

# Plan transformacji energetycznej Włocławka do 2040 r.

## Załączniki

Załącznik A – technologie	2
1. Nakłady inwestycyjne	5
2. Koszty operacyjne	6
3. Efektywność dla ciepłej wody	7
4. Emisje	7
5. Efektywność dla ciepła	8
6. Termomodernizacja	10
Załącznik B – ścieżki cenowe	12
Załącznik C – zasób budynkowy w gestii Urzędu Miasta	18
Termomodernizacja w gestii Urzędu Miasta	24
Bibliografia i źródła	25

## Załącznik A – technologie

Tabela 1. Parametry technologii rozpatrywanych w analizie

Nazwa urządzenia	Koszt energii zł/MWh	Koszt inwestycji zł/MW	Koszty operacyjne zł/MW/rok	Długość życia urządzenia w latach	Efektywność dla ciepłej wody	Emisja CO <sub>2</sub> t/MWh	Emisja CO <sub>2</sub> t/MWh	Emisja PM10 t/MWh	Emisja PM2,5 t/MWh	Emisja NO <sub>x</sub> t/MWh	Emisja SO <sub>x</sub> t/MWh	Emisja benzopirenu t/MWh	Udział w ilości sprzedanego ciepła
Kocioł na biomase ekoprojekt	4,0E+2	5,1E+5	7,5E+3	2,5E+1	7,0E-1	3,6E-1	1,3E-3	4,1E-5	4,0E-5	3,6E-4	5,4E-5	3,3E-5	nd.
Kocioł na biomase	4,0E+2	5,1E+5	7,5E+3	2,5E+1	7,0E-1	4,5E-1	1,4E-3	1,2E-4	1,2E-4	3,0E-4	4,2E-5	9,4E-10	nd.
Kocioł węglowy starego typu	2,3E+2	nd.	7,5E+3	1,0E+1	6,0E-1	3,5E-1	1,8E-2	1,5E-3	1,2E-3	6,1E-4	2,0E-3	1,0E-6	nd.
Kocioł węglowy ekoprojekt	2,3E+2	5,8E+5	7,5E+3	3,0E+1	7,0E-1	3,3E-1	1,4E-3	9,7E-5	9,0E-5	6,8E-4	1,6E-3	1,1E-7	nd.
Magazyn energii elektrycznej	0,0E+0	3,4E+6	nd.	2,0E+1	1,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Grzejnik elektryczny	0,0E+0	2,7E+5	nd.	1,5E+1	9,0E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Kocioł gazowy kondensacyjny	2,5E+2	2,6E+5	7,5E+3	2,0E+1	8,8E-1	2,1E-1	1,1E-4	1,8E-6	1,8E-6	1,4E-4	1,4E-6	3,0E-12	nd.
Sieć elektroenergetyczna	1,0E+3	nd.	nd.	nd.	nd.	7,1E-1	2,4E-4	0,0E+0	0,0E+0	5,1E-4	5,1E-4	0,0E+0	nd.
Klimatyzator (pompa ciepła powietrze-powietrze)	0,0E+0	1,7E+6	1,0E+4	2,0E+1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Duża pompa ciepła (koszt samej pompy)	0,0E+0	4,6E+6	1,0E+4	2,0E+1	8,0E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Duża pompa ciepła (pompa + grzejniki niskotemperaturowe)	nd.	6,8E+6	1,0E+4	2,0E+1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Mała pompa ciepła powietrze-woda	0,0E+0	6,2E+6	1,0E+4	2,0E+1	8,0E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	0,0E+0	6,6E+6	1,0E+4	2,0E+1	8,0E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Turbiny wiatrowe	3,2E+2	7,5E+6	2,5E+5	2,0E+1	nd.	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
MPEC Włocławek	4,3E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	3,8E-1	1,2E-4	2,0E-5	1,3E-5	3,9E-4	3,4E-4	1,1E-7	7,5E-1
SM Zamacze Włocławek	5,9E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	3,8E-1	1,2E-4	2,0E-5	1,3E-5	3,9E-4	3,4E-4	1,1E-7	2,5E-1
Ciepłownia - węgiel	4,3E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	3,8E-1	1,2E-4	2,0E-5	1,3E-5	3,9E-4	3,4E-4	1,1E-7	nd.
Ciepłownia - gaz ziemny	6,2E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	1,4E-1	7,2E-5	1,1E-5	1,1E-5	1,8E-4	9,5E-5	1,1E-7	nd.
Elektrociepłownia - węgiel	5,6E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	7,8E-1	1,2E-4	2,0E-5	1,3E-5	3,9E-4	3,4E-4	1,1E-7	nd.
Elektrociepłownia - gaz ziemny	5,2E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	3,6E-1	7,2E-5	1,1E-5	1,1E-5	1,8E-4	9,5E-5	1,1E-7	nd.
Elektrociepłownia - biomasa	4,6E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	4,1E-1	1,3E-4	2,2E-5	1,5E-5	4,3E-4	3,8E-4	1,2E-7	nd.
Elektrociepłownia - RDF	nd.	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.	nd.
Instalacja fotowoltaiczna	0,0E+0	5,0E+6	5,0E+4	2,0E+1	nd.	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Farma fotowoltaiczna	3,2E+2	3,5E+6	7,5E+4	2,0E+1	nd.	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.
Geotermia Włocławek	2,4E+2	nd.	nd.	3,0E+1	8,5E-1	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	0,0E+0	nd.

## Objaśnienia do tabeli 1:

## Koszt energii

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Koszt 1 MWh paliwa dla użytkownika wyznaczony na podstawie średniej ceny rynkowej biomasy pod postacią pelletu drzewnego oraz wartości opałowej dla biomasy stałej (KOBiZE)
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy starego typu	Koszt 1 MWh paliwa dla użytkownika wyznaczony na podstawie średniej ceny rynkowej węgla na podstawie: GUS, <i>Komunikat w sprawie przeciętnej średniorocznej ceny detalicznej 1000 kg węgla kamiennego w 2022 roku</i> oraz wartości opałowej dla węgla (KOBiZE)
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Kocioł gazowy	Koszt 1 MWh paliwa dla użytkownika wyznaczony na podstawie stawki PGNiG dla odbiorcy końcowego grupy taryfowej W-1.1 za 2022 rok oraz wartości opałowej dla gazu ziemnego (KOBiZE)
Kocioł gazowy kondensacyjny	
Sieć elektroenergetyczna	Średnia cena brutto 1 MWh energii elektrycznej dla odbiorcy końcowego dla taryfy G11
Pompa ciepła powietrze-powietrze	Nd. – energia elektryczna pobrana z sieci zwiększa zużycie i nakłady finansowe na sieć energetyczną. Ilość energii elektrycznej potrzebnej do wyprodukowania 1 MWh energii cieplnej wyznaczona na podstawie parametrów katalogowych sprawności pompy ciepła oraz krzywych pracy pomp ciepła w zależności od dobowej i sezonowej temperatury
Duża pompa ciepła powietrze-woda	
Mała pompa ciepła powietrze-woda	
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	
Ciepłownia – węgiel	Średnie koszty ciepła sieciowego dla odbiorców końcowych dla ciepłowni gazowych w Polsce (URE)
Ciepłownia – gaz ziemny	Cena końcowa dla odbiorcy indywidualnego stanowiąca składową kosztów operacyjnych i kosztów emisji otrzymanych na podstawie średnich wartości dla odpowiadających ciepłowni/elektrociepłowni w Polsce (URE)
Elektrociepłownia – węgiel	
Elektrociepłownia – gaz ziemny	
Elektrociepłownia – RDF	W celu wyznaczenia kosztów energii konieczne jest ustalenie z miastem udziału RDF w spalonym paliwie, jego parametrów (odpady organiczne lub nieorganiczne) oraz ceny (RDF pochodzący z produkcji własnej miasta lub ze skupu). Po ustaleniu szczegółowych parametrów RDF parametry elektrociepłowni będą wyznaczone analogicznie jak w przypadku pozostałych technologii kogeneracyjnych
Magazyn energii elektrycznej wodorowy (elektrolizer + magazyn wodoru + turbospół wodorowy)	Nd. – energia elektryczna pobrana z sieci zwiększa zużycie i nakłady finansowe na sieć energetyczną

## 1. Nakłady inwestycyjne

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Uśredniona cena indywidualnego kotła na paliwo stałe w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Magazyn energii elektrycznej	Uśredniona cena magazynu energii w przeliczeniu na 1 MW pojemności na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Grzejnik elektryczny	Uśredniona cena grzejnika elektrycznego w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie ofert aktualnych rynkowych
Kocioł gazowy	Uśredniona cena indywidualnego kotła gazowego na cele grzewcze w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Kocioł gazowy kondensacyjny	
Pompa ciepła powietrze-powietrze	Uśredniona cena indywidualnej pompy ciepła powietrze-powietrze na cele grzewcze w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Duża pompa ciepła powietrze-woda	Uśredniona cena indywidualnej dużej pompy ciepła (powyżej 100 kW) powietrze-woda na cele grzewcze w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Mała pompa ciepła powietrze-woda	Uśredniona cena indywidualnej małej pompy ciepła (poniżej 100 kW) powietrze-woda na cele grzewcze w przeliczeniu na 1 MW mocy cieplnej na podstawie aktualnych ofert rynkowych
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	Cena wyznaczona na podstawie planowanego kosztu podobnych inwestycji realizowanych przez Veolia Poznań i Veolia Warszawa
Turbiny wiatrowe	Uśredniona cena siłowni wiatrowej w przeliczeniu na 1 MW mocy zainstalowanej na podstawie przykładowych inwestycji w turbiny wiatrowe ( <a href="https://mapadotacji.gov.pl/">https://mapadotacji.gov.pl/</a> )
Instalacja fotowoltaiczna	Uśredniona cena domowej instalacji fotowoltaicznej w przeliczeniu na 1 MWp mocy zainstalowanej na podstawie aktualnych cen rynkowych
Farma fotowoltaiczna	Uśredniona cena farmy fotowoltaicznej w przeliczeniu na 1 MW mocy zainstalowanej (IEO)
Magazyn energii elektrycznej wodorowy (elektrolizer + magazyn wodoru + turbospół wodorowy)	Suma nakładów inwestycyjnych na elektrolizer, magazyn wodoru oraz turbospół wodorowy* (IDEA)

\* Układ z turbospółem wodorowym został wybrany jako opcja najefektywniejsza ekonomicznie. Koszty CAPEX alternatywnych rozwiązań, takich jak np. ogniwa paliwowe, wynoszą nawet dziesięć razy więcej.

## 2. Koszty operacyjne

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania dla indywidualnego kotła grzewczego na paliwa stałe w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej mocy cieplnej
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy starego typu	
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Kocioł gazowy	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania dla indywidualnego kotła grzewczego na paliwa gazowe w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej mocy cieplnej
Pompa ciepła powietrze-powietrze	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania dla pomp ciepła w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej mocy cieplnej
Duża pompa ciepła powietrze-woda	
Mała pompa ciepła powietrze-woda	
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	
Turbiny wiatrowe	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania dla farmy wiatrowej w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej (PSEW)
Instalacja fotowoltaiczna	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania indywidualnych instalacji fotowoltaicznych w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej (IEO)
Farma fotowoltaiczna	Szacowany koszt nakładów pracy, konserwacji oraz serwisowania farm fotowoltaicznych w Polsce w przeliczeniu na 1 MW zainstalowanej (IEO)
Magazyn energii elektrycznej wodorowy (elektrolizer + magazyn wodoru + turbozespół wodorowy)	Suma kosztów inwestycyjnych na elektrolizer (2% CAPEX/rok) + magazyn wodoru (3% CAPEX/rok) + turbozespół wodorowy (2% CAPEX) (IDEA)

6

## 3. Efektywność dla ciepłej wody

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Uśredniona wartość sprawności spalania indywidualnego kotła na paliwo stałe na podstawie danych katalogowych oraz strat ciepła w domowej instalacji c.w.u. (Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska)
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy starego typu	
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Grzejnik elektryczny	Suma strat ciepła podczas konwersji energii elektrycznej na energię cieplną oraz straty ciepła w domowej instalacji c.w.u.
Kocioł gazowy	Uśredniona wartość sprawności spalania indywidualnego kotła na paliwa gazowe na podstawie danych katalogowych oraz strat ciepła w domowej instalacji c.w.u. (Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska)
Kocioł gazowy kondensacyjny	
Pompa ciepła powietrze-powietrze	Suma strat ciepła w obiegu pompy oraz strat w domowej instalacji c.w.u. (Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska)
Duża pompa ciepła powietrze-woda	
Mała pompa ciepła powietrze-woda	
Duża pompa ciepła wykorzystująca ciepło odpadowe	
Ciepłownia - węgiel	Straty ciepła w ciepłej wodzie w domowej instalacji c.w.u. (Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska)
Ciepłownia - gaz ziemny	
Elektrociepłownia - węgiel	
Elektrociepłownia - gaz ziemny	

7

## 4. Emisje

Nazwa urządzenia	Objaśnienie
Kocioł na biomasę	Wartości emisji dla źródeł indywidualnych (KOBIZE)
Kocioł na biomasę ekoprojekt	
Kocioł węglowy starego typu	
Kocioł węglowy ekoprojekt	
Kocioł gazowy	
Kocioł gazowy kondensacyjny	
Sieć elektroenergetyczna	Wartość emisji dla sieci elektroenergetycznej (KOBIZE)
Ciepłownia - węgiel	Wartości emisji dla sieciowych źródeł ciepła (URE)
Ciepłownia - gaz ziemny	
Elektrociepłownia - węgiel	
Elektrociepłownia - gaz ziemny	
Elektrociepłownia RDF	Emisja zależna od przyjętego udziału oraz rodzaju (organiczny, nieorganiczny) użytego RDF w procesie spalania (Urząd Miasta Włocławek)

## 5. Efektywność dla ciepła

Typ budynku	Duża													
	Kocioł na biomasę	Kocioł na biomasę ekoprojekt	Kocioł węglowy starego typu	Piec węglowy ekoprojekt	Grzejnik elektryczny	Kocioł gazowy	Kocioł gazowy kondensacyjny	Pompa ciepła powietrzna	Duża pompa ciepła	Pompa ciepła gruntowa	Ciepłownia gaz ziemny	Ciepłownia węgiel	Elektrociepłownia gaz ziemny	Elektrociepłownia węgiel
Wielorodzinny klasy A i B	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Wielorodzinny klasa C	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Wielorodzinny klasa D	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
Wielorodzinny klasy E i F	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Publiczny klasy A i B	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Publiczny klasa C	0,748	0,748	0,6375	0,748	0,9	0,748	0,833	0,8925	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Publiczny klasa D	0,748	0,748	0,6375	0,748	0,9	0,748	0,833	0,8925	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Publiczny klasy E i F	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Jednorodzinny klasy A i B	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85	0,85
Jednorodzinny klasa B	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,85	0,85	0,85	0,85
Jednorodzinny klasa C	0,792	0,792	0,675	0,792	0,9	0,792	0,882	0,945	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Jednorodzinny klasy C i D	0,7656	0,7656	0,6525	0,7656	0,9	0,7656	0,8526	0,9135	0,87	0,87	0,9	0,9	0,9	0,9
Jednorodzinny klasa D	0,748	0,748	0,6375	0,748	0,9	0,748	0,833	0,8925	0,85	0,85	0,9	0,9	0,9	0,9
Jednorodzinny klasa E	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
Jednorodzinny klasy E i F	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85
Jednorodzinny klasa F	0,704	0,704	0,6	0,704	0,9	0,704	0,784	0,84	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

## 6. Termomodernizacja

Parametry termomodernizacyjne dla poszczególnych typów budynków wyznaczone za pomocą oprogramowania symulacyjnego EnergyPlus				
Typ budynku	Koszt termomodernizacji (zł/m <sup>2</sup> )		Efektywność energetyczna	
	Do klasy energetycznej A	Do klasy energetycznej B	Dla klasy energetycznej A	Dla klasy energetycznej B
Wielorodzinny klasa C	462	212	0,384	0,203
Wielorodzinny klasa D	512	262	0,531	0,414
Wielorodzinny klasy E i F	812	562	0,643	0,593
Publiczny klasa C	597	347	0,552	0,065
Publiczny klasa D	747	497	0,582	0,308
Publiczny klasy E i F	947	697	0,641	0,39
Jednorodzinny klasa C	554	354	0,316	0,232
Jednorodzinny klasa D	754	554	0,561	0,52
Jednorodzinny klasy E i F	854	654	0,631	0,601

## Parametry termomodernizacji i energii końcowej w budynkach zabytkowych

Klasa	Energia końcowa (stan podstawowy)	Termomodernizacja 30% (zł/m <sup>2</sup> )	Termomodernizacja 60%	Klasa po termomodernizacji	Energia końcowa po termomodernizacji
B	100,75	-	-	B	100,75
C	127,52	400,17	-	B	89,26
D	155,26	512,68	-	C	108,68
E	177,20	-	885,10	B	88,60
F	277,01	-	1 086,71	C	110,80

## Załącznik B – ścieżki cenowe

Tabela 2. Ścieżki cenowe dla technologii użytych w opracowaniu na lata 2023–2040

	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
Źródła indywidualne (zł/MWh)																		
Węgiel dla odbiorcy indywidualnego	234,06	214,49	248,24	232,63	217,03	201,42	185,81	173,25	214,63	256,00	297,37	338,75	380,12	397,82	415,52	433,22	450,92	468,62
Gaz ziemny dla odbiorcy indywidualnego	251,0061	235,0935	252,5222	239,0864	225,6506	212,2147	198,7789	187,2483	212,4882	237,7281	262,9679	288,2078	313,4477	323,884	334,3203	344,7567	355,193	365,6294
Biomasa (pellet) dla odbiorcy indywidualnego	405,78	407,20	408,62	410,03	411,45	412,87	414,28	415,70	418,68	421,66	424,64	427,61	430,59	433,57	436,55	439,53	442,50	445,48
Sieć elektroenergetyczna (zł/MWh)																		
Sieć elektroenergetyczna (IDEA)	980,00	1 002,75	1 025,47	1 022,61	1 019,71	1 016,77	1 013,78	1 010,76	1 006,79	1 002,57	998,09	993,37	988,38	987,24	985,97	984,57	983,03	981,36
Ciepło sieciowe (zł/MWh t)																		
Ciepłownia węglowa (aktualna)	387,37	445,40	456,49	460,58	482,18	484,20	486,22	488,24	509,16	530,08	551,00	571,92	592,84	613,76	634,68	655,60	676,52	697,44
Ciepłownia – gaz	623,82	613,23	601,52	586,19	577,46	561,35	545,25	529,14	535,70	542,26	548,82	555,39	561,95	568,51	575,07	581,64	588,20	594,76
Elektrociepłownia – węgiel	479,33	570,37	589,34	594,64	632,51	634,16	635,86	620,20	662,74	705,67	748,99	792,69	836,78	876,90	917,41	958,32	999,62	1 041,32
Elektrociepłownia – gaz	445,27	351,32	328,22	312,33	303,44	287,25	271,19	208,93	225,79	243,67	262,60	282,56	303,55	313,95	325,40	337,91	351,47	366,09
Elektrociepłownia – biomasa	324,86	284,11	277,41	276,94	272,81	272,99	273,22	255,72	255,64	255,95	256,67	257,78	259,30	256,75	254,60	252,87	251,54	250,62
Koszt ETS1 (zł/t CO <sub>2</sub> )	356,90	405,30	451,66	472,54	540,01	555,39	570,77	586,14	642,28	698,41	754,55	810,69	866,82	922,96	979,09	1 035,23	1 091,36	1 147,50
Koszt ETS2 (zł/t CO <sub>2</sub> )	0,00	0,00	160,65	172,58	184,52	196,45	208,39	229,50	356,96	484,43	611,89	739,36	866,82	922,96	979,09	1 035,23	1 091,36	1 147,50

Tabela 3. Wyjaśnienie metodyki opracowania ścieżek cenowych dla poszczególnych technologii

	Metodyka	Opis	Dane wejściowe						
Węgiel dla odbiorcy indywidualnego		Aktualna cena węgla dla odbiorcy indywidualnego w sklepie <a href="https://sklep.pgg.pl/">https://sklep.pgg.pl/</a>	Cena węgla dla odbiorcy indywidualnego (zł/t)	1 470					
Gaz ziemny dla odbiorcy indywidualnego		Aktualna taryfa za gaz dla odbiorcy indywidualnego na podstawie <a href="https://pgnig.pl/taryfa">https://pgnig.pl/taryfa</a>	Cena gazu z taryfy dla odbiorcy indywidualnego zł/MWh (netto)	204,07					
Biomasa (pellet) dla odbiorcy indywidualnego		Aktualna cena pelletu drzewnego (pellet4future.com)	Cena pelletu drzewnego dla odbiorcy indywidualnego zł/t	1 876,19					
Sieć elektroenergetyczna (zł/MWh)				2020	2023	2025	2030	2040	2045
Sieć elektroenergetyczna (IDEA)	Prognoza cen energii elektrycznej przedstawiona w PEP2040 zaktualizowana o prognozy cen emisji ETS1 w trzech scenariuszach przygotowanych przez IDEA. Od ceny końcowej energii elektrycznej przedstawionej w PEP2040 odjęto koszty ETS przedstawione w ww. dokumencie. Następnie emisje zostały jeszcze raz pomnożone przez nowe prognozy dotyczące kosztów ETS i zsumowane z powrotem. Cena w roku bazowym została zaktualizowana do aktualnej ceny energii elektrycznej dla odbiorcy indywidualnego		Cena energii elektrycznej dla odbiorcy indywidualnego (zł/MWh)		980				
Ciepłownia węglowa (aktualna)	Za podstawę do wyznaczenia prognozy dla istniejącej ciepłowni/elektrociepłowni służy aktualna taryfa za ciepło dla odbiorcy indywidualnego w analizowanym mieście. Taryfa podzielona jest proporcjonalnie na koszty paliwa, koszty emisji oraz pozostałe koszty działalności obiektu zgodnie ze statystycznym udziałem tych kosztów (URE). Część dotycząca paliw prognozowana jest do 2050 r. na podstawie współczynnika zmian cen paliwa wykorzystanego przy wyznaczaniu prognozy dla źródeł indywidualnych otrzymanego na podstawie WEO. Prognoza części emisyjnej zostaje wykonana na podstawie współczynnika wzrostu kosztów emisji ETS wyznaczonego na podstawie WEO. Pozostała część kosztów jest stała w całym okresie		Koszt ciepła dla odbiorcy indywidualnego zgodnie z taryfą (zł/MWh t)		432,883				



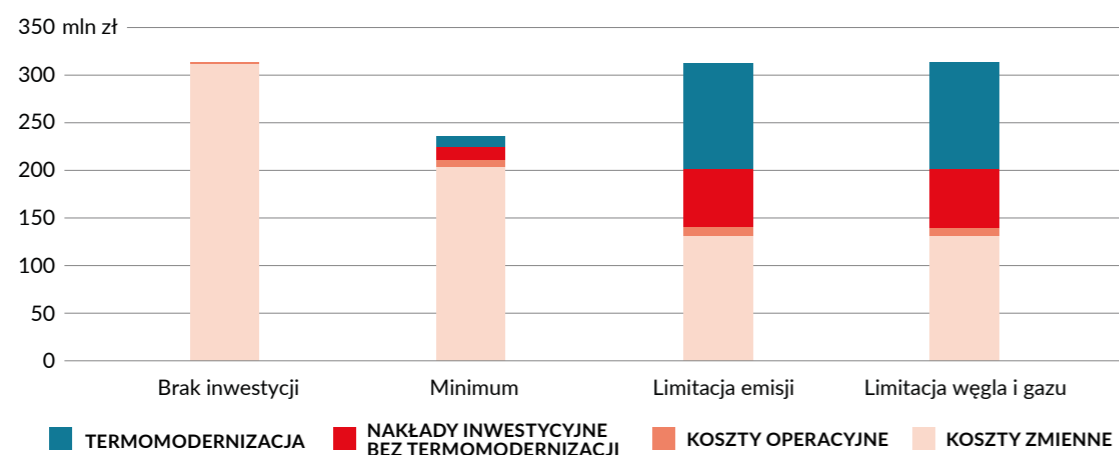
				CAPEX zł/30 lat/1 MWh	Koszty operacyjne	Koszt paliwa	Koszt emisji	Sprzedaż energii elektrycznej do sieci	Suma (taryfa)
Ciepłownia – gaz	<p>W przypadku nowej inwestycji wyznaczamy następujące składowe sumujące się do finalnej taryfy dla odbiorcy indywidualnego, pozwalającej zapewnić rentowność inwestycji:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Część inwestycyjną stanowiącą sumę nakładów inwestycyjnych na wybudowanie 1 MW zainstalowanej mocy termicznej w podzieloną na 1 MWh wyprodukowanego ciepła w cały okresie 30 lat życia inwestycji.</li> <li>• Część paliwową stanowiącą statystyczny koszt paliwa przypadającego na 1 MWh ciepła dostarczonego do odbiorcy indywidualnego w analogicznych rodzajach obiektów (URE). Koszt paliwa jest następnie mnożony przez zmianę % danego paliwa w kolejnych latach na podstawie prognoz opisanych wcześniej.</li> <li>• Część emisyjną wyznaczoną jako średnie emisje w danym rodzaju obiektu przemnożone przez prognozę kosztów ETS w każdym roku (URE).</li> <li>• W przypadku elektrociepłowni sprzedaż energii elektrycznej będącej wartością ujemną równą przychodowi ze sprzedaży energii elektrycznej do sieci wyznaczonej na podstawie statystycznej produkcji energii elektrycznej przypadającej na 1 MWh energii cieplnej wyprodukowanej w danym rodzaju obiektu oraz cenie sprzedaży energii elektrycznej do sieci (URE). Cena sprzedaży energii elektrycznej zmienia się w kolejnych latach o taki sam % jak prognozowany koszt energii elektrycznej dla odbiorcy indywidualnego.</li> <li>• Pozostałe koszty działalności obiektu będące stałą statystyczną wartością kosztów przypadających na 1 MWh wyprodukowanego ciepła w danym rodzaju instalacji (URE)</li> </ul>	Parametry bazowe na 2023 r. (URE)	58,86	226,72	288,49	50,89		623,82	
Elektrociepłownia – węgiel		76,48	226,72	119,41	278,70	-138,45	479,33		
Elektrociepłownia – gaz		90,74	226,72	328,58	127,62	-250,53	445,27		
Elektrociepłownia – biomasa		77,78	226,72	139,57	148,88	-131,86	324,86		
				2020	2021	2022	2023	2030	2050
Koszty emisji CO <sub>2</sub> (zł/t CO <sub>2</sub> )	Prognoza ceny uprawnień do emisji do 2050 r. wyznaczona została na podstawie % zmian cen ETS w kolejnych latach według prognozy przedstawionej w trzech scenariuszach (World Energy Outlook)	Cena bazowa dla prognozy (zł/t CO <sub>2</sub> )					356,9		
		Stated Policies (\$/t)	32,3	64,5	86			90	113
		Announced Pledges (\$/t)	32,3	64,5	86			135	200
		NetZero by 2050 (\$/t)	32,3	64,5	86			140	250

## Załącznik C – zasób budynkowy w gestii Urzędu Miasta

W ramach analizy autorzy opracowania zidentyfikowali i przeanalizowali budynki pozostające w gestii Urzędu Miasta, np. szkoły czy budynki urzędu. Urząd Miasta Włocławek zarządza 174 budynkami o łącznej powierzchni użytkowej 226 tys. m<sup>2</sup>, co stanowi 5% całości powierzchni użytkowej na terenie miasta. Roczne koszty ciepła, energii elektrycznej i podgrzewania wody w zasobie budynkowym pozostającym w gestii Urzędu Miasta wynoszą ok. 19 mln zł, co przełoży się na ok. 315 mln zł w skali siedemnastoletniego okresu analizy. Natomiast roczne emisje CO<sub>2</sub>, PM10 i PM2,5 z użytkowania tego zasobu wynoszą odpowiednio 15,2 tys. ton, 15,8 ton i 7,5 ton.

Prezentujemy te dane, ponieważ mogą służyć one miastu za punkt startowy do rozważań strategicznych na temat przeprowadzania termomodernizacji i wymiany źródeł ciepła na terenie Włocławka. Najszybszym i najbardziej opłacalnym w realizacji scenariuszem jest rozpoczęcie zmiany od właśnie zasobu miejskiego. Przedstawiona analiza pozwoli ocenić stan bieżący i zidentyfikować obszary priorytetowego działania.

**Wykres 1. Wydatki całkowite na transformację energetyczną w latach 2023–2040 dla wszystkich scenariuszy zasobu budynkowego w gestii Urzędu Miasta**

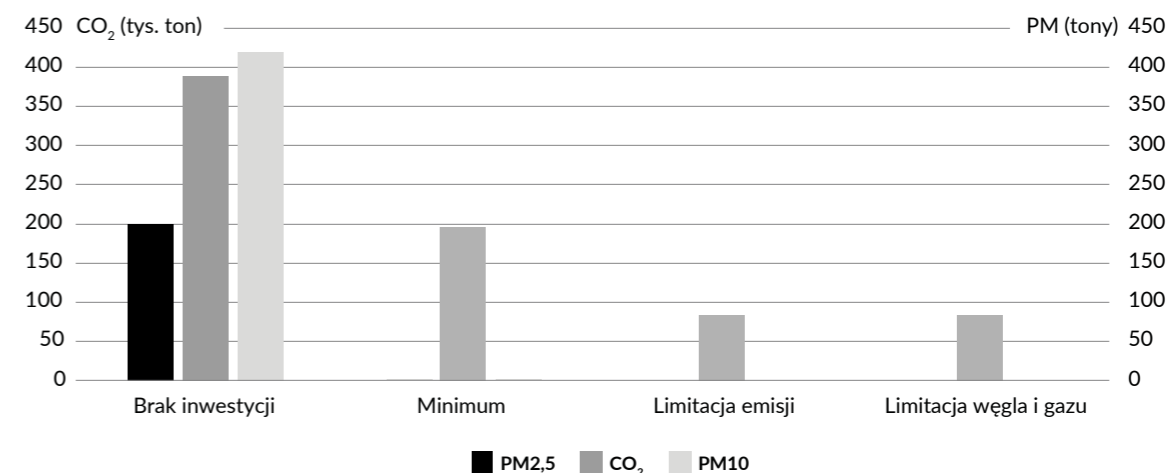


Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załączniku C.

Wydatki całkowite w scenariuszach Brak inwestycji, Limitacja emisji i Limitacja węgla i gazu w całym okresie optymalizacji, tj. w latach 2023–2040, kształtują się na porównywalnych poziomach. W przypadku scenariusza Minimum, dzięki wydatkom inwestycyjnym na poziomie 25 mln zł, koszty bieżące zmniejszą się o 100 mln zł w okresie analizy (spadek o 33%).

W scenariuszach redukcyjnych (Limitacja emisji, Limitacja węgla i gazu), dzięki nakładom inwestycyjnym wynoszącym 62 mln zł oraz nakładom na termomodernizację w wysokości 111 mln zł, możliwe jest uzyskanie redukcji emisji CO<sub>2</sub> o 78%. Wydatki całkowite plasują się na poziomie scenariusza Brak inwestycji, jednak gdyby rozszerzyć okres optymalizacji, oszczędność w dłuższej perspektywie czasowej byłaby znacznie wyższa.

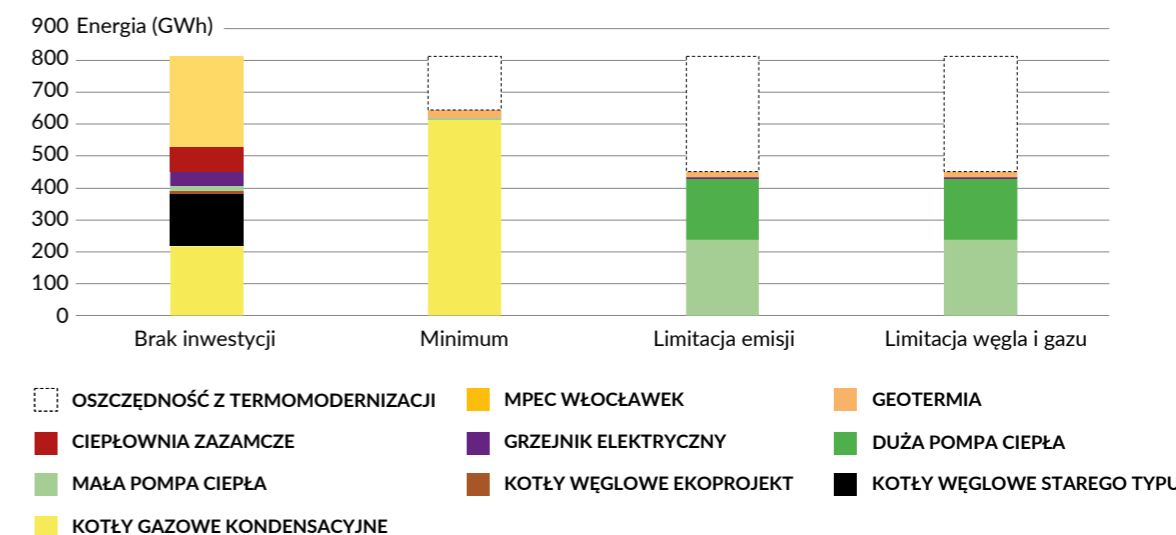
**Wykres 2. Emisja w 2040 r. dla każdego scenariusza symulacji, zasób budynkowy będący w gestii Urzędu Miasta**



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załącznikach do analizy.

W zależności od realizowanego scenariusza zmienia się główne źródło ciepła – w scenariuszu Minimum będą to kotły gazowe, a w scenariuszach Limitacja emisji oraz Limitacja węgla i gazu – pompy ciepła. Dzięki realizacji jednego ze scenariuszy progresywnych możliwe będzie ograniczenie emisji PM2,5 i PM10 o 98%.

**Wykres 3. Roczna produkcja ciepła w 2040 r. w podziale na zastosowane technologie, zasób będący w gestii Urzędu Miasta**

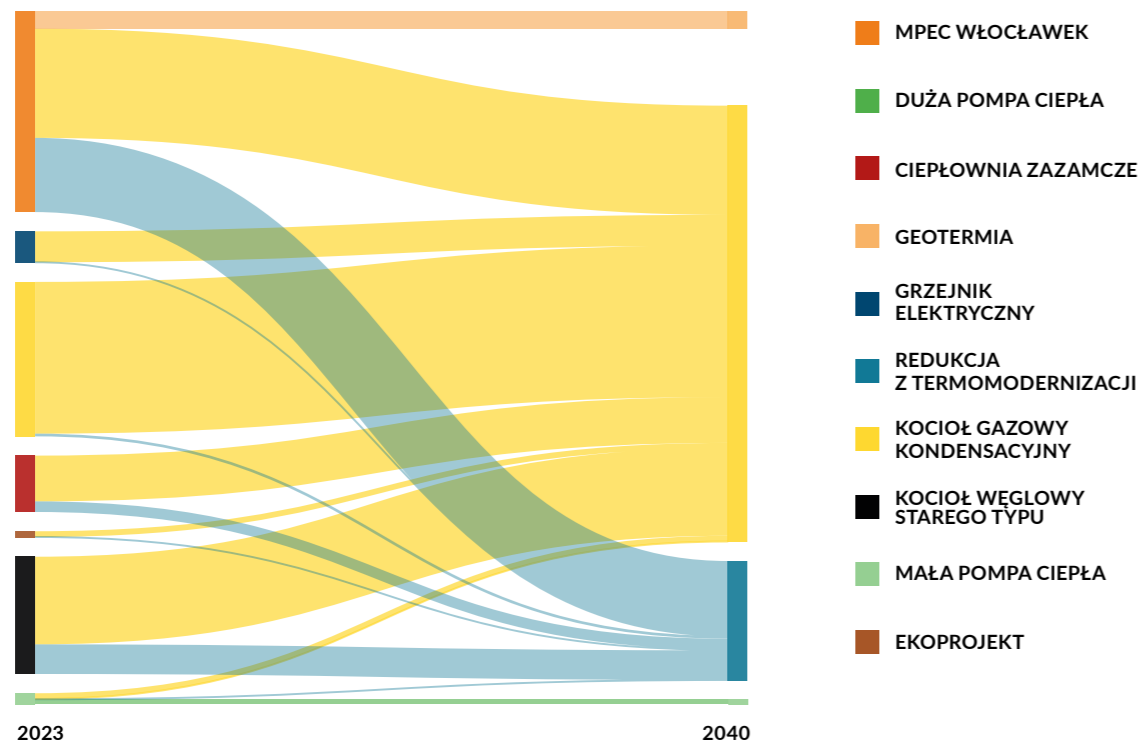


Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załącznikach do analizy.

W 2024 r. zgodnie ze scenariuszem Brak inwestycji 63% ogółu ciepła zapewni ciepłownia miejska MPEC Włocławek, 18% ciepła pochodzi ze spalania węgla w starych kotłach, 18% ze spalania gazu ziemnego w kotłach kondensacyjnych oraz nieznaczną część z pomp ciepła i grzejników elektrycznych. Sumaryczna produkcja ciepła kształtuje się na poziomie 33 GWh rocznie.

W scenariuszu Minimum termomodernizacja pozwala obniżyć zapotrzebowanie na ciepło o 7%, a skala procesu wymiany indywidualnych źródeł ciepła i odłączenia się od sieci na rzecz kotłów gazowych jest dużo większa niż w przypadku zasobu prywatnego i skutkuje ponad czterokrotnym wzrostem do poziomu ponad 25 GWh rocznie. Ponad 80% ciepła dostarczanego do zasobu miejskiego przez MPEC Włocławek zostanie zamienione na indywidualne źródła gazowe, pozostałe 20% ciepła wyprodukuje geotermia.

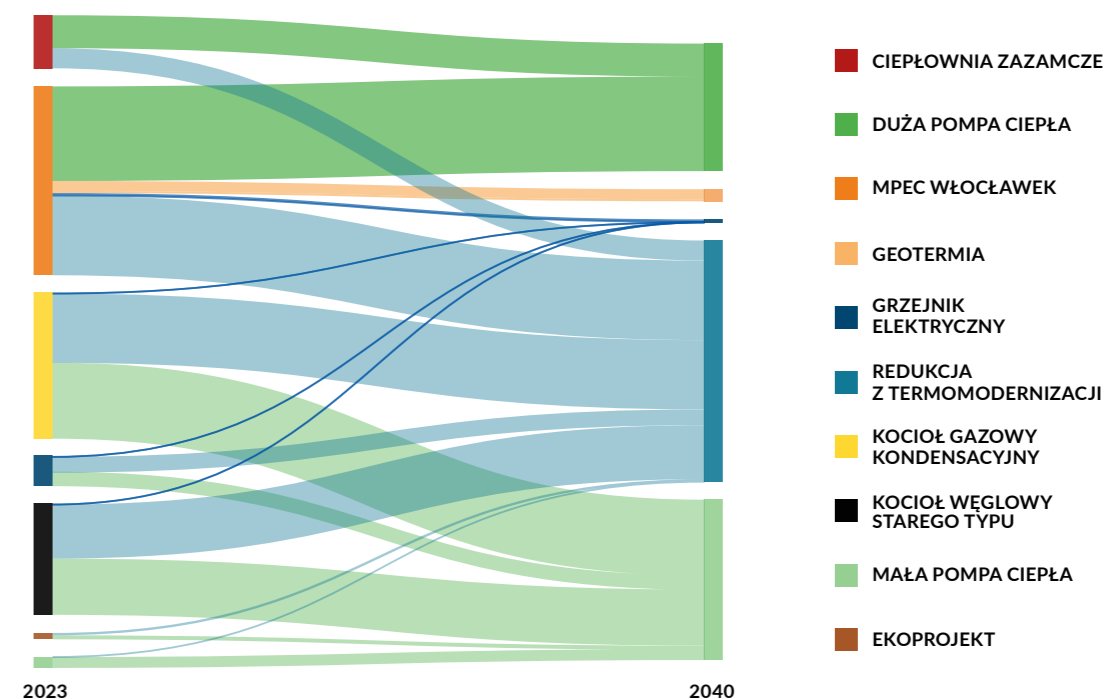
Wykres 4. Energia użytkowa na potrzeby ogrzewania budynków i ciepłej wody użytkowej (MWh) we Włocławku obecnie i w 2040 r. – scenariusz Minimum



20

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załączniku C.

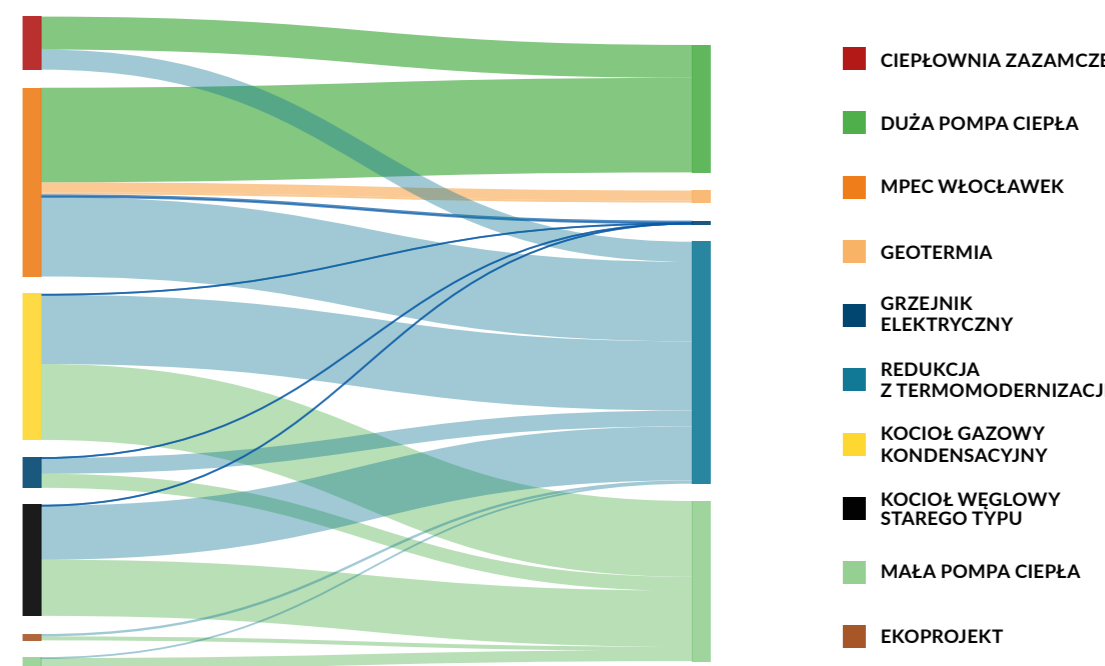
Wykres 5. Energia użytkowa na potrzeby ogrzewania budynków (MWh) we Włocławku teraz i w 2040 r. – scenariusz Limitacja emisji



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załączniku C.

21

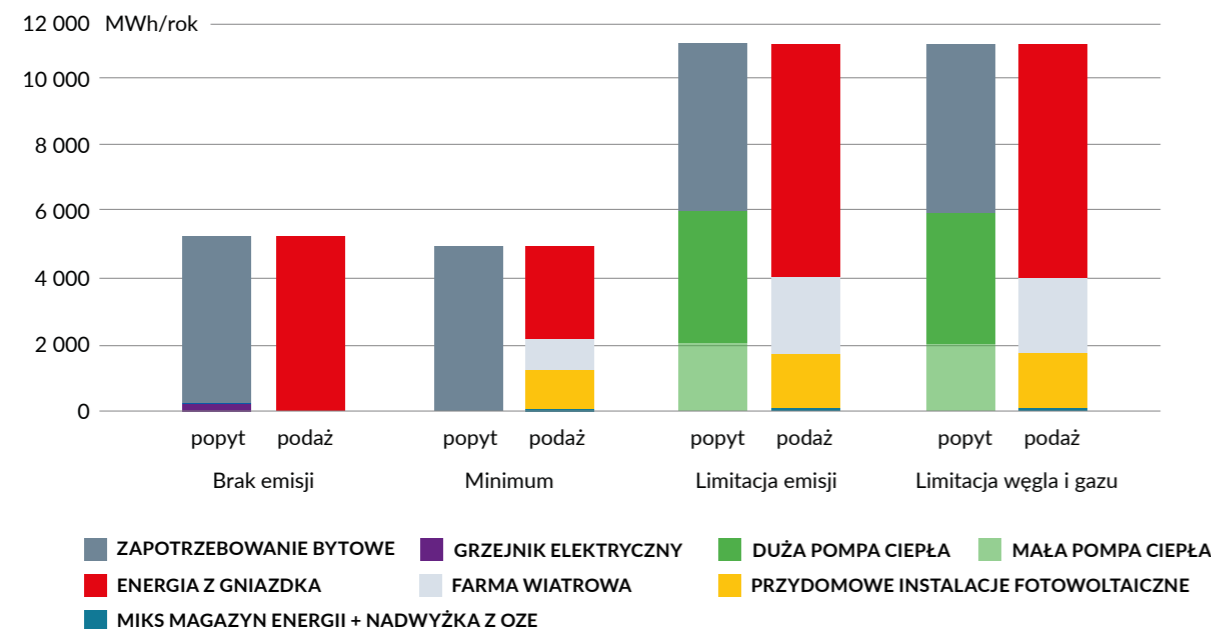
Wykres 6. Energia użytkowa na potrzeby ogrzewania budynków (MWh) we Włocławku obecnie i w 2040 r. – scenariusz Limitacja węgla i gazu



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załączniku C.

W przypadku realizacji **scenariuszy Limitacja emisji oraz Limitacja węgla i gazu** termomodernizacja skutkuje zmniejszeniem zapotrzebowania na ciepło o 5–5,5 GWh (15–16% w stosunku do stanu obecnego). Następuje prawie pełna elektryfikacja ogrzewnictwa, źródło sieciowe MPEC Włocławek podlega transformacji na geotermię i dużą pompę ciepła, a źródła indywidualne na małe indywidualne pompy ciepła, co znajduje odzwierciedlenie w strukturze popytu na energię elektryczną.

Wykres 7. Roczny bilans energii elektrycznej dla każdego scenariusza symulacji, zasób będący w gestii Urzędu Miasta



22

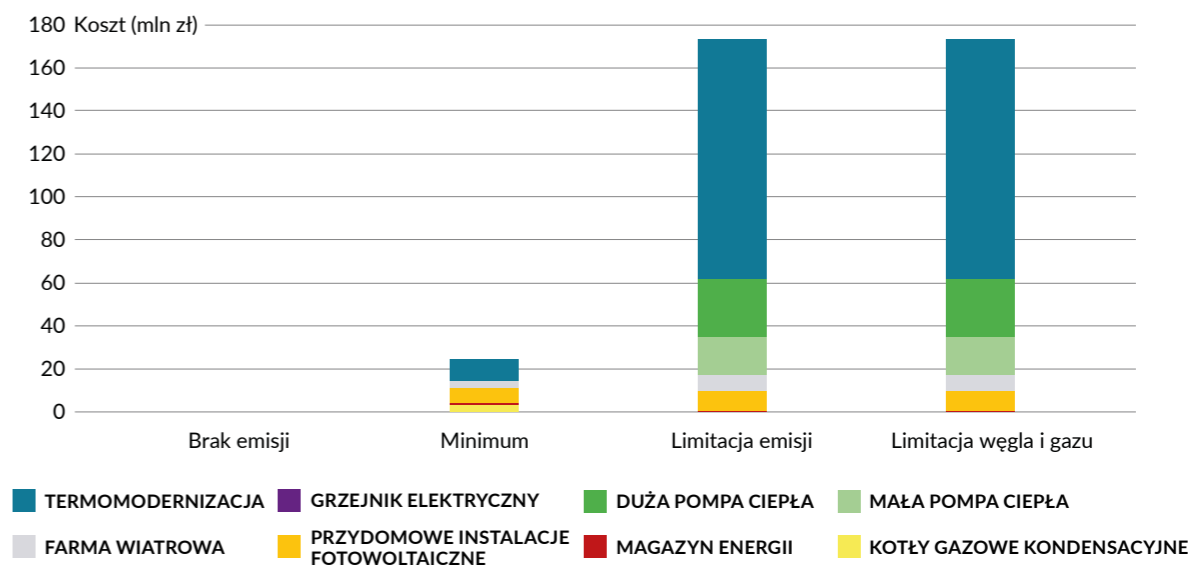
Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załącznikach analizy.

W przypadku scenariusza **Brak inwestycji** roczne zapotrzebowanie bytowe budynków miejskich w wysokości 5 tys. MWh oraz zapotrzebowanie na energię dla grzejników elektrycznych w wysokości 300 MWh jest zaspokajane przez sieć elektroenergetyczną, generującą 5,3 GWh rocznie.

W scenariuszu **Minimum** występuje spadek zapotrzebowania na energię elektryczną z sieci o 50% w stosunku do scenariusza **Brak inwestycji**, co wynika z termomodernizacji.

Wyniki dla scenariuszy progresywnych, podobnie jak w analizie dla całego miasta, są bardzo zbliżone do siebie. W porównaniu do scenariusza **Brak inwestycji**, widoczny jest **wzrost rocznego zapotrzebowania na energię dla pomp ciepła** wynoszącą 6 GWh, z czego udział dużych powietrznych pomp ciepła wynosi ok. 4 GWh, a małych pomp ciepła 2 GWh. W przypadku podaży roczna produkcja z farmy wiatrowej wynosi 2,2 tys. MWh oraz mikroinstalacji fotowoltaicznych 1,54 MWh na rok. Generacja wymaga wsparcia magazynami energii elektrycznej o pojemności 140 MWh. Roczny pobór energii elektrycznej z sieci w tych scenariuszach jest większy i wynosi 7 tys. MWh. Średnie całkowite wartości rocznego zapotrzebowania i generacji w przypadku tych scenariuszy wynoszą 10 GWh/rok, tj. o 100% więcej niż w przypadku utrzymania stanu obecnego.

Wykres 8. Całkowite nakłady inwestycyjne poniesione przez Urząd Miasta na przestrzeni 17 lat



Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załącznikach analizy.

Większość budynków będących w gestii Urzędu Miasta ma możliwość wykorzystywania pomp ciepła. Dodatkowo wykres 8 pokazuje całkowite wydatki na termomodernizację i wymianę źródeł ciepła w budynkach w ciągu 17 lat. Zauważalny jest brak zasadniczych różnic w całkowitych wydatkach pomiędzy trzema scenariuszami transformacji. To oznacza, iż miasto może, a wręcz powinno demonstrować transformację energetyczną na swoim zasobie budynkowym w kierunku źródeł nieemisyjnych.

W scenariuszach **Limitacja węgla i gazu** oraz **Limitacja emisji** nakłady inwestycyjne dla poszczególnych technologii są niemal identyczne. Koszt farmy wiatrowej utrzymuje się na poziomie około 6,7 mln zł, a mikroinstalacji fotowoltaicznych 9,4 mln zł. Natomiast koszt budowy magazynu energii elektrycznej wynosi ok. 615 mln zł. Koszt inwestycji w pompy ciepła to ok. 45 mln zł, z czego ok. 27 mln zł przypada na dużą pompę ciepła, a 18 mln zł na powietrzne pompy ciepła.

Scenariusz **Minimum** różni się od pozostałych scenariuszy pod względem zmian kosztów technologii oraz eliminacji kosztów kotłów gazowych. W porównaniu do poprzednich scenariuszy farma wiatrowa, jak i duża pompa ciepła, są na podobnym poziomie, natomiast wzrosty dotyczą kotłów gazowych kondensacyjnych (wydatki 3,5 mln zł). Dodatkowo nakłady na termomodernizację wynoszą ok. 10 mln zł.

23

## Termomodernizacja w gestii Urzędu Miasta

Tabela 4 przedstawia szczegółową analizę wyników scenariusza **Limitacja emisji** z zakresu termomodernizacji dla budynków w gestii miasta (tj. komunalne mieszkalne, biurowe miejskie, szkoły itp.). W porównaniu do całego miasta (podrozdział 9.2) dla budynków w gestii urzędu miasta przeprowadzenie termomodernizacji jest opłacalne tylko w klasach D i EF o powierzchni 52 tys. m<sup>2</sup>, co stanowi 24% powierzchni wszystkich budynków należących do miasta.

Łączny spadek zapotrzebowania dla budynków wielorodzinnych wynosi 3,3 GWh, co pozwala zaoszczędzić 1,3 mln zł w okresie analizy (17 lat). Dla budynków publicznych (171 tys. m<sup>2</sup>) powierzchnia termomodernizowana stanowi zaledwie 5% (9,5 tys. m<sup>2</sup>). Oszczędności w tej strefie wynoszą 567 tys. zł. Termomodernizacja budynków klasy C w okresie analizy okazuje się nieopłacalna. Wraz z wydłużeniem horyzontu optymalizacji do roku 2050 budynki te najprawdopodobniej będzie opłacało się poddać termomodernizacji.

Tabela 4. Dane dla scenariusza Limitacja emisji po termomodernizacji

Rodzaj budynku i klasa energetyczna	Powierzchnia termomodernizowana (tys. m <sup>2</sup> )	Redukcja rocznego zapotrzebowania na ciepło (MWh)	Oszczędność kosztów bieżących w okresie analizy (tys. zł)	Okres zwrotu inwestycji (lata)
Wielorodzinne klasa D	14,7	736	339	11,4
Wielorodzinne klasy E i F	27	2 547	1 046	14,5
Publiczne klasa D	1,7	239	88	16
Publiczne klasy E i F	7,8	1 181	478	8
Jednorodzinne klasa D	0,7	17	12	24
Jednorodzinne klasy E i F	1	50	19,3	26

Źródło: opracowanie własne na podstawie wyników modelowania narzędziem Zefir. Szczegółowe wyniki udostępniono w załącznikach analizy.

## Bibliografia i źródła

GUS, *Komunikat Prezesa Głównego Urzędu Statystycznego z dnia 13 stycznia 2023 r. w sprawie przeciętnej średniorocznej ceny detalicznej 1000 kg węgla kamiennego w 2022 roku*, <https://stat.gov.pl/sygnalne/komunikaty-i-obwieszczenia/lista-komunikatow-i-obwieszczen/komunikat-w-sprawie-przecietnej-sredniorocznej-ceny-detalicznej-1000-kg-węgla-kamiennego-w-2022-roku,53,10.html> [dostęp: 9.05.2024].

IEO, *Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2022*, <https://ieo.pl/raporty>.

KOBIZE, *Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, zastosowane do automatycznego wyliczenia emisji w raporcie do Krajowej bazy za rok 2022, 2023*, [https://krajowabaza.kobize.pl/docs/Wskaźniki\\_małe\\_źródła\\_spalania\\_paliw\\_2022.pdf](https://krajowabaza.kobize.pl/docs/Wskaźniki_małe_źródła_spalania_paliw_2022.pdf).

KOBIZE, *Wskaźniki Emisyjności CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO i pyłu całkowitego na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za dla energii elektrycznej 2022*, <https://www.kobize.pl/pl/article/aktualnosci-2022/id/2229/nowe-wskazniki-emisyjnosci-dla-energii-elektrycznej>.

Matecka I., *Politechnika Wrocławska, Sprawność użytkowa systemu przygotowania ciepłej wody w węzłach ciepłowniczych*, 2010, <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPB2-0042-0009>.

PGE Dystrybucja S.A., *Taryfa dla usług dystrybucji energii elektrycznej PGE Dystrybucja S.A., średnia cena brutto 1 MWh energii elektrycznej dla odbiorcy końcowego dla taryfy G11*, <https://pgedystrybucja.pl/strefa-klienta/informacje-dla-konsumenta/taryfy-i-cenniki> [dostęp 11.05.2024].

PGNiG, *Taryfa- cennik dla klientów indywidualnych oraz podmiotów objętych ochroną taryfową*, <https://pgnig.pl/taryfa> [dostęp 11.05.2024].

PSEW, *Energetyka Wiatrowa w Polsce 2023, 2023*, [http://psew.pl/wp-content/uploads/2023/06/Energetyka-wiatrowa-w-Polsce\\_2023\\_internet.pdf](http://psew.pl/wp-content/uploads/2023/06/Energetyka-wiatrowa-w-Polsce_2023_internet.pdf).

URE, *Energetyka ciepła w liczbach 2021, 2022*, <https://www.ure.gov.pl/pl/cieplo/energetyka-ciepna-w-l/10763,2021.html>.

Baza danych inwestycji dofinansowanych z budżetu UE, <https://mapadotacji.gov.pl/>.



# Plan transformacji energetycznej Włocławka do 2040 r. Załączniki

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

[www.forum-energii.eu](http://www.forum-energii.eu)