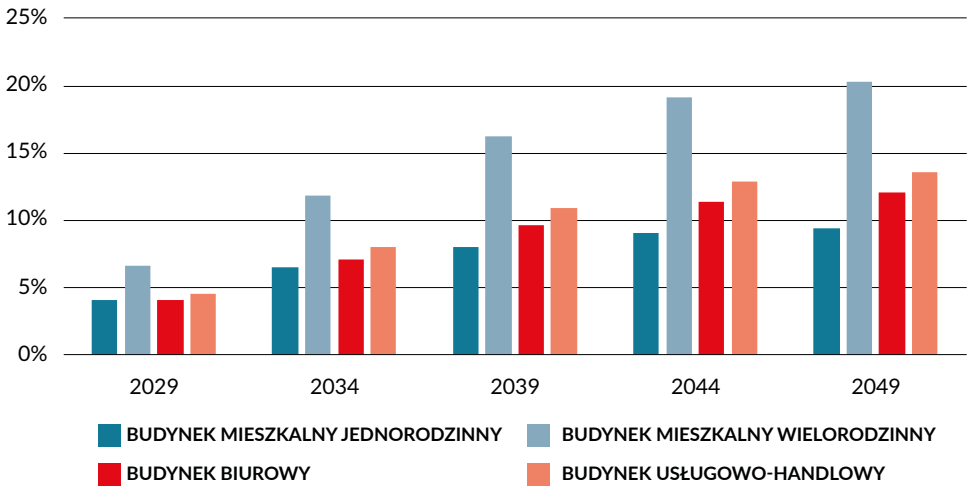
- jednorodzinne,
- wielorodzinne,
- handlowo-usługowe,
- biurowe.

Każdy z tych typów budynków ma przypisany profil zapotrzebowania na ciepło, chłód i energię elektryczną zgodny z danymi dla budynków modelowych KAPE[22]. Dodatkowo budynki publiczne zostały przyporządkowane do poszczególnych kategorii budynków, które są najbardziej zbliżone do nich pod względem profili zapotrzebowania:

- budynki wykorzystywane w celach edukacyjnych i oświatowych – budynki biurowe,
- budynki pełniące funkcje kulturalne – budynki handlowo-usługowe,
- budynki związane z ochroną zdrowia – budynki handlowo-usługowe.

Aby odwzorować w modelowaniu prognozowany przyrost powierzchni budynków w Warszawie, przyjęto założenia wskazane na wykresie 4.

Wykres 4. Procentowy przyrost powierzchni budynków w Warszawie do 2049 r. według typu budynku



Źródło: opracowanie własne na podstawie założeń NCBR.

Największy rozwój będzie dotyczył budynków mieszkalnych wielorodzinnych, których powierzchnia wzrośnie najszybciej, zwłaszcza po 2034 r. Budynki usługowo-handlowe oraz biurowe również notują wzrost, ale w mniejszym stopniu. Budynki jednorodzinne wykazują najmniejszy przyrost, co sugeruje większe zapotrzebowanie na zabudowę wielorodzinną w przyszłości.

21 Należy wskazać, że baza CEEB jest bazą deklaratywną, dlatego narażona jest na błędy. O potrzebie zmian w bazie, tak aby stanowiła bardziej wiarygodne źródło informacji, Forum Energii pisało w opinii: K. Ziółkowska, *Plan Społeczno-Klimatyczny – jak wspierać obywateli i obywatelki w transformacji?*, 2025, https://www.forum-energii.eu/plan-spoleczno-klimatyczny-jak-wspierac-obywateli-i-obywatelki-w-transformacji.

22 KAPE, *op.cit*.

6.2. Scenariusz referencyjny

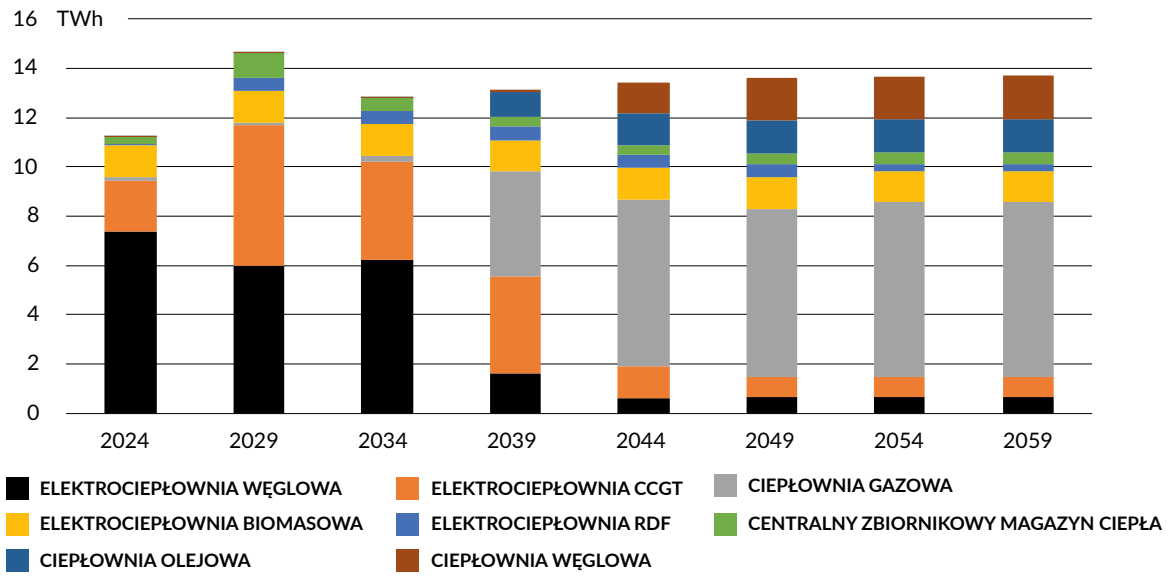
Podrozdział przedstawia szczegółowe wyniki analizy scenariusza nr 1, czyli referencyjnego, który zakłada kontynuację wykorzystania obecnych technologii ciepłowniczych, takich jak kotły węglowe i gazowe oraz tradycyjne ogrzewanie centralne. Scenariusz ten nie przewiduje znaczących zmian w zakresie termomodernizacji budynków, elektryfikacji ogrzewnictwa, instalacji paneli fotowoltaicznych czy lokalnych magazynów energii. Nie zakłada również zmian w miksie wytwórczym ciepłownictwa systemowego, choć uwzględnia trwającą obecnie modernizację Elektrociepłowni Żerań, w tym budowę bloku gazowego CCGT o mocy 500 MWe oraz kotłowni gazowej. Taki scenariusz pozwala uzyskać obraz stanu obecnego, będący punktem odniesienia dla oceny przyszłych działań inwestycyjnych i modernizacyjnych.

W dalszej części raportu analizujemy szczegółowe wyniki modelowania systemu ciepłowniczego Warszawy dla scenariusza referencyjnego.

Produkcja ciepła i ogrzewanie budynków

Wykres 5 przedstawia wykorzystanie mocy produkcyjnych ciepła na terenie Warszawy w podziale na źródła w latach 2024–2059. Wynika z niego, że do 2034 r. dominującym źródłem ciepła na terenie Warszawy są elektrociepłownie gazowo-parowe i węglowe. Elektrociepłownie, szczególnie węglowe, objęte są systemem handlu uprawnieniami do emisji CO_2. Wzrost cen uprawnień do emisji sprawia, że ich eksploatacja staje się coraz mniej opłacalna. Z tego powodu w latach 2034–2039, na skutek zmniejszenia opłacalności produkcji energii elektrycznej w skojarzeniu z produkcją ciepła, następuje zwiększenie produkcji z istniejących ciepłowni gazowych, olejowych i węglowych. Na stabilnym poziomie w trakcie trwania analizy utrzymuje się produkcja z ciepłowni zasilanych biomasą i odpadami.

Wykres 5. Szacowane wykorzystanie mocy produkcyjnych ciepła w latach 2024–2059 w Warszawie w podziale na źródła – scenariusz referencyjny



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

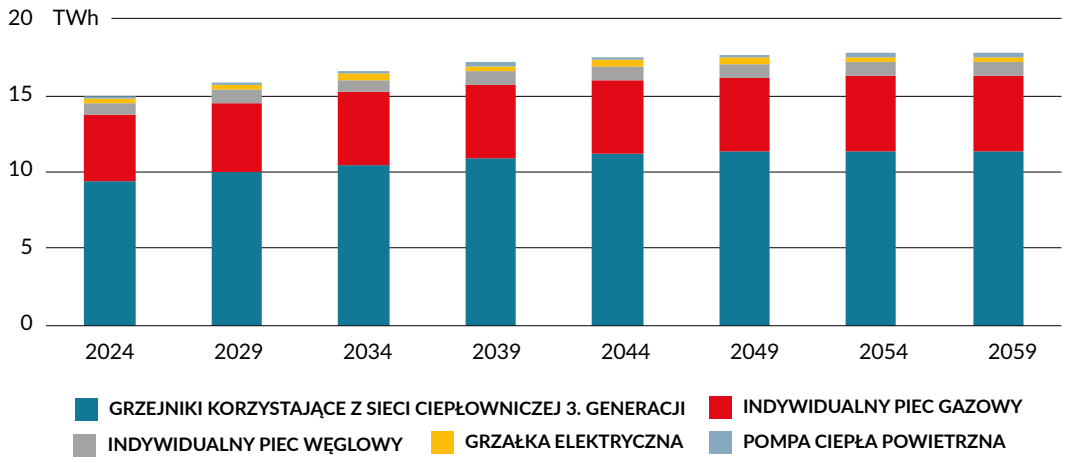
Obecnie budynki na terenie Warszawy wykorzystują głównie ciepło z miejskich systemów ciepłowniczych. Drugim dominującym źródłem ciepła w mieście jest ogrzewanie gazowe. Na trzecim miejscu znajdują się indywidualne systemy grzewcze węglowe.

Wykres 5 pokazuje, że ogrzewnictwo w scenariuszu referencyjnym w okresie analizy dalej w znaczącym stopniu opiera się na piecach gazowych. Jednocześnie brak intensywnych działań w kierunku modernizacji czy elektryfikacji ogrzewnictwa.

Scenariusz referencyjny charakteryzuje się zachowawczym podejściem do transformacji ogrzewnictwa i ograniczonym wdrażaniem innowacyjnych technologii. Postęp w zakresie podnoszenia efektywności energetycznej budynków jest niewielki, co obrazuje zestawienie kosztów realizacji tego scenariusza (w dalszej części raportu).

Dzięki analizie scenariusza referencyjnego można oszacować, jaki wpływ na transformację energetyczną Warszawy może mieć brak ambitnych działań i spójnego planu transformacji energetycznej miasta.

Wykres 6. Sposoby ogrzewania budynków w Warszawie w podziale na wykorzystywane źródła ciepła w scenariuszu referencyjnym



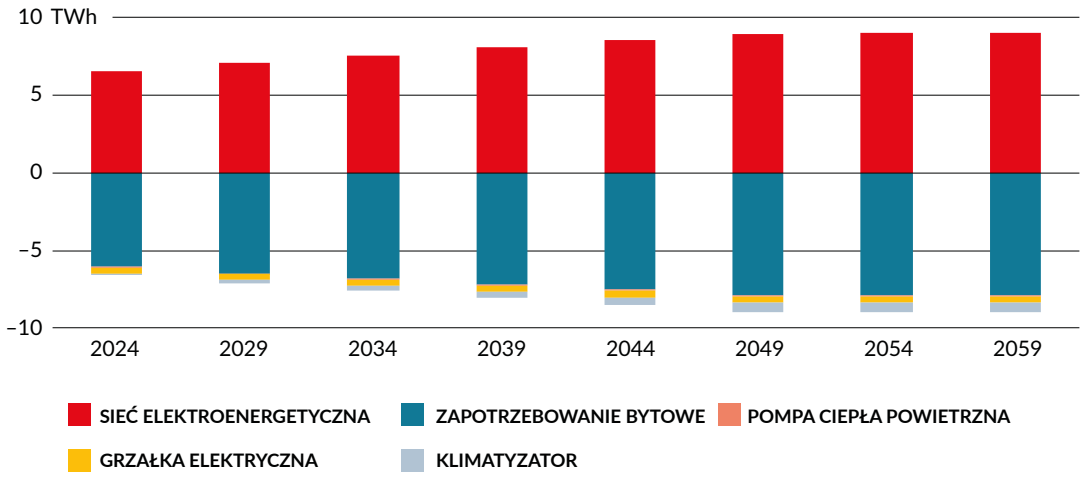
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

Energia elektryczna

W scenariuszu referencyjnym widoczna jest dominacja Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE) będącego głównym źródłem energii elektrycznej przez cały analizowany okres. Brak także dynamicznego rozwoju alternatywnych technologii, a podejście do elektryfikacji jest zachowawcze.

Zapotrzebowanie miasta na energię elektryczną z KSE od 2024 do 2049 r. w scenariuszu referencyjnym rośnie o 41% (z 6,5 TWh do 9 TWh). Wynika to z przyjętego w modelowaniu wzrostu powierzchni użytkowej budynków. W okresie analizy w scenariuszach 2 i 3 następuje ponad sześciokrotny wzrost zużycia energii na potrzeby klimatyzatorów.

Wykres 7. Całkowite zużycie energii elektrycznej w Warszawie w scenariuszu referencyjnym



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.
* Pozostała część zapotrzebowania na energię elektryczną związana jest z potrzebami bytowymi.

6.3. Rozwój ciepłownictwa centralnego

System ciepłowniczy Warszawy stanowi oś transformacji energetycznej miasta. Scenariusz rozwoju ciepłownictwa centralnego wskazuje możliwą ścieżkę jego dekarbonizacji i działania, jakie należy podjąć, aby przyspieszyć tempo modernizacji istniejącej infrastruktury na drodze do osiągnięcia celów klimatycznych.

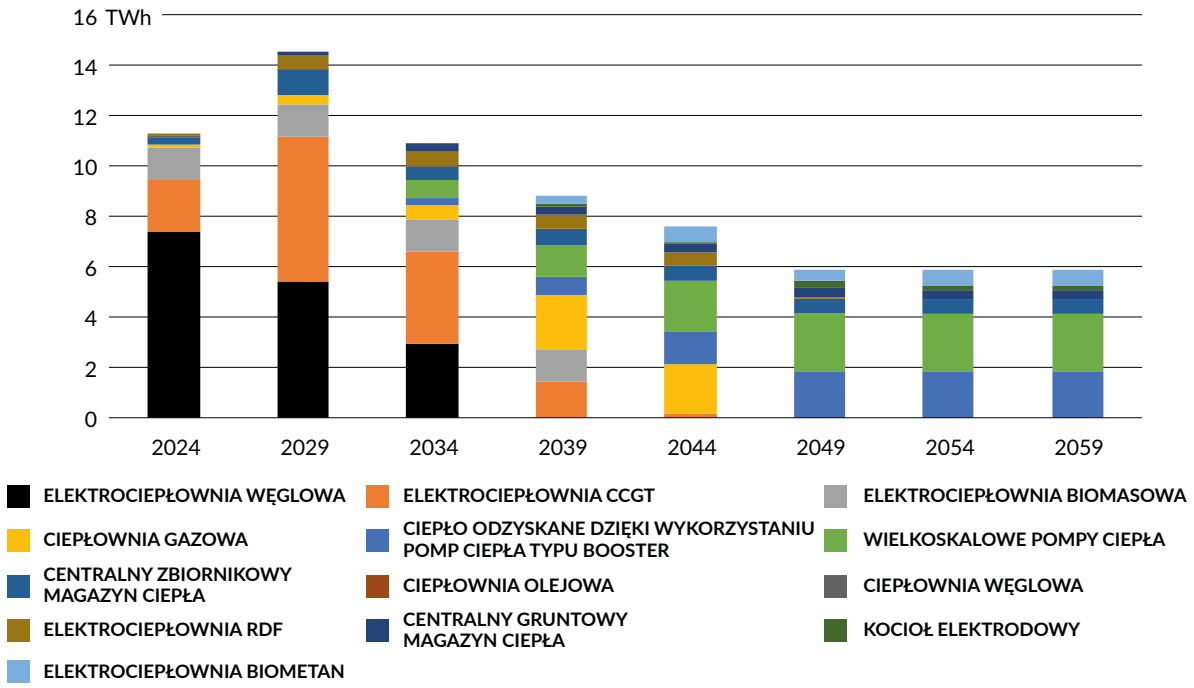
Produkcja ciepła i ogrzewanie budynków

W scenariuszu zakładającym rozwój ciepłownictwa centralnego poddano analizie ścieżkę wykorzystania potencjału istniejących systemów ciepłowniczych w mieście.

W tym scenariuszu widzimy spadek produkcji ciepła ze źródeł węglowych między rokiem 2029 a 2034, a następnie stopniowe ograniczenie produkcji ciepła ze źródeł gazowych w latach 2034–2044. Istotną zmianą jest również rozwój krótkoterminowego centralnego magazynu ciepła (TTES), a także sezonowych magazynów (PTES).

Zmniejszenie produkcji ciepła w źródłach wytwórczych systemu wynika z obniżenia zapotrzebowania na ciepło na skutek przeprowadzonych procesów doszczelnienia i docieplenia budynków. Wykres 8 wskazuje, że elektrociepłownie węglowa i gazowo-parowa (CCGT) są stopniowo zastępowane ciepłownią gazową, a następnie wielkoskalowymi pompami ciepła oraz instalacjami odzyskiwania ciepła (np. dzięki wykorzystaniu pomp ciepła typu booster, które latem oddają ciepło z budynków).

Wykres 8. Prognoza rozwoju systemu ciepłowniczego na terenie Warszawy w latach 2024–2059 dla scenariusza rozwoju ciepłownictwa centralnego



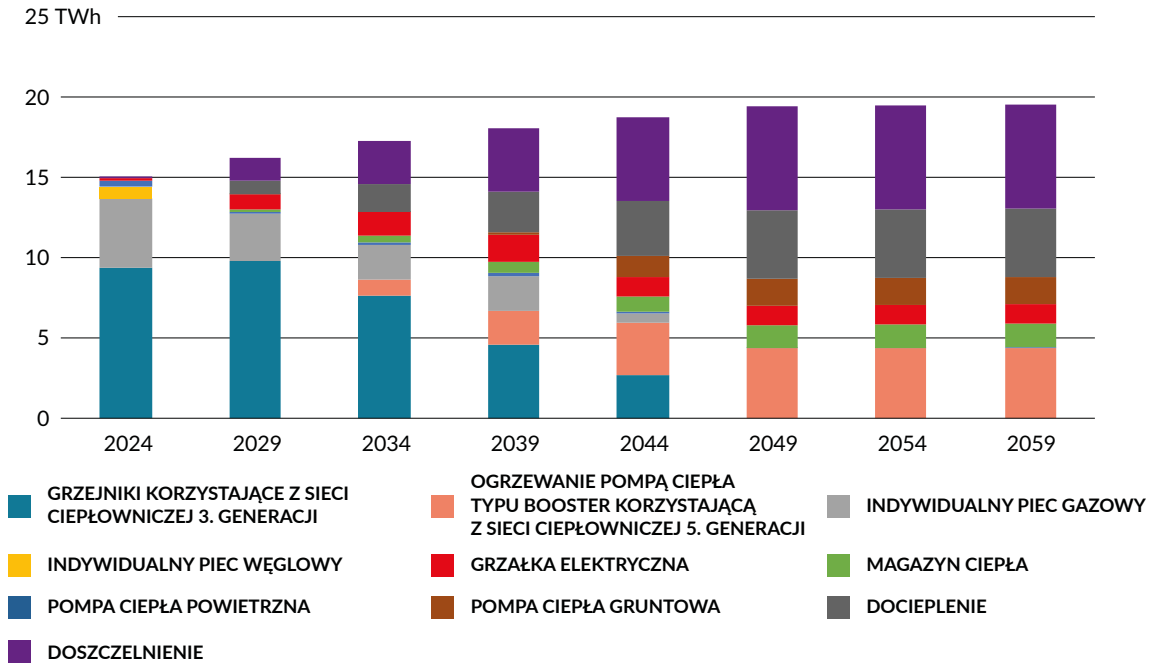
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

W scenariuszu rozwoju ciepłownictwa centralnego w kolejnych latach nastąpią istotne zmiany w sposobach zarządzania energią cieplną w kraju. Będą one rezultatem postępu technologicznego, modernizacji infrastruktury ciepłowniczej oraz poprawy efektywności energetycznej budynków. Wprowadzenie innowacyjnych rozwiązań, takich jak pompy ciepła typu booster, a także doszczelnianie i docieplanie budynków przyczynią się do znacznej redukcji zapotrzebowania na ciepło.

W scenariuszu następuje niemal całkowita elektryfikacja procesu produkcji ciepła, co wymaga zastosowania źródła produkcji ciepła wspierającego zapewnienie komfortu cieplnego w okresach szczytowego zapotrzebowania (np. zimne i pochmurne dni, kiedy OZE nie generują wystarczającej ilości energii).

Modelowanie dla scenariusza 2 wskazuje, że rolę wspierającą w takich okresach może odgrywać biometan wykorzystywany w instalacji gazowo-parowej. Staje się on istotnym źródłem energii szczytowej, umożliwiając stabilne funkcjonowanie systemu ciepłowniczego oraz zapewniając ciągłość dostaw ciepła w dniach, kiedy niemożliwa jest produkcja wyłącznie ze źródeł odnawialnych. Warszawa potrzebowałaby ok. 180 mln ton m^3 biometanu rocznie, aby gaz ten mógł pełnić funkcję źródła produkcji ciepła, wspierając system w momentach szczytowego zapotrzebowania.

Wykres 9. Sposoby ogrzewania budynków w Warszawie w podziale na wykorzystywane źródła ciepła w scenariuszu rozwoju ciepłownictwa centralnego



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

Na wykresie 9 widać istotne zmniejszenie zużycia ciepła w mieście w scenariuszu, co jest efektem doszczelnienia i docieplenia budynków. Działania te prowadzą do redukcji zapotrzebowania na ciepło w ogrzewnictwie o 41% w okresie od 2024 do 2059 r. Większą rolę w ogrzewaniu budynków odegrają także gruntowe i powietrzne pompy ciepła, które stopniowo zastąpią indywidualne piece węglowe i gazowe.

W scenariuszu modernizacji centralnego systemu ciepłowniczego przewiduje się, że w latach 2034–2049 nastąpi stopniowe przejście na niskotemperaturowe sieci ciepłownicze. Charakteryzują się one wyższą efektywnością energetyczną, co przekłada się na zmniejszenie strat ciepła podczas przesyłu oraz redukcję kosztów operacyjnych.

Tradycyjne sieci ciepłownicze, zaprojektowane do transportu wody o temperaturze powyżej 120°C, nie są kompatybilne z nowszymi technologiami, co utrudnia dekarbonizację sektora ciepła. Obniżenie temperatury wody umożliwia natomiast integrację systemu ciepłowniczego z nowoczesnymi technologiami pozyskiwania ciepła z odnawialnych źródeł energii, takimi jak geotermia czy ciepło odpadowe[23]. Z sieci niskotemperaturowych w sposób bardziej efektywny korzystają także pompy ciepła typu booster.

Wszystkie te czynniki sprawiają, że niskotemperaturowe sieci ciepłownicze stanowią przyszłościowe rozwiązanie, kluczowe dla osiągnięcia neutralności klimatycznej i zapewnienia stabilnych dostaw ciepła.

23 Forum Energii, *Niskotemperaturowe sieci ciepłownicze. Baza dla modernizacji sektora ciepła*, 2024, https://www.forum-energii.eu/sieci-niskotemperaturowe.

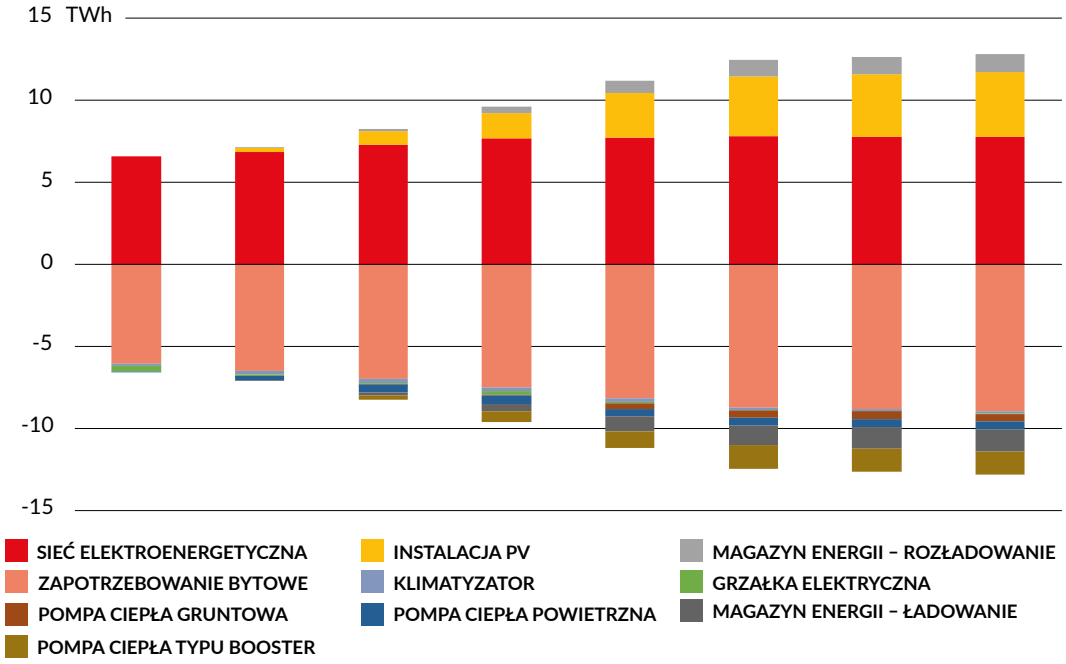
Energia elektryczna

Scenariusz rozwoju ciepłownictwa centralnego zakłada istotne zmiany w zapotrzebowaniu na energię elektryczną w mieście w latach 2024–2059. Transformacja ta jest ściśle związana z modernizacją systemów ciepłowniczych oraz wdrażaniem technologii opartych na odnawialnych źródłach energii. Wzrost efektywności energetycznej budynków oraz zastosowanie nowoczesnych rozwiązań w ogrzewnictwie wpłyną na strukturę i skalę zużycia energii elektrycznej, prowadząc do optymalizacji jej wykorzystania oraz redukcji emisji związanych z jej produkcją.

Wykres 10 wskazuje, że w wyniku wdrożenia scenariusza 3 w Warszawie następuje:

- zwiększenie generacji energii elektrycznej o ok. 4 tys. GWh do roku 2059 z lokalnych instalacji fotowoltaicznych zamontowanych na budynkach,
- zwiększenie wykorzystania magazynów energii,
- wzrost zużycia energii do 1,4 tys. GWh na potrzeby pomp ciepła typu booster.

Wykres 10. Zestawienie całkowitego zużycia energii elektrycznej w Warszawie w scenariuszu rozwoju ciepłownictwa centralnego



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

Z wykresu 10 wynika, że zapotrzebowanie na energię elektryczną w Warszawie w latach 2024–2059 wzrośnie o 95%. Przez cały ten okres będzie ono pokrywane głównie przez KSE, a dodatkowe źródła energii, takie jak instalacje fotowoltaiczne i magazyny energii, wesprą zaspokojenie rosnącego popytu. Wzrost zapotrzebowania na energię dotyczy także sektora ciepłownictwa, obejmując działanie pomp ciepła, klimatyzatorów i grzałek elektrycznych. Kluczową rolę w bilansowaniu systemu odegrają magazyny energii, które w 2059 r. osiągną sprawność ponad 1 TWh.

6.4. Rozproszone źródła ciepła

Scenariusz 3 opierający się na rozproszonych źródłach ciepła zakłada fundamentalną zmianę podejścia do ogrzewnictwa, umożliwiając budynkom obecnie przyłączonym do sieci ciepłowniczej przejście na indywidualne źródła ogrzewania (np. pompy ciepła), jeśli okaże się to ekonomicznie uzasadnione.

Głównym kryterium wyboru technologii jest minimalizacja kosztów finansowych funkcjonowania systemu energetycznego miasta. W tym modelu modernizacja mocy wytwórczych centralnego ciepłownictwa przebiega w tempie dostosowanym do potrzeb budynków pozostających w sieci. Wszystkie pozostałe założenia pozostają niezmienne względem scenariusza rozwoju ciepłownictwa centralnego, co pozwala na ocenę efektywności obu ścieżek działania.

Produkcja ciepła i ogrzewanie budynków

W miarę przekształcania się systemu ciepłowniczego w kierunku rozproszonych źródeł energii coraz większy udział indywidualnych systemów wpłynie na stopniowe zmniejszanie zależności ogrzewania budynków od centralnej sieci ciepłowniczej. Proces ten będzie wymagał adaptacji istniejącej infrastruktury, w tym stopniowej modernizacji centralnych mocy wytwórczych, które będą dostosowywane do potrzeb zmniejszającej się liczby odbiorców sieci.

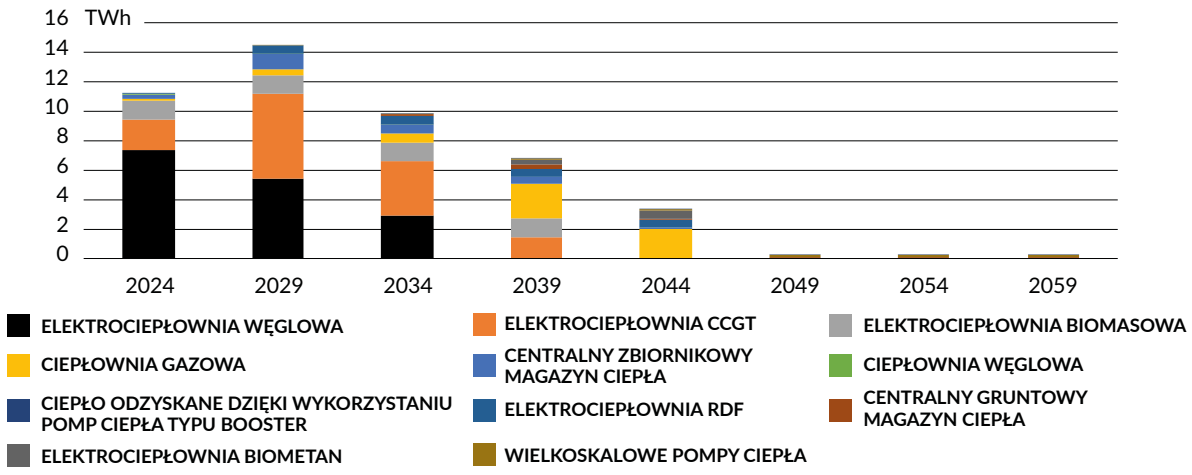
Zaletami tej ścieżki modernizacji ciepłownictwa w Warszawie są zwiększenie elastyczności w zarządzaniu energią na poziomie lokalnym i wzrost odpowiedzialności indywidualnych instalacji grzewczych za proces transformacji miasta.

Przeszkodą w realizacji tego scenariusza jest jednak to, że Warszawa to miasto o zintensyfikowanej zabudowie, w którym znalezienie odpowiednich powierzchni do umiejscowienia indywidualnych źródeł ciepła jest utrudnione. Wadą jest też znaczne zanieczyszczenie hałasem pochodzącym z urządzeń, takich jak pompy ciepła i klimatyzatory, co nie zostało ujęte w niniejszej analizie.

W wyniku rozproszenia źródeł ciepła rola centralnych systemów ciepłowniczych na terenie miasta ulega znacznemu ograniczeniu, co jest szczególnie widoczne w okresie od 2029 do 2047 r. W scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła obserwujemy dramatyczny spadek produkcji ciepła w centralnym systemie, sięgający nawet 98% w porównaniu z 2024 r. (wykres 11). Zjawisko to jest wynikiem rozwoju indywidualnych źródeł ciepła, które mimo postępującej modernizacji infrastruktury ciepłowniczej, nie tylko zyskują na popularności, ale również skutecznie konkurują z centralnymi systemami pod względem opłacalności.

Warto zauważyć, że chociaż wprowadzane są modernizacje systemowych źródeł ciepła w zakresie wykorzystania biometanu i gazu oraz pomp ciepła typu booster, nie potrafią one utrzymać konkurencyjności wobec indywidualnych źródeł ciepła.

Wykres 11. Produkcja ciepła z sieci ciepłowniczej z podziałem na źródła w scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła

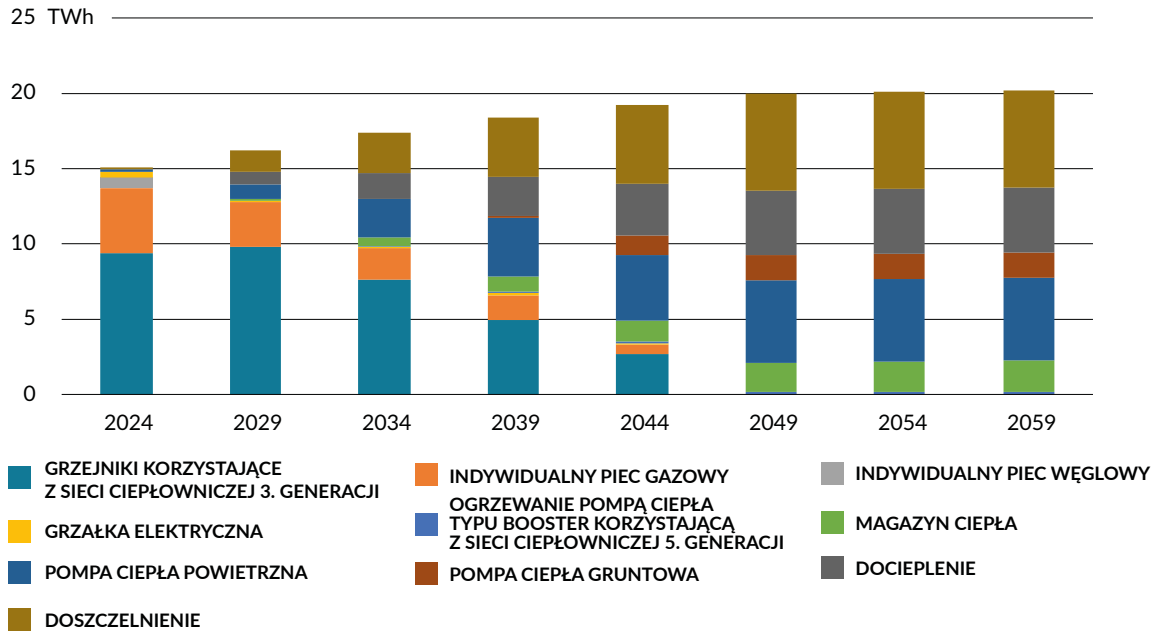


Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

Wykres 11 przedstawia stopniowe ograniczanie zasięgu systemu ciepłowniczego w Warszawie. Elektrociepłownia węglowa zostanie wyeliminowana do 2039 r., a gazowo-parowa do 2044 r. Do 2049 r. przestaną funkcjonować także elektrociepłownie na biometan i biomasę oraz ciepłownia gazowa. Jedynym źródłem ciepła będą wielkoskalowe pompy ciepła dostarczające ciepło tam, gdzie odłączenie od sieci nie było możliwe. Ostatecznie oznacza to niemal całkowitą likwidację tradycyjnego systemu ciepłowniczego w mieście.

W scenariuszu 3, który zakłada decentralizację ciepłownictwa, rola indywidualnych źródeł ciepła nabiera szczególnego znaczenia. Następuje znaczące zintensyfikowanie wykorzystania koszyków technologicznych, takich jak indywidualne magazyny ciepła i energii połączone z pompami ciepła i instalacjami PV. Wzrost liczby instalacji fotowoltaicznych oraz pomp ciepła stanowi odpowiedź na rosnącą potrzebę zaspokajania zapotrzebowania na ciepło i energię przy jednoczesnym ograniczeniu emisji CO_2.

Wykres 12. Sposoby ogrzewania budynków w Warszawie w podziale na wykorzystywane źródła ciepła w scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

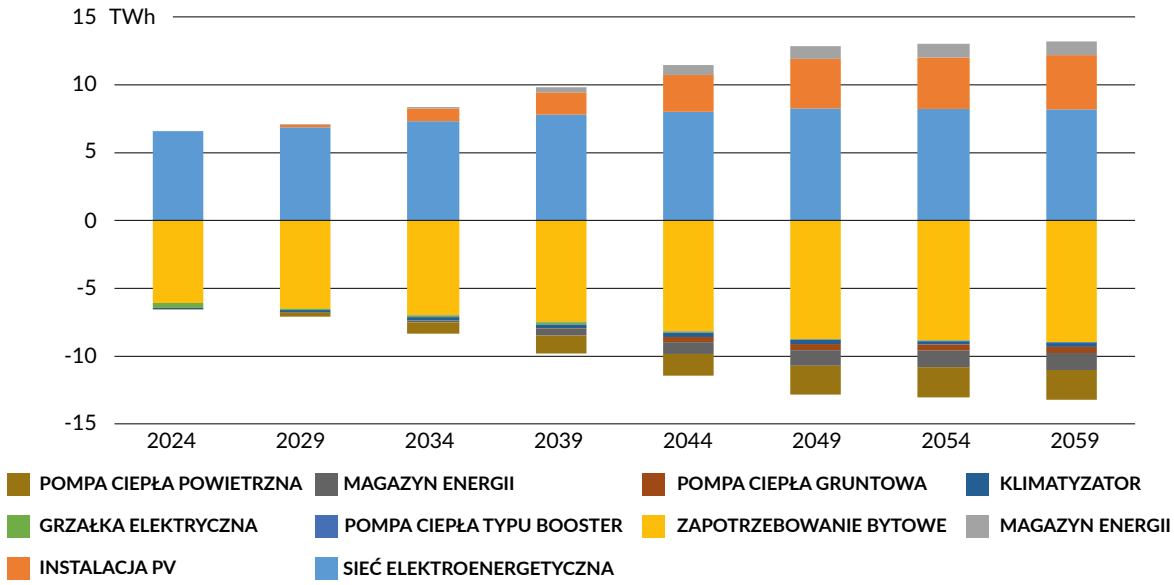
Z wykresu 12 wynika, że w latach 2024–2059 pod względem produkcji ciepła następuje:

- 1,7 TWh wzrostu z gruntowych pomp ciepła,
- 5,3 TWh wzrostu z powietrznych pomp ciepła,
- 2,1 TWh wzrostu pojemności magazynów ciepła,
- całkowita redukcja produkcji ciepła z pieców węglowych do 2029 r. i z pieców gazowych do 2049 r.

Energia elektryczna

Wykres 13 wskazuje ścieżkę zmian w scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła, w którym na podobnym poziomie kształtuje się wzrost produkcji energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznych, zużycia energii elektrycznej z KSE oraz roli magazynów energii.

Wykres 13. Zestawienie całkowitego zużycia energii elektrycznej w Warszawie w scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

Scenariusz 3 wyróżnia się znaczącym wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną. Na potrzeby powietrznych pomp ciepła wzrośnie ono o ponad 2 tys. GWh, co stanowi 344% więcej niż w scenariuszu 2 zakładającym rozwój centralnego systemu ciepłowniczego. Dodatkowo zapotrzebowanie na energię dla klimatyzatorów zwiększy się o 163 GWh, czyli o 104% w porównaniu z drugim scenariuszem. Ogólne zużycie energii elektrycznej będzie o 10% wyższe niż w scenariuszu 2, rosnąc z 0,5 tys. GWh w 2024 r. do ponad 4 tys. GWh w 2059 r.

Tak dynamiczny wzrost zapotrzebowania na energię wskazuje na rosnącą rolę elektryfikacji w sektorze ciepłowniczym i chłodnictwa. Wymaga to odpowiednich inwestycji w infrastrukturę energetyczną oraz zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii, aby zapewnić stabilność dostaw i ograniczyć emisje.

6.5. Porównanie scenariuszy

Analizowane w niniejszym raporcie ścieżki transformacji energetycznej Warszawy przedstawiają trzy skrajnie odmienne rozwiązania:

1) brak zmian – scenariusz 1,
2) centralizacja ciepłownictwa – scenariusz 2,
3) rozproszenie źródeł ciepła – scenariusz 3.

Zestawienie ich ze sobą pozwala zweryfikować kierunki, jakie Warszawa może wybrać w celu redukcji smogu i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych w kolejnych latach. Należy mieć przy tym na uwadze, że każde skrajne podejście do transformacji energetycznej niesie ze sobą ryzyko. Pożądanym i najbardziej efektywnym rozwiązaniem jest racjonalne korzystanie z dostępnej infrastruktury i źródeł wytwórczych, tak aby dostosować technologie do specyfiki i układu przestrzennego miasta.

Wnioski płynące z analizy i porównania trzech scenariuszy transformacji Warszawy:

- Scenariusz referencyjny zakłada dalsze wykorzystanie węgla i gazu, podczas gdy scenariusz rozwoju ciepłownictwa centralnego promuje modernizację ciepłownictwa poprzez pompy ciepła typu booster i magazyny energii. W zakresie ogrzewania indywidualnego scenariusz opiera się na piecach gazowych, a pozostałe scenariusze na ograniczeniu zużycia ciepła dzięki poprawie efektywności energetycznej budynków i wyposażeniu ich w niskoemisyjne źródła ciepła.
- W scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła dominują indywidualne pompy ciepła, co poprawia efektywność produkcji ciepła, ale wymaga znalezienia odpowiedniej przestrzeni dla instalacji. Realizacja tego scenariusza spowoduje marginalizację roli warszawskich ciepłowni i elektrociepłowni.
- Wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną widoczny jest zarówno w scenariuszu rozwoju centralnego systemu ciepłowniczego, jak również w scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła. W obu przypadkach ważną rolę odrywają magazyny energii elektrycznej i instalacje PV.
- W scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła, zamiast funkcjonowania jednej centralnej sieci miejskiej, dochodzi do instalowania wielu mniejszych, lokalnych jednostek grzewczych, takich jak pompy ciepła. Koordynacja i realizacja wielu takich inwestycji w różnych częściach miasta może napotkać trudności logistyczne, zwłaszcza jeśli chodzi o zapewnienie odpowiednich zasobów (urządzenia, materiały) czy wykwalifikowany personel do instalacji i konserwacji urządzeń. Wyzwaniem może być także znalezienie przestrzeni do ich instalacji – szczególnie w dzielnicach, które charakteryzują się ścisłą zabudową. Utrudnieniem dla użytkowników miasta może być natomiast hałas generowany przez urządzenia, zwłaszcza w gęsto zaludnionych obszarach miasta.
- Podobne efekty do scenariusza rozproszonych źródeł ciepła w zakresie redukcji emisji zapewnia scenariusz centralnego systemu ciepłowniczego. W obu przypadkach całkowita eliminacja emisji CO_2 z sektora ciepłowniczego następuje do 2049 r., co oznacza, że oba scenariusze doprowadzą miasto do realizacji celu neutralności klimatycznej[24].

Każdy z omawianych w niniejszej analizie scenariuszy zakłada inne podejście do zarządzania ciepłownictwem i ogrzewnictwem w Warszawie oraz niesie ze sobą różne konsekwencje technologiczne, społeczne i logistyczne. Wybór odpowiedniego modelu transformacji wymaga więc uwzględnienia lokalnych warunków, priorytetów w zakresie zrównoważonego rozwoju oraz niezbędnych inwestycji w infrastrukturę.

Emisje

Transformacja systemów ciepłowniczych w miastach odgrywa kluczową rolę w redukcji emisji CO_2, CO, pyłów zawieszonych (PM2,5 i PM10), NO_x oraz SO_x, wpływając bezpośrednio realizację celów klimatycznych i jakość powietrza. Od działań, jakie zostaną zrealizowane w najbliższych latach, zależeć będą zdrowie mieszkańców, ale także wysokość ponoszonych za zanieczyszczenie środowiska opłat. Z tego względu konieczne jest przedstawienie poziomów emisji w każdym z przyjętych scenariuszy.

Z wykresu 16 wynika, że najszybszą redukcję emisji CO_2 na terenie Warszawy zapewnia scenariusz zakładający rozproszenie źródeł ciepła. Jednak różnice w emisji łącznej w okresie od 2024 do 2059 r. dla scenariuszy 2 i 3 są nieznaczne. Oba przewidują o połowę niższe emisje niż scenariusz referencyjny.

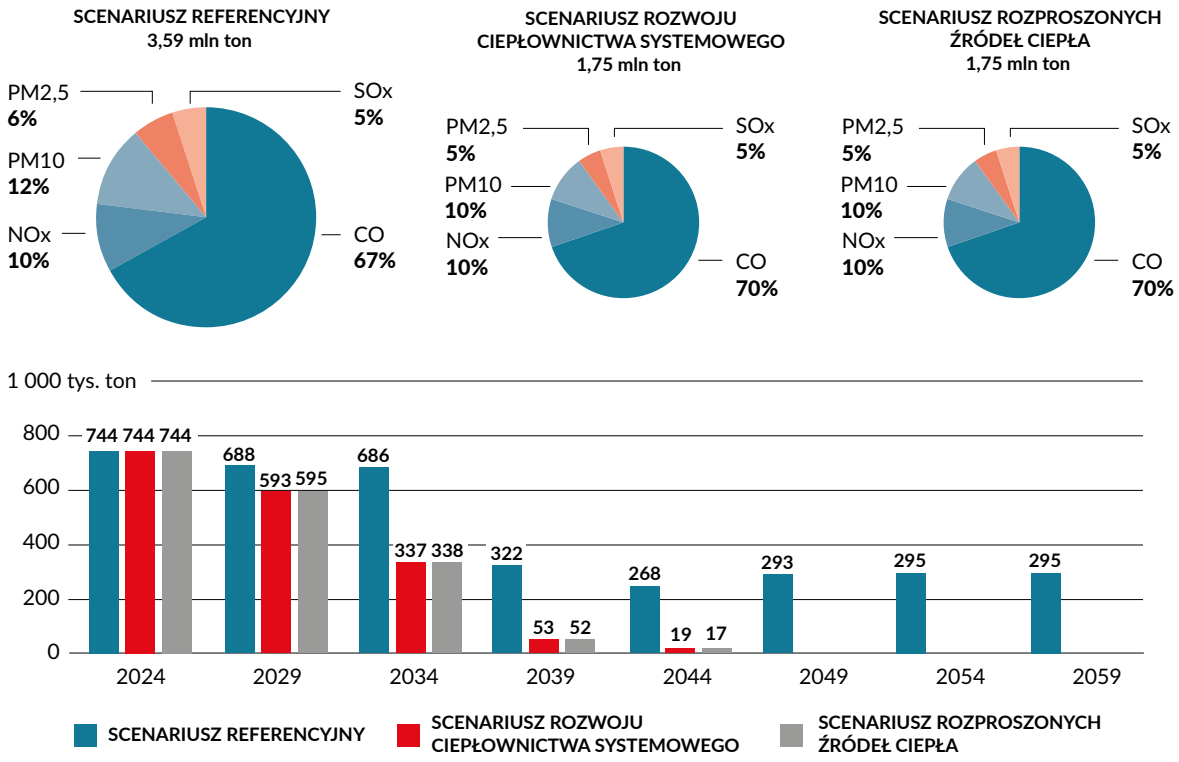
24 Wszystkie analizowane scenariusze zakładają ścieżkę dekarbonizacji KSE zgodnie z raportem CAKE, https://ios.edu.pl/wp-content/uploads/2021/07/CAKE_Mapa-drogowa-net-zero-dla-PL-1.pdf.

Wykres 14. Emisje CO_2 związane z produkcją ciepła w analizowanych scenariuszach w okresie od 2024 do 2059 r.

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

Wykres 15 przedstawia prognozowane emisje głównych zanieczyszczeń atmosferycznych w latach 2024–2059 dla trzech analizowanych scenariuszy transformacji energetycznej miasta.

Wykres 15. Prognoza emisji pyłów zawieszonych PM10 i PM2,5 oraz gazów NO_x, SO_x, CO w trzech analizowanych scenariuszach w latach 2024–2059



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

Zauważyć można wyraźne różnice w dynamice redukcji zanieczyszczeń atmosferycznych w zależności od przyjętego scenariusza transformacji ciepłownictwa. W scenariuszu referencyjnym emisje utrzymują się na wysokim poziomie aż do lat 40. z powolnym tempem spadku w kolejnych dekadach. W scenariuszach ambitnych (rozwój ciepłownictwa systemowego i rozproszone źródła ciepła) następuje zbieżna, znacznie szybsza redukcja emisji, prowadząca do niemal całkowitego wyeliminowania ich do ok. 2039 r.

Pokazuje to, że bardziej zaangażowane i proaktywne podejście do modernizacji miejskiego systemu ciepłowniczego pozwala szybciej osiągnąć cele środowiskowe.

W scenariuszach centralnego systemu ciepłowniczego i rozproszonych źródeł ciepła pyły zawieszone PM10 i PM2,5 związane z produkcją ciepła i energii elektrycznej są redukowane niemal całkowicie do roku 2044. W mniej ambitnym scenariuszu referencyjnym wysokie emisje pyłów zawieszonych utrzymują się aż do 2059 r.

Scenariusze ambitne są też znacznie efektywniejsze w ograniczaniu emisji innych zanieczyszczeń atmosferycznych, co przyczynia się do poprawy jakości powietrza w krótszym czasie. Scenariusz referencyjny cechuje się natomiast powolnym tempem redukcji emisji, co czyni go niezgodnym z długoterminowymi celami środowiskowymi obowiązującymi w Warszawie.

Koszty

Analiza kosztów dla przedstawionych w niniejszym raporcie scenariuszy działań uwzględnia:

- **koszty zmienne** – wydatki zmienne zależne od poziomu produkcji lub zużycia energii, np. koszty paliwa, energii elektrycznej czy utrzymania istniejącej infrastruktury,
- **koszty eksploatacyjne** – wydatki stałe związane z funkcjonowaniem systemu energetycznego niezależnie od poziomu produkcji, w ich skład wchodzą m.in. koszty amortyzacji, wynagrodzenia pracowników, konserwacji infrastruktury, opłaty stałe za media oraz inne wydatki administracyjne i eksploatacyjne, które nie zmieniają się w zależności od zużycia energii,
- **nakłady inwestycyjne** – początkowe koszty inwestycji w systemy grzewcze i energetyczne, nieobejmujące środków na poprawę efektywności energetycznej budynków,
- **nakłady inwestycyjne na termomodernizację** – wydatki na modernizację budynków w celu poprawy ich efektywności energetycznej, np. ocieplenie ścian, wymiana okien, modernizacja instalacji grzewczych.

Analiza kosztów wskazuje, że scenariusze zakładające inwestycje (scenariusze 2 i 3) nieznacznie różnią się od siebie pod względem łącznych nakładów inwestycyjnych i kosztów całkowitych (o ok. 20 mld zł). W okresie od 2024 do 2059 r. całkowite koszty zmienne, eksploatacyjne i inwestycyjne wynoszą:

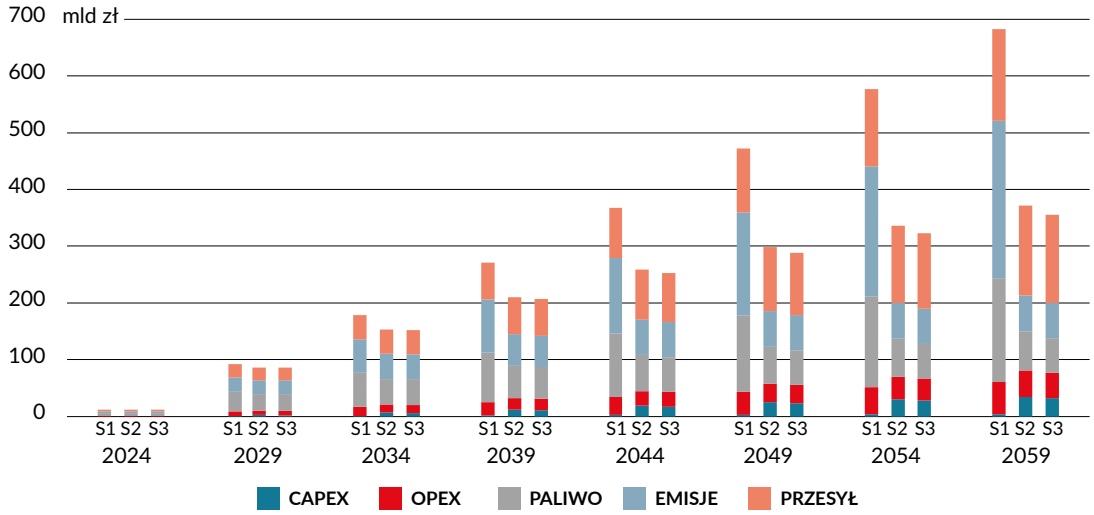
- 380 mld zł dla scenariusza centralnego systemu ciepłowniczego,
- 360 mld zł dla scenariusza rozproszonych źródeł ciepła.

Oba scenariusze charakteryzują się znaczną redukcją emisji oraz zakładają modernizację systemów ciepłowniczych. Pozwala to na wyraźne obniżenie kosztów eksploatacyjnych i zmiennych ogrzewania miasta w porównaniu ze scenariuszem referencyjnym, w którym łączne koszty w analizowanym okresie sięgają aż 694 mld zł.

Największe różnice między scenariuszami dotyczą kosztów paliw oraz opłat za emisję. W scenariuszu referencyjnym koszty zakupu paliw do 2059 r. wynoszą 302 mld zł, co stanowi niemalże sumę kosztów paliw w scenariuszach centralnego ciepłownictwa (166 mld zł) i rozproszonych źródeł ciepła (163 mld zł). Podobnie koszty emisji w scenariuszu referencyjnym w okresie analizy wynoszą aż 161 mld zł, podczas gdy w scenariuszach ambitnych koszty te są niemal całkowicie wyeliminowane.

Nakłady inwestycyjne w scenariuszach ambitnych są wyższe, wynosząc odpowiednio 45 mld zł i 43 mld zł. Duże inwestycje początkowe przekładają się jednak na znaczne oszczędności w dłuższej perspektywie.

Wykres 16. Porównanie kosztowe wartości narastającej scenariuszy w okresie od 2024 do 2059 r.



S1 – scenariusz referencyjny
S2 – rozwój ciepłownictwa centralnego
S3 – rozproszone źródła ciepła
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir.

7. Podsumowanie

Dzięki analizie trzech skrajnie odmiennych rozwiązań – braku działań na rzecz transformacji energetycznej (scenariusz referencyjny), rozwoju centralnego systemu ciepłowniczego i rozproszenia źródeł wytwarzania ciepła – możliwe jest zdefiniowanie kluczowych korzyści i ryzyk wynikających z zastosowania tych scenariuszy w perspektywie długofalowej.

Zestawienie wniosków z analizy wskazuje, że konieczne jest wypracowanie zrównoważonego modelu, w którym centralne systemy ciepłownicze pozostają kluczowym elementem infrastruktury stopniowo uzupełnianym przez rozproszone źródła ciepła. Wprowadzenie strategii, w której scenariusz 2 zostanie uzupełniony w uzasadnionych lokalizacjach rozwiązaniami ze scenariusza 3, pozwoli na optymalizację kosztów oraz przemyślane angażowanie kapitału prywatnego, co jest szczególnie ważne w kontekście długoterminowych inwestycji.

Największe korzyści środowiskowe, ekonomiczne i społeczne charakteryzują **scenariusz 2 zakładający rozwój ciepłownictwa centralnego**. Pozwala on wykorzystać potencjał istniejącej infrastruktury i źródeł wytwarzania ciepła, ale także realizowanych obecnie w Warszawie inwestycji.

Scenariusz ten należy jednak dostosować do wielu zmiennych. Uzupełnienie go w uzasadnionych przypadkach o rozproszone źródła wytwarzania energii i ciepła (scenariusz 3) będzie optymalnym rozwiązaniem. Pozwoli to nie tylko osiągnąć cele dekarbonizacji, ale także na elastyczne i innowacyjne zarządzanie zasobami energetycznymi miasta w przyszłości.

Rekomendacje i wnioski wynikające z analizy wszystkich trzech scenariuszy transformacji energetycznej Warszawy:

1. Zwlekanie z inwestycjami jest najdroższe

Inwestycje w modernizację budynków, systemów ciepłowniczych i odnawialne źródła energii to najlepsza strategia dla miasta, gwarantująca niższe koszty ciepła w dłuższej perspektywie. Scenariusz referencyjny, w którym miasto nie inwestuje w modernizację budynków i systemów ciepłowniczych, prowadzi do najwyższych kosztów, osiągając niemal 700 mld zł do 2059 r. Choć scenariusz rozwoju ciepłownictwa centralnego oraz scenariusz optymalizacji ciepłownictwa wiążą się ze znacznymi inwestycjami początkowymi, ich całkowite koszty są niższe o prawie 50% niż w przypadku zaniechania działań. Inwestycje w transformację energetyczną zwrócą się w postaci niższych rachunków dla mieszkańców i mniejszych obciążeń finansowych.

2. Niezbędne jest wsparcie termomodernizacji budynków

Termomodernizacja budynków jest najskuteczniejszą metodą ograniczania kosztów ogrzewania i zużycia przez nie energii. Warszawa powinna kontynuować wsparcie dla inwestycji w głęboką termomodernizację budynków, zwłaszcza wielorodzinnych, poprzez współpracę ze wspólnotami mieszkaniowymi i spółdzielniami. Miasto nie ma jednak bezpośredniego wpływu na modernizację budynków prywatnych ani nie dysponuje środkami, które mogłyby pokryć ogromne koszty związane z tym procesem. Może jedynie wskazywać kierunki i dawać przykład, jak przeprowadzać skuteczne termomodernizacje we własnym zasobie. Aby tempo głębokich termomodernizacji w Polsce wzrosło, konieczne są wsparcie i koordynacja ze strony rządu, np. poprzez programy dotacyjne, ulgi podatkowe lub zachęty pozafinansowe. Warszawa już wdraża Warszawski Standard Zielonego Budynku[25] i powinna kontynuować ten proces, dając przykład udanych i efektywnych modernizacji własnych zasobów budowlanych. Kluczowe jest wyznaczenie odpowiedniego poziomu energetycznego budynków, co będzie miało wpływ na przyszły popyt na ciepło w mieście. Termomodernizacje powinny być prowadzone w budynkach, gdzie jest to opłacalne i ekonomicznie uzasadnione.

3. Należy wybrać strategię modernizacji systemów ciepłowniczych na terenie Warszawy

W procesie dekarbonizacji możliwe są dwa główne kierunki inwestycji:

1) modernizacja i rozwój centralnych systemów ciepłowniczych (scenariusz 2),
2) rozproszenie źródeł ciepła oraz rozwój instalacji indywidualnych (scenariusz 3).

Choć modernizacja centralnego systemu ciepłowniczego wiąże się z wyższymi kosztami początkowymi, jest ona lepiej dostosowana do aktualnej sytuacji miasta. Korzyści, które przemawiają za modernizacją istniejących systemów wytwarzania ciepła na terenie Warszawy, wykraczają poza same koszty inwestycyjne. Jednym z kluczowych argumentów jest brak hałasu generowanego przez lokalne urządzenia grzewcze, takie jak pompy ciepła – hałas związany z ich pracą może być odczuwalny dla mieszkańców i prowadzić do obniżenia komfortu życia. Centralne systemy ciepłownicze, dzięki większej skali, mogą efektywnie zarządzać rozdziałem ciepła, zapewniając bezpieczeństwo energetyczne oraz stabilność dostaw. Większe jednostki centralne operujące w jednym punkcie zużywają mniej energii elektrycznej na jednostkę dostarczonego ciepła, co może przyczynić się do mniejszego śladu węglowego całego systemu. Wszystkie te czynniki, choć nie zawsze bezpośrednio powiązane z kosztami, stanowią istotną wartość w kontekście wyboru długoterminowej strategii energetycznej dla Warszawy.

Z kolei rozproszenie źródeł ciepła, choć tańsze w krótkim okresie, wiąże się z wyzwaniami logistycznymi i operacyjnymi. Kluczowym elementem w obu scenariuszach jest zaangażowanie kapitału prywatnego, co przy odpowiednio zaplanowanej transformacji może zniwelować różnice kosztowe i umożliwić realizację zarówno modernizacji, jak i rozwoju nowych instalacji.

25 Warszawski Standard Zielonego Budynku, UM.st. Warszawa, 2024, https://bip.um.warszawa.pl/web/prezydent/-/zarzadzenie-nr-1520/2024-z-2024-09-09.

4. Biometan może odgrywać ważną rolę w centralnym systemie ciepłowniczym

W scenariuszu 2 następuje niemal całkowita elektryfikacja procesu produkcji ciepła, co wymaga zastosowania źródła wspierającego w okresach szczytowego zapotrzebowania na energię (np. w zimne dni, gdy OZE nie generują wystarczającej ilości energii). Modelowanie wskazuje, że rolę wspierającą w takich okresach może odgrywać biometan wykorzystywany w instalacjach gazowo-parowych. Staje się on istotnym źródłem energii szczytowej, umożliwiając stabilne funkcjonowanie systemu ciepłowniczego oraz zapewniając ciągłość dostaw ciepła w dniach, kiedy niemożliwa jest produkcja wyłącznie ze źródeł odnawialnych. Na potrzeby Warszawy konieczne byłoby zapewnienie ok. 180 mln ton m^3 biometanu rocznie, aby wspierać system w dniach szczytowego zapotrzebowania.

5. Ważnym elementem transformacji są pompy ciepła typu booster

Ważnym elementem strategii zrównoważonego zarządzania energią w Warszawie są pompy ciepła typu booster, które chłodzą budynki latem. Ciepło odpadowe z ich pracy oraz centralny sezonowy magazyn ciepła mogą pokryć istotną część rocznego zapotrzebowania w mieście. Analiza scenariusza 2 wskazuje, że możliwe jest uzyskanie w ten sposób nawet 4 TWh w cieple przekazanym z chłodzonych budynków do magazynu sezonowego lub wykorzystywanym na bieżąco do podgrzewania ciepłej wody użytkowej.

6. Spalarnie odpadów są opłacalne

Mimo że w obecnym modelowaniu energetycznym, szczególnie w scenariuszach ambitnych działań związanych z dekarbonizacją, spalarnie odpadów tracą znaczenie na rzecz innych źródeł energii, nie można lekceważyć ich potencjału. Należy poważnie zastanowić się nad kierunkiem rozwoju systemów waste-to-energy (WtE) w Warszawie, ponieważ spalarnie odpadów, mimo że w niektórych przypadkach mogą stać się mniej opłacalne w wyniku objęcia systemem ETS, wciąż stanowią kluczowy element nowoczesnej gospodarki odpadami w wielu europejskich miastach. Spalarnia odpadów RDF (ang. *Refuse-Derived Fuel*), która wykorzystuje odpady do produkcji ciepła i energii elektrycznej, działa m.in. w Sztokholmie, przetwarzając rocznie 700 tys. ton odpadów. W Danii ok. 15% ciepła pochodzi właśnie z przetwarzania odpadów. Takie rozwiązania pozwalają nie tylko na skuteczną redukcję odpadów, ale również na stabilne i efektywne wytwarzanie energii. Dzięki nowoczesnym technologiom spalarnie mogą działać w sposób efektywny i zgodny z normami ochrony środowiska, a uzyskane w ten sposób ciepło może zasilać systemy grzewcze miast, ograniczając potrzebę wykorzystywania paliw kopalnych.

W kontekście Warszawy, mającej w planach rozwój nowoczesnych instalacji (Elektrociepłownia Żerań z kotłem RDF), zmarnowanie potencjału tych inwestycji byłoby błędem zarówno strategicznym, jak i ekonomicznym. Wykorzystanie tej technologii w systemie ciepłowniczym miasta, obok innych źródeł odnawialnych, może przyczynić się do realizacji celów w zakresie transformacji energetycznej miasta. Dodatkowo, biorąc pod uwagę długoterminową perspektywę inwestycyjną, spalarnie odpadów mogą przynieść miastu korzyści nie tylko w postaci produkcji energii, ale również w kontekście poprawy zarządzania odpadami, zmniejszenia zależności od składowisk i odzyskiwania wartościowych zasobów.

7. Należy wykorzystać potencjał ciepła odpadowego

Jednym z istotnych kierunków transformacji energetycznej Warszawy jest wykorzystanie ciepła odpadowego, które może znacząco przyczynić się do zwiększenia efektywności miejskiego systemu ciepłowniczego. Możliwości w tym zakresie stwarzają nowoczesne centra przetwarzania danych, takie jak serwerownie, które ze względu na duże zapotrzebowanie na energię elektryczną, generują ogromne ilości ciepła. Obecnie to ciepło jest tracone, uchodząc wprost do atmosfery, co stanowi znaczną stratę zasobów. Dzięki zastosowaniu nowoczesnych technologii, takich jak pompy ciepła o wysokim współczynniku COP, możliwe jest przechwycenie tego ciepła i wykorzystanie go do ogrzewania budynków mieszkalnych, a także do wspierania miejskiego systemu ciepłowniczego.

Integracja sektora ciepłowniczego z centrami danych stanowi korzystne rozwiązanie biznesowe zarówno dla operatorów ciepłowni, jak i dla firm zajmujących się przetwarzaniem danych. Przemiana ciepła odpadowego z takich źródeł, jak serwerownie, oczyszczalnie ścieków, metro czy centra handlowe w energię użytkową pozwala na obniżenie obciążenia systemu ciepłowniczego, jednocześnie podnosząc jego efektywność[26]. Tego typu rozwiązania powinny stać się integralną częścią planów rozwoju energetycznego miasta, umożliwiając zarówno zmniejszenie kosztów, jak i zrównoważony rozwój systemu grzewczego. Wykorzystanie ciepła odpadowego nie tylko sprzyja poprawie efektywności energetycznej, ale także przyczynia się do zrealizowania celów dekarbonizacji i zrównoważonego rozwoju.

8. Elektryfikacja ciepła jest bardzo ważnym elementem transformacji energetycznej

W tak dużym mieście jak Warszawa proces transformacji energetycznej będzie generował wiele wyzwań technicznych i wymusi duże inwestycje zarówno w sieci elektroenergetyczne, jak i rozproszone źródła OZE. Aby przeprowadzić proces elektryfikacji, kluczowe będą przemyślane planowanie i świadome podejmowanie decyzji strategicznych, szczególnie w obliczu rosnącego zapotrzebowania na ciepło oraz chłodzenie.

Porównanie scenariuszy rozwoju centralnego ciepłownictwa i rozproszonych źródeł ciepła wskazuje na dwie ścieżki elektryfikacji. Każda z nich wiąże się ze wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną na potrzeby OZE, takich jak pompy ciepła i klimatyzatory:

1) w scenariuszu rozwoju centralnego systemu ciepłowniczego możliwe jest zapewnienie stabilnego i przewidywalnego wzrostu zapotrzebowania, co pozwoli zmniejszyć ryzyko przeciążenia sieci elektroenergetycznej,

2) w scenariuszu rozproszonych źródeł ciepła duża liczba indywidualnych pomp ciepła, klimatyzatorów i mikroinstalacji PV powoduje silne obciążenie sieci, dlatego wzrasta rola magazynów energii.

Proces elektryfikacji musi następować niezależnie od wybranego scenariusza, dlatego w pierwszej kolejności miasto powinno:

- **wspierać rozwój gruntowych pomp ciepła** – tam, gdzie jest to technicznie możliwe, miasto powinno wspierać montaż gruntowych pomp ciepła, które zużywają mniej energii elektrycznej niż pompy powietrzne i charakteryzują się wyższą efektywnością w niskich temperaturach, ograniczając zapotrzebowanie na moc elektryczną z KSE; zwiększenie udziału pomp gruntowych w instalacjach ciepłowniczych mogłoby zmniejszyć obciążenie KSE,
- **wspierać rozwój instalacji fotowoltaicznych** – poprzez rozszerzenie programu wsparcia inwestycji w panele fotowoltaiczne, co pomoże wykorzystać potencjał dachów miejskich do produkcji czystej energii (zwłaszcza w obliczu zagęszczającej się zabudowy); zwiększenie skali tych inwestycji pomoże przyspieszyć elektryfikację i zapewni mieszkańcom dostęp do taniej energii.

9. Niezbędne są inwestycje w magazyny energii

Aby zapewnić stabilność systemu elektroenergetycznego i zapobiegać przeciążeniom sieci, krótkoterminowe magazyny energii elektrycznej oraz ciepła działają w sposób dostosowany do zmieniających się w czasie cen energii, czyli cen dynamicznych. Oznacza to, że magazyny te ładują się, gdy ceny energii są niskie (np. w okresach nadwyżki produkcji z odnawialnych źródeł), a oddają zgromadzoną energię do sieci lub systemów grzewczych, gdy ceny rosną i zapotrzebowanie jest wysokie. Pozwala to na optymalizację wykorzystania energii w zależności od wahań cenowych, choć może wiązać się z koniecznością dodatkowych inwestycji w infrastrukturę magazynowania. W Warszawie PGNiG Termika Grupa Orlen już realizuje budowę magazynów ciepła, m.in. w Elektrociepłowni Siekierki (o pojemności 30 tys. m^3) oraz w Elektrociepłowni Żerań (o pojemności 70 tys. m^3).

26 A. Rubczyński, *Inteligencja sztuczna – ciepło prawdziwe. Jak się ogrzać przez internet*?, Forum Energii, 2024, https://www.forum-energii.eu/cieplo-z-internetu.

Zgodnie z analizami zawartymi w niniejszym raporcie do 2050 r. centralny system ciepłowniczy w Warszawie (scenariusz 2) będzie wymagał zapewnienia magazynowania na poziomie 4,8 GWh w centralnym zbiornikowym magazynie ciepła bilansowanym krótkoterminowo oraz aż 100 GWh w gruntowym magazynie ciepła pełniącym funkcję magazynu sezonowego.

10. Potrzebny jest dialog z interesariuszami na temat rozbudowy infrastruktury przesyłowej

Miasto powinno kontynuować dialog z kluczowymi interesariuszami, takimi jak operatorzy sieci energetycznych, dostawcy technologii oraz przedstawiciele sektora prywatnego i publicznego, w celu zapewnienia optymalnej rozbudowy infrastruktury przesyłowej. W szczególności należy:

- **analizować przyszłe potrzeby energetyczne** – regularnie aktualizować prognozy dotyczące zapotrzebowania na energię elektryczną w Warszawie, uwzględniając rozwój przemysłu, budownictwa mieszkaniowego oraz wdrażanie nowych technologii, takich jak elektromobilność czy odnawialne źródła energii,
- **uwzględniać rozwój systemu rozproszonego** – rozważyć modernizację sieci w sposób umożliwiający integrację rozproszonych źródeł energii (np. instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii); konieczne może być wdrażanie inteligentnych systemów zarządzania siecią oraz inwestowanie w technologie pozwalające na dynamiczne bilansowanie podaży i popytu,
- **współpracować z sektorem prywatnym** – utrzymywać otwartą komunikację z przedsiębiorstwami planującymi inwestycje w infrastrukturę energetyczną, aby dostosować rozwój sieci do ich potrzeb oraz wspólnie poszukiwać optymalnych rozwiązań finansowych i technologicznych.

Podtrzymywanie dialogu i wdrażanie tych działań pozwoli na efektywną rozbudowę infrastruktury przesyłowej, co w dłuższej perspektywie przyczyni się do stabilności systemu energetycznego miasta i zwiększenia jego atrakcyjności inwestycyjnej.

11. Trzeba wykorzystywać dostępne środki i innowacyjne formy finansowania

Niezależnie od wybranego scenariusza transformacji miasta, niezbędne będzie pozyskanie znacznych środków finansowych na realizację kluczowych inwestycji infrastrukturalnych. Warszawa już teraz jest liderem w tym obszarze, co potwierdzają zrealizowane projekty, w tym budowa spalarni odpadów sfinansowana ze środków własnych miasta. Pomimo różnych opinii na temat tego rozwiązania przeznaczenie tak dużych zasobów finansowych na strategiczną inwestycję podkreśla unikalne możliwości Warszawy w zakresie mobilizacji środków na rozwój infrastruktury. Miasto konsekwentnie angażuje się również w programy krajowe, takie jak „Stop Smog", co pokazuje jego aktywność w pozyskiwaniu środków na poprawę efektywności energetycznej i walkę z zanieczyszczeniem powietrza. Warszawa powinna wykorzystać zgromadzony potencjał, wiedzę i doświadczenie w zdobywaniu funduszy krajowych i unijnych, aby kontynuować transformację energetyczną i realizować kolejne projekty. Oprócz środków dotacyjnych miasto powinno również rozważyć alternatywne modele finansowania, takie jak:

- **ESCO (ang. *Energy Service Company*)** – model finansowania inwestycji efektywności energetycznej, w którym koszty inwestycji są pokrywane z oszczędności na rachunkach za energię,
- **PPP (partnerstwo publiczno-prywatne**) – współpraca z sektorem prywatnym w celu realizacji projektów infrastrukturalnych,
- **instrumenty dłużne i finansowanie zwrotne** – wykorzystanie obligacji komunalnych, zielonych obligacji lub pożyczek na preferencyjnych warunkach.

Warszawa, dzięki swojej pozycji lidera w pozyskiwaniu środków i realizacji dużych projektów infrastrukturalnych, powinna dalej wykorzystywać zdobyte doświadczenie, aby zapewnić stabilne finansowanie transformacji energetycznej. Skuteczna mobilizacja funduszy, zarówno krajowych, jak i unijnych, a także wykorzystanie nowoczesnych instrumentów finansowania będą kluczowe dla przyszłego rozwoju miasta i osiągnięcia jego celów klimatycznych.

12. Proces transformacji powinien być transparentny i umożliwiać partycypację społeczną

Zaangażowanie społeczne odgrywa kluczową rolę w skutecznej realizacji strategii rozwoju miasta. Warszawa już teraz słucha głosów swoich mieszkańców. Doskonałym przykładem takiej współpracy jest Panel Klimatyczny, który pozwolił na wypracowanie konkretnych, wymaganych do realizacji działań w zakresie ochrony klimatu. Co więcej, miasto oczekuje na zatwierdzenie przez Komisję Europejską Kontraktu Klimatycznego Miasta, który stanowi fundament dla współpracy z interesariuszami na obszarze dwóch warszawskich dzielnic – Pragi Południe i Ursynowa.

Działania miasta pokazują, iż tylko poprzez partnerstwo i dialog z mieszkańcami oraz lokalnymi przedsiębiorcami możliwe jest wypracowanie efektywnych rozwiązań na rzecz transformacji energetycznej miasta. Transparentność i otwartość na opinie społeczne nie tylko wzmacniają procesy decyzyjne, ale także umożliwiają skuteczniejsze wdrażanie działań, które mają realny wpływ na jakość życia mieszkańców i dalszy rozwój Warszawy. W związku z tym miasto powinno kontynuować oraz rozwijać te inicjatywy, poszerzając zakres zaangażowania społecznego w procesy planowania i realizacji inwestycji.

13. Przejście na sieci niskotemperaturowe to rozwiązanie, które może skutecznie wesprzeć transformację miasta

W scenariuszu modernizacji centralnego systemu ciepłowniczego przewiduje się, że w latach 2044–2049 nastąpi przejście na niskotemperaturowe sieci ciepłownicze. Takie rozwiązanie przynosi szereg korzyści[27]. Obniżenie temperatury wody w sieciach ciepłowniczych umożliwia integrację sieci ciepłowniczej z nowoczesnymi technologiami pozyskiwania ciepła z odnawialnych źródeł energii, takich jak geotermia czy ciepło odpadowe. Analizy wskazują, że transformacja sektora ciepłownictwa z wykorzystaniem sieci niskotemperaturowych może przynieść oszczędności rzędu 45 mld zł do 2050 r. w porównaniu ze scenariuszem dekarbonizacji z zachowaniem obecnych parametrów sieci.

Niższe temperatury wody w sieciach sprzyjają zwiększeniu żywotności infrastruktury oraz redukcji emisji zanieczyszczeń, co ma istotne znaczenie dla ochrony środowiska i zdrowia publicznego. Wszystkie te czynniki sprawiają, że niskotemperaturowe sieci ciepłownicze stanowią przyszłościowe rozwiązanie, kluczowe dla osiągnięcia neutralności klimatycznej i zapewnienia Warszawie stabilnych dostaw ciepła w sposób zrównoważony i ekonomiczny.

27 Zostały one szczegółowo przedstawione w raporcie Forum Energii pt. *Niskotemperaturowe sieci ciepłownicze. Baza dla modernizacji sektora ciepła*, 2024, https://www.forum-energii.eu/sieci-niskotemperaturowe.

Bibliografia

Centrum Analiz Klimatyczno-Energetycznych, *Polska Net-Zero 2050. Mapa drogowa osiągnięcia wspólnotowych celów polityki klimatycznej dla Polski do 2050 r.*, 2021, https://ios.edu.pl/wp-content/uploads/2021/07/CAKE_Mapa-drogowa-net-zero-dla-PL-1.pdf.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/1791 z dnia 13 września 2023 r. w sprawie efektywności energetycznej oraz zmieniająca rozporządzenie (UE) 2023/955 (Dz. Urz. UE z 2023 r. L 231/1).

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2023/2413 z dnia 18 października 2023 r. zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001, rozporządzenie (UE) 2018/1999 i dyrektywę 98/70/WE w odniesieniu do promowania energii ze źródeł odnawialnych oraz uchylająca dyrektywę Rady (UE) 2015/652 (Dz. Urz. UE L 2023/2413).

M.R. Elliott, R. Valliant, *Inference for Nonprobability Samples*, 2007, „Statistical Science" vol. 32, 2017, https://projecteuclid.org/journals/statistical-science/volume-32/issue-2/InferenceforNonprobabilitySamples/10.1214/16-STS598.full.

International Energy Agency, *World Energy Outlook 2023*, https://www.iea.org/reports/worldenergyoutlook-2023.

Komisja Europejska, *Dyrektywa o charakterystyce energetycznej budynków (projekt)*, 2024, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024L1275.

Ministerstwo Klimatu i Środowiska, *Polityka energetyczna Polski do 2040 r.*, 2021, https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski.

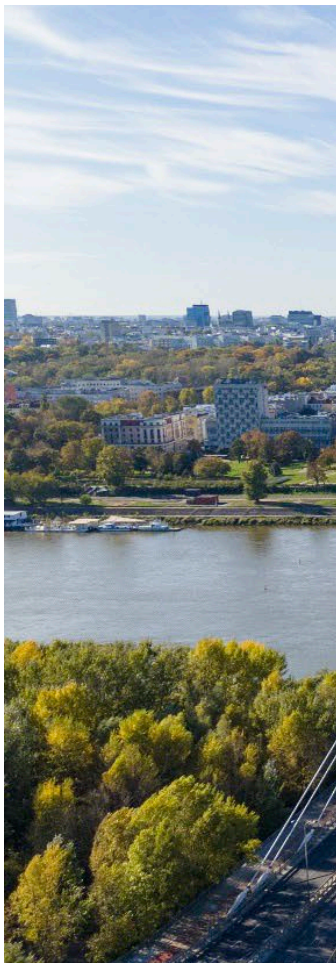
A. Rubczyński, *Inteligencja sztuczna – ciepło prawdziwe. Jak się ogrzać przez internet?*, Forum Energii 2024, https://www.forum-energii.eu/cieplo-z-internetu.

Urząd m.st. Warszawy, *Zarządzenie nr 1520/2024 z 2024-09-09 w sprawie wprowadzenia Warszawskiego Standardu Zielonego Budynku*, 2024, https://bip.um.warszawa.pl/web/prezydent/-/zarzadzenie-nr-1520/2024-z-2024-09-09.

Urząd Miasta Stołecznego Warszawy, *Przyjęto „Zieloną Wizję Warszawy"*, 2023, https://um.warszawa.pl/-/przyjeto-zielona-wizje-warszawy.

Notatki

Scenariusze transformacji energetycznej Warszawy



FORUM ENERGII
ul. Wspólna 35/10, 00-519 Warszawa
NIP: 7010592388, KRS: 0000625996, REGON: 364867487

www.forum-energii.eu