



# Model energetyczny dla m.st. Warszawy w perspektywie roku 2050 uwzględniający warunki elektroprosumeryzmu



# Cele klimatyczne m.st. Warszawy

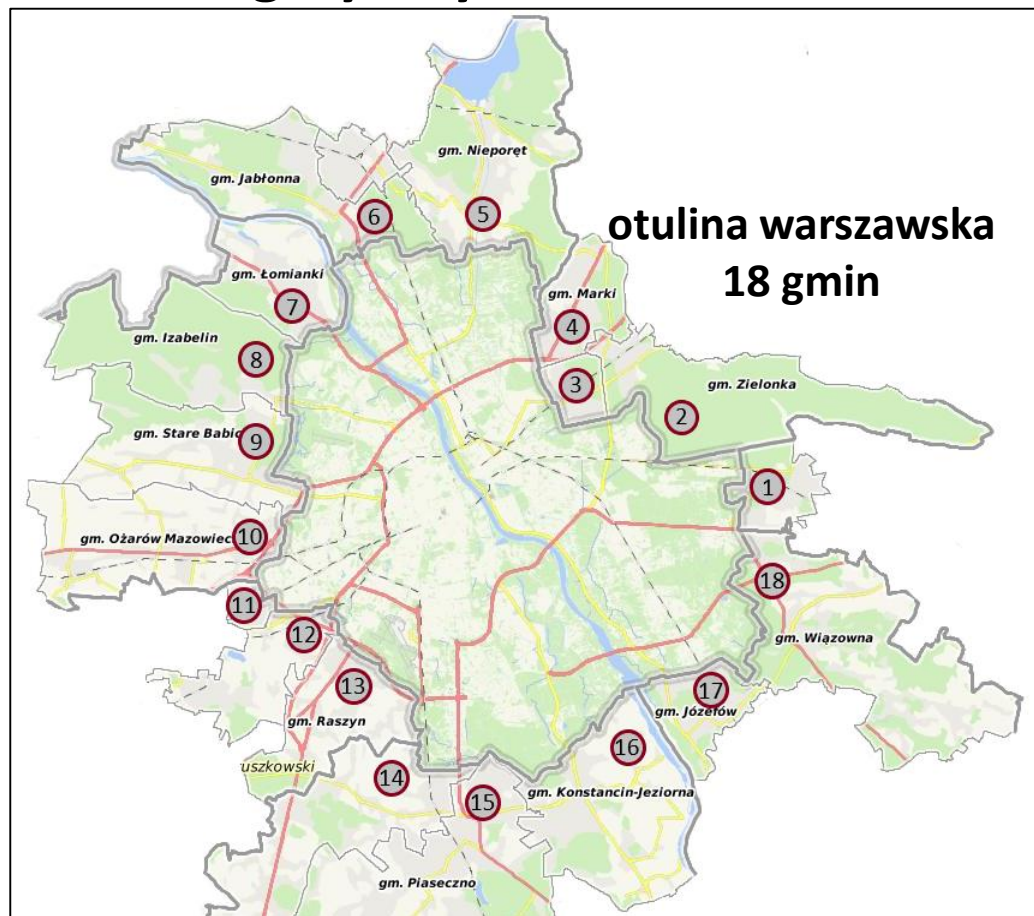
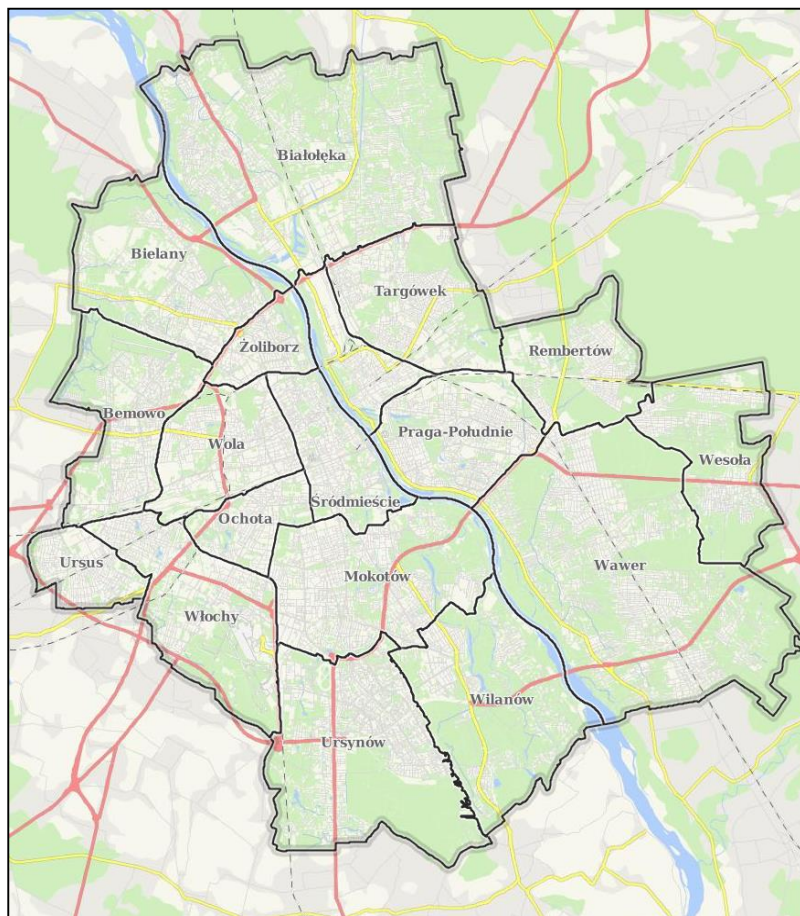
- ❖ Redukcja emisji dwutlenku węgla o 40% do 2030 r.
- ❖ Neutralność klimatyczna najpóźniej w 2050 r.

## Założenia Modelu energetycznego

- 1** Analiza w zakresie roli i warunków funkcjonowania sektora energetycznego w m.st. Warszawa.
- 2** Możliwości przemodelowania sektora energetycznego w kierunku elektroprosumeryzmu.
- 3** Możliwości osiągnięcia przez sektor energetyczny m.st. Warszawy neutralności wobec klimatu w perspektywie roku 2050.



# Zakres terytorialny analiz projektowych w Modelu energetycznym



# Sektor energetyczny m.st. Warszawy - modele transformacji energetycznej

## MODEL 0 (business as usual)

Model referencyjny (business as usual), w którym **zaopatrzenie Warszawy w energię elektryczną następuje z wykorzystaniem energii pobieranej z sieci KSE**. Dla modelu przyjęto ścieżki rozwoju technologii OZE zgodnie z PEP 2040 i wynikającą z nich trajektorią zmian wartości wskaźnika emisyjności dla energii elektrycznej.

## MODEL 1

Analiza przy założeniu **bardzo ostrożnych oszacowań związanych z dostępnością lokalnych zasobów Warszawy i możliwości wykorzystania źródeł OZE**. Założono ograniczony potencjał województwa do pokrycia potrzeb energetycznych. Duża gęstość energii wymusiła pokrycie potrzeb energetycznych w elektroprosumeryzmie w **ponad 70% realizowane za pomocą elektrowni wiatrowych offshore**.

## MODEL 2

Duże uzależnienie Warszawy od rynku wschodzącego 2 doprowadziło do zrewidowania założeń i uwzględnienia lokalnych zasobów oraz zasobów województwa. Założono zwiększenie wykorzystania sieci 110 kV. Spowodowało to zmniejszenie energii pochodzącej z elektrowni wiatrowych offshore o około 35%.

## MODEL 3

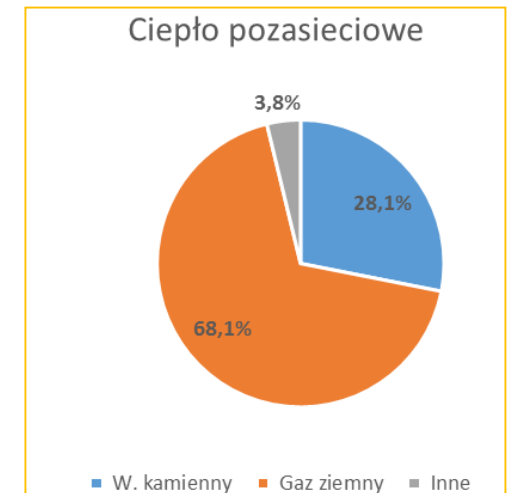
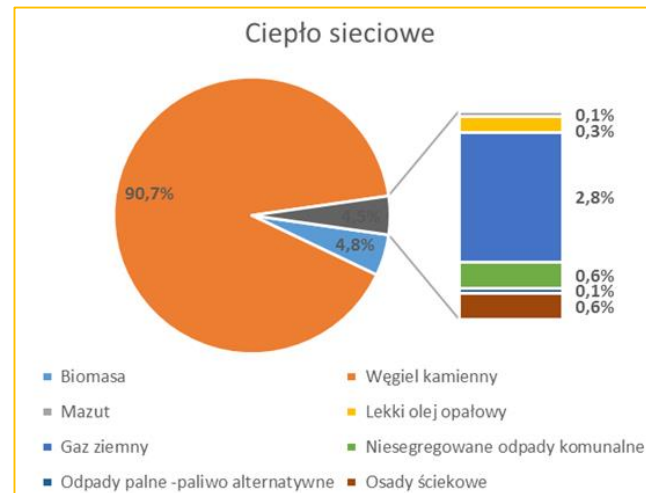
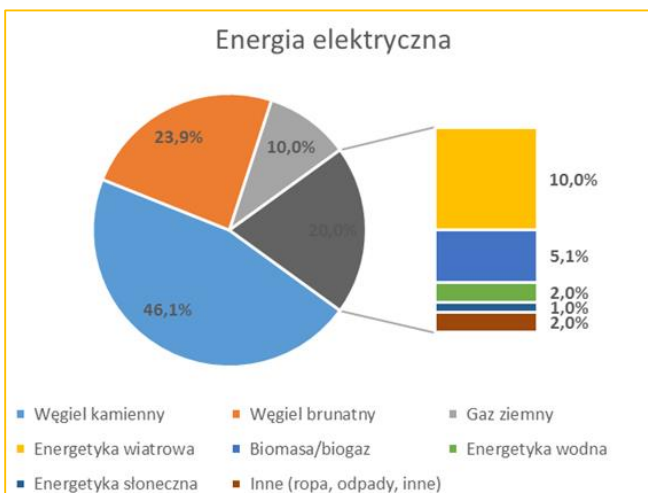
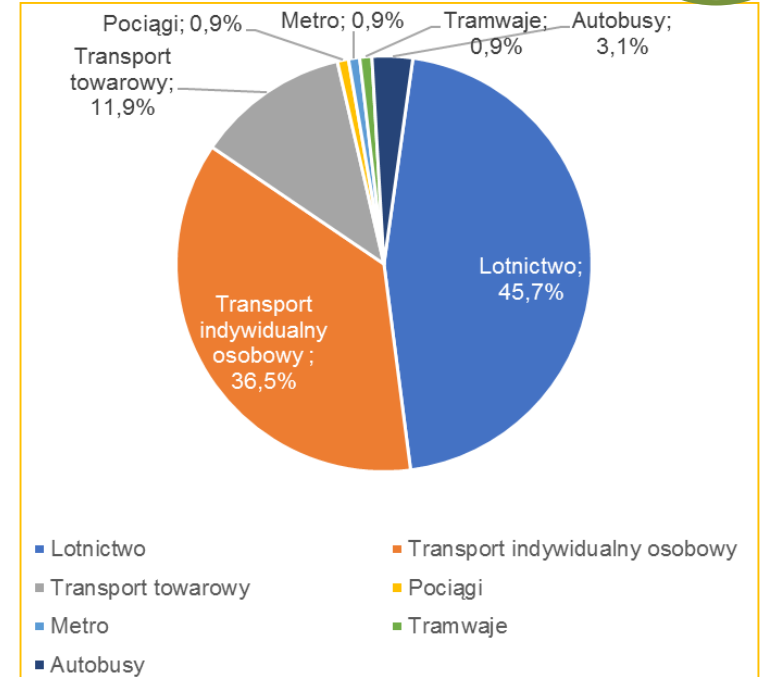
Przesłankami do modelu analizy miksu energetycznego, było ponowne oszacowanie możliwości wykorzystania źródeł PV (wzrost do 25%), a także przesłanki do przyjęcia **znacznie większych możliwości kształtowania profilu** (założono poziom 30%, wcześniej 15%) oraz do **całkowitego wyeliminowania paliw kopalnych**. Układy gwarantowanego zasilania (UGZ) stanowią jedynie rezerwę i nie są brane pod uwagę w analizie miksu.  
**W modelu 3 zarządzanie rynkiem pełni kluczową rolę w bilansowaniu.**



# Bilans energetyczny Miasta – stan na koniec 2020 r.

## Energia końcowa - stan na koniec 2020 r.

Lp.	Rodzaj energii	Jednostka	Zużycie
1	Energia elektryczna	TWh <sub>e</sub>	7,10
2	Ciepło sieciowe	TWh <sub>c</sub>	8,90
3	Ciepło poza sieciowe	TWh <sub>c</sub>	3,70
4	Gaz ziemny z sieci	TWh <sub>chem</sub>	4,81
5	Transport lądowy	TWh <sub>chem</sub>	6,94
6	Transport lotniczy	TWh <sub>chem</sub>	5,81



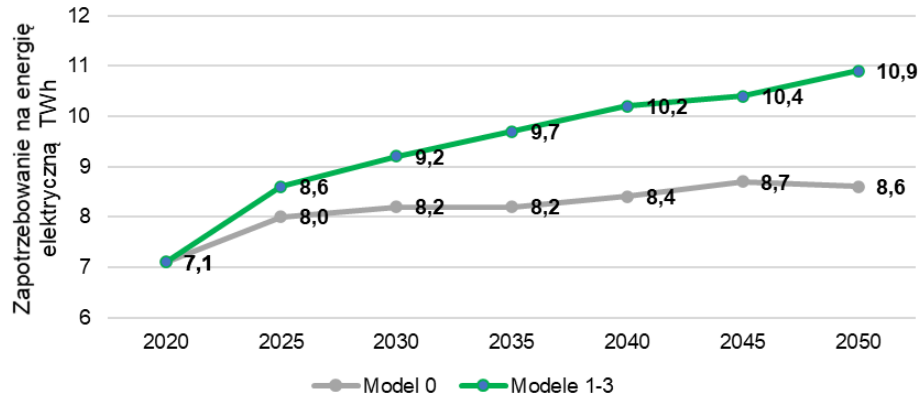


# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

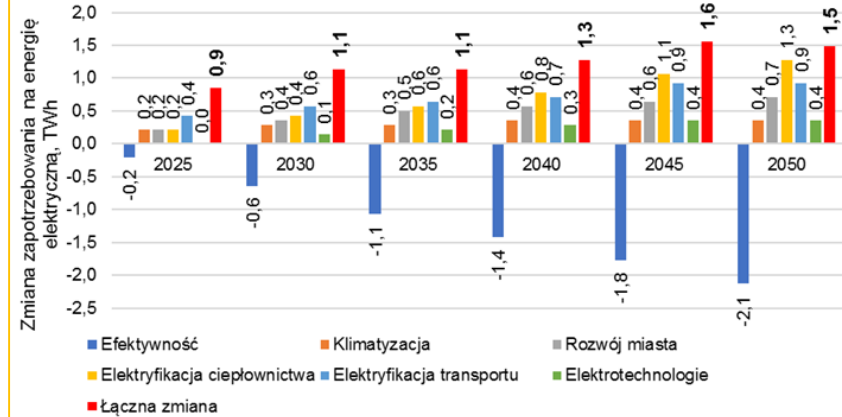
## Prognoza potrzeb energetycznych

### Energia elektryczna

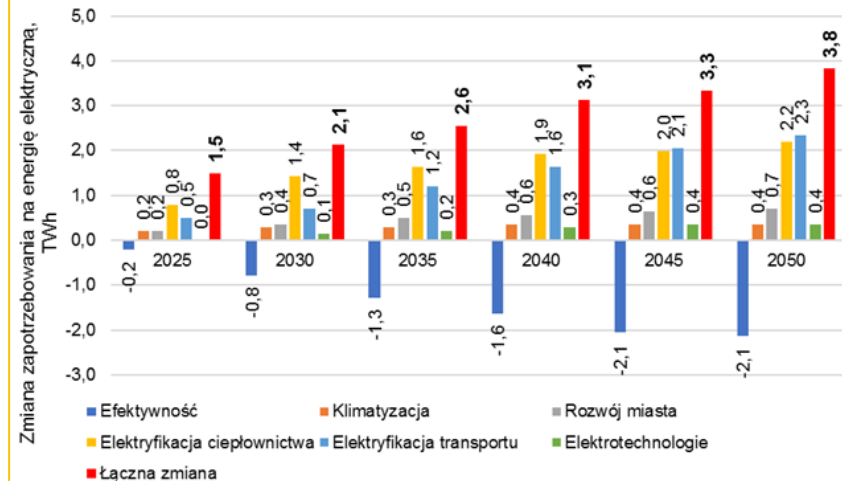
Prognoza zapotrzebowania na energię elektryczną



Zmiana zapotrzebowania na energię elektryczną względem roku 2020  
Model 0



Zmiana zapotrzebowania na energię elektryczną względem roku 2020  
Modele 1-3

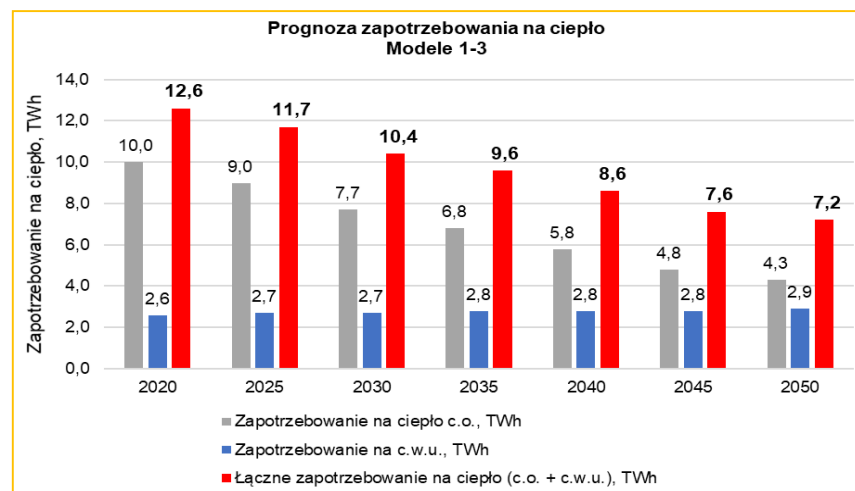
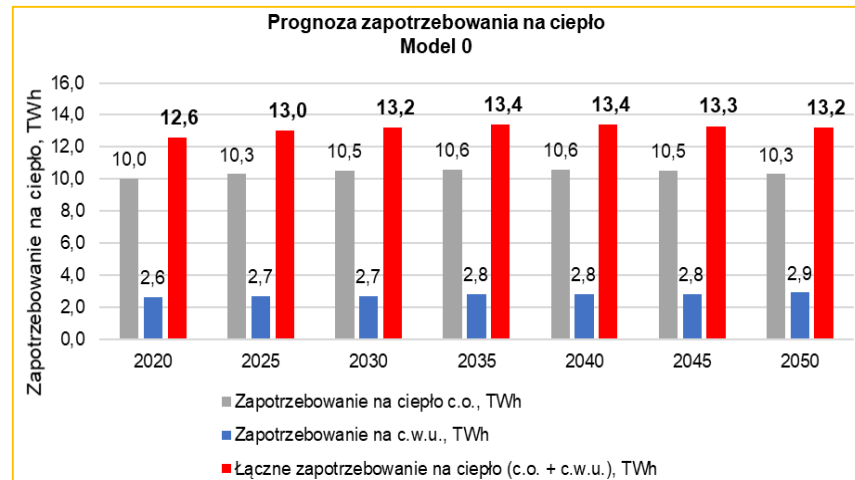
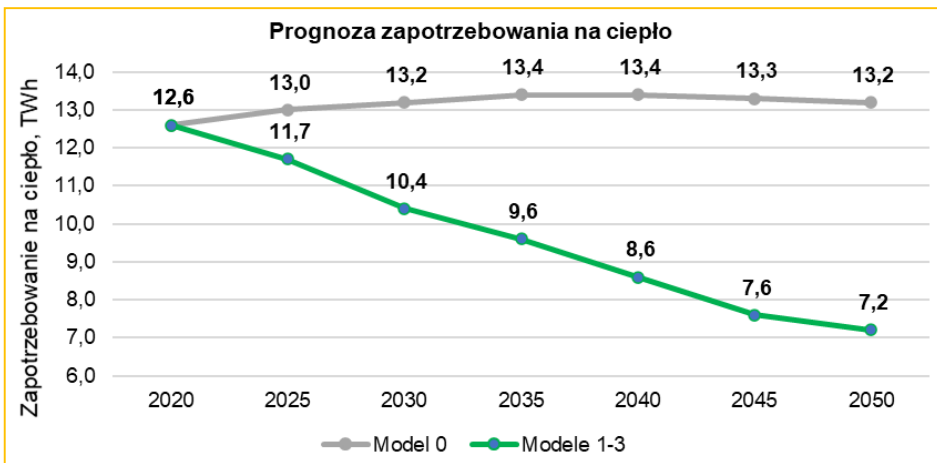


- ❖ **klimatyzacja** – wzrost zapotrzebowania związany z wykorzystaniem klimatyzacji (klimatyzatory o mocy chłodzenia 3,5 kW, roczny czas pracy = 400 h, klimatyzacja w 50% wszystkich mieszkańców w 2050 r.),
- ❖ **rozwój miasta** – zastosowano współczynnik, którego wartością skalującą jest zmiana liczby mieszkańców,
- ❖ **elektryfikacja ciepłownictwa** – Model 0: utrzymane dotychczasowe (niezbyt szybkie) tempo prac termomodernizacyjnych - ograniczenie zapotrzebowania na energię dla budynków mieszkalnych o ok. 3% do roku 2050. Modele 1-3: uwzględniono współczynniki modernizacji uwzględniające Długoterminową Strategię Renowacji (scenariusz szybkiej i głębokiej modernizacji). Przyjęto również rozwój pomp ciepła (ścieżki wzrostu udziału pomp w pokrywaniu zapotrzebowania na ciepło w horyzoncie 2050r.: model 0: 29,9%, modele 1–3: 90%), SCOP=3.
- ❖ **elektryfikacja transportu** – w analizie nie uwzględnia się lotnictwa.
- ❖ **elektrotechnologie** – ograniczony rozwój w przemyśle oraz w gospodarstwach domowych.

# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

## Prognoza potrzeb energetycznych

### Ciepło



- ❖ **rozwój miasta** – zastosowano współczynnik, którego wartością skalującą jest zmiana liczby mieszkańców.
- ❖ **elektryfikacja ciepłownictwa** – Model 0: utrzymane dotychczasowe (niezbyt szybkie) tempo prac termomodernizacyjnych - ograniczenie zapotrzebowania na energię dla budynków mieszkalnych o ok. 3% do roku 2050. Modele 1-3: uwzględniono współczynniki modernizacji uwzględniające Długoterminową Strategię Renowacji (scenariusz szybkiej i głębokiej modernizacji). Przyjęto również rozwój pomp ciepła (ścieżki wzrostu udziału pomp w pokrywaniu zapotrzebowania na ciepło w horyzoncie 2050r.: model 0: 29,9%, modele 1–3: 90%), SCOP=3.
- ❖ **pasywizacja budownictwa** – Model 0: utrzymane dotychczasowe (niezbyt szybkie) tempo prac termomodernizacyjnych - ograniczenie zapotrzebowania na energię dla budynków mieszkalnych o ok. 3% do roku 2050. Modele 1-3: uwzględniono współczynniki modernizacji uwzględniające Długoterminową Strategię Renowacji (scenariusz szybkiej i głębokiej modernizacji).

# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

## Pokrycie zapotrzebowania

### Ciepło

#### Model 0

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Udział ciepła z PC (ciepłownictwo zelektryfikowane) %, w tym:</b>	0,8	5,1	8,6	13,2	18,1	23,7	29,9
udział energii z rynku WEK, %	0,8	5,1	8,6	13,2	18,1	23,7	29,9
<b>Udział ciepła ze źródeł konwencjonalnych (ciepłownictwo niezelektryfikowane) %, w tym:</b>	99,2	94,9	91,4	86,8	81,9	76,3	70,1
udział ciepła ze źródeł lokalnych i indywidualnych z paliw kopalnych, %	27,0	28,5	27,0	25,3	23,8	22,4	21,2
udział ciepła sieciowego nie-OZE, %	68,8	63,1	61,1	58,3	54,8	50,7	48,9
udział ciepła sieciowego OZE, %	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,2	0,0

#### Model 3

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Udział ciepła z PC (ciepłownictwo zelektryfikowane) %, w tym:</b>	0,8	20,0	40,0	50,0	65,0	80,0	90,0
udział źródeł PV, %	-	2,1	9,4	13,6	17,3	20,9	22,5
udział mEW, %	-	0,0	0,1	0,3	0,7	1,2	1,8
udział EWL, %	-	0,6	2,0	4,3	8,3	13,8	18,0
udział EB, %	-	0,1	0,6	1,3	2,5	3,8	4,5
udział GOZ, %	-	0,2	1,4	2,6	3,4	4,2	4,5
udział EWM, %	-	0,0	2,3	10,7	21,7	31,5	36,0
udział energii z rynku WEK-PK, %	0,8	17,0	24,2	17,3	11,0	4,5	2,7
<b>Udział ciepła ze źródeł konwencjonalnych (ciepłownictwo niezelektryfikowane) %, w tym:</b>	99,2	80,0	60,0	50,0	35,0	20,0	10,0
udział ciepła ze źródeł lokalnych i indywidualnych z paliw kopalnych, %	27,0	24,6	19,0	16,7	12,2	7,4	3,9
udział ciepła sieciowego nie-OZE, %	68,8	51,7	36,8	28,8	17,8	7,0	6,1
udział ciepła sieciowego OZE, %	3,4	3,7	4,1	4,5	5,0	5,7	0,0



# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

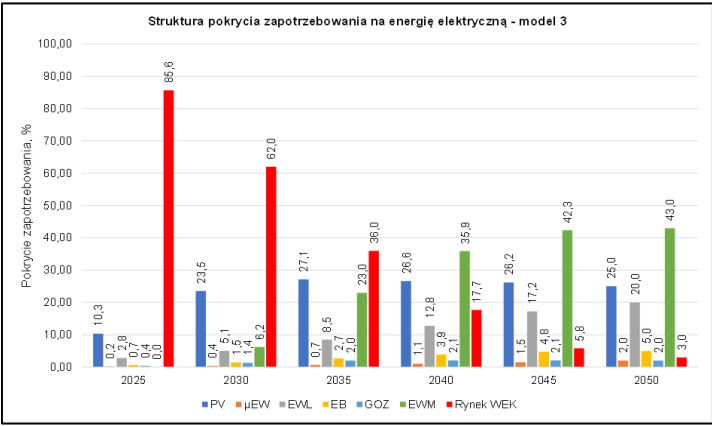
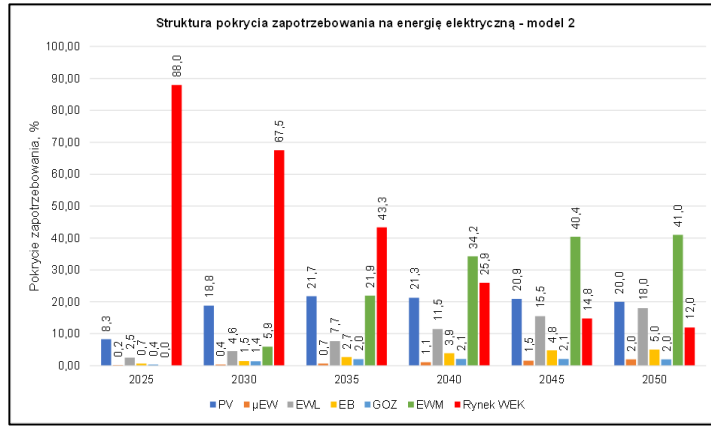
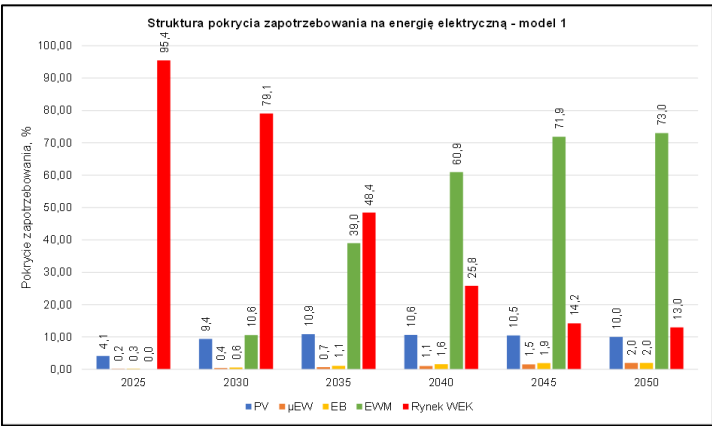
## Pokrycie zapotrzebowania

### Energia elektryczna

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Model 0</b>							
Zużycie energii elektrycznej, TWh	7,1	8,0	8,2	8,2	8,4	8,7	8,6
Wzrost zużycia energii elektrycznej względem 2020 r., %	-	12	16	16	18	22	21
<b>Modele 1-3</b>							
Zużycie energii elektrycznej, TWh	7,1	8,6	9,2	9,7	10,2	10,4	10,9
Wzrost zużycia energii elektrycznej względem 2020 r., %	-	21	30	36	44	47	54

- ❖ Modelowanie struktury źródeł wytwórczych – jedynie w przypadku modeli 1–3.
- ❖ Dla modelu 0 – 100% KSE.

- PV** – fotowoltaika
- μEW** – mikroelektrownie wiatrowe
- EB** – biogazownie
- EWM** – energetyka wiatrowa morska
- EWL** – energetyka wiatrowa lądowa
- GOZ** – rozwiązania Gospodarki Obiegu Zamkniętego
- Rynek WEK** – rynek energii elektrycznej (KSE); elektroenergetyka wraz z górnictwem węgla brunatnego i potencjalnie z energetyką jądrową, ciepłownictwo, sektor paliw.



# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

## Potencjał w mieście i otulinie do pokrycia potrzeb

- ❖ **Fotowoltaika na budynkach miejskich (PV)** – potencjał wystarczający do pokrycia potrzeb energetycznych modeli; lokalny zasób odciążający sieci elektroenergetyczne.
- ❖ **Mikroźródła wiatrowe (mEW)** – potencjał wystarczający do pokrycia potrzeb energetycznych modeli; lokalny zasób odciążający sieci elektroenergetyczne.
- ❖ **Energetyka wiatrowa w otulinie (EWL)** – potencjał powierzchniowy wystarczający do pokrycia potrzeb, podstawowe ograniczenia: konkurencja o zasoby, wzrost obciążenia sieci 110 kV, konieczna rozbudowa sieci; możliwa konieczność rozszerzenia na zasoby województwa.
- ❖ **Energetyka morska (EWM)** – umowy długoterminowe w modelu cPPA; konieczność zakontraktowania max. 6% dostępnego wolumenu z polskiej EWM w roku 2050; podstawowe ograniczenia: ograniczone możliwości przesyłowe.
- ❖ **Biogazownie (EB)** – brak wystarczających surowców do wytworzenia wymaganych wolumenów energii; konieczne rozszerzenie na całe województwo; konkurencja o zasoby, konieczny szybki wzrost liczby biogazowni, ograniczenia sieciowe (choć mniejsze niż przy EWL).
- ❖ **Elektryfikacja ciepłownictwa** – 6,5 TWh ciepła (2050) → 2,2 TWh w e.e., ogrzewanie za pomocą grzejników, pompy powietrzne, szczytowe zapotrzebowanie na e.e. wynosi ok. 700 MW<sub>e</sub> lub 1200 MW<sub>e</sub> (przy -20°C). Stosowanie szczytowych źródeł zasilanych e.e. (kotły indukcyjne) poprawi efekt ekonomiczny inwestycji.

# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

## Bezpieczeństwo energetyczne

### Energia elektryczna

Wskaźnik pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną przez zasoby lokalne (PV +  $\mu$ EW + GOZ) oraz EB, TWh/TWh

Model 1	0,05	0,10	0,13	0,13	0,14	0,14
Model 2	0,09	0,22	0,27	0,28	0,29	0,29
Model 3	0,12	0,27	0,33	0,34	0,35	0,34

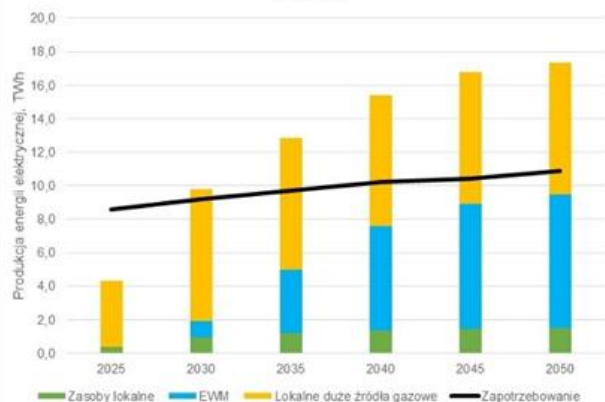
Wskaźnik pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną przez zasoby lokalne (PV +  $\mu$ EW + GOZ) oraz EB, EWL i EWM, TWh/TWh

Model 1	0,05	0,21	0,52	0,74	0,86	0,87
Model 2	0,12	0,32	0,57	0,74	0,85	0,88
Model 3	0,14	0,38	0,64	0,82	0,94	0,97

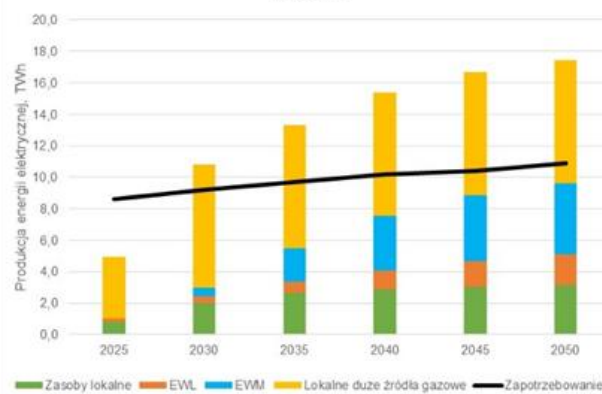
Maksymalny wskaźnik pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną przez zasoby lokalne (PV +  $\mu$ EW + GOZ) oraz EB, EWL, EWM oraz lokalne duże źródła gazowe, TWh/TWh

Model 1	0,50	1,06	1,32	1,51	1,61	1,59
Model 2	0,58	1,18	1,38	1,51	1,61	1,60
Model 3	0,60	1,23	1,45	1,59	1,70	1,69

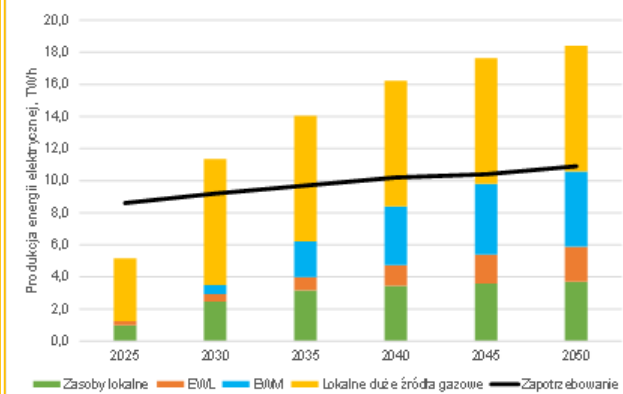
Model 1



Model 2



Model 3



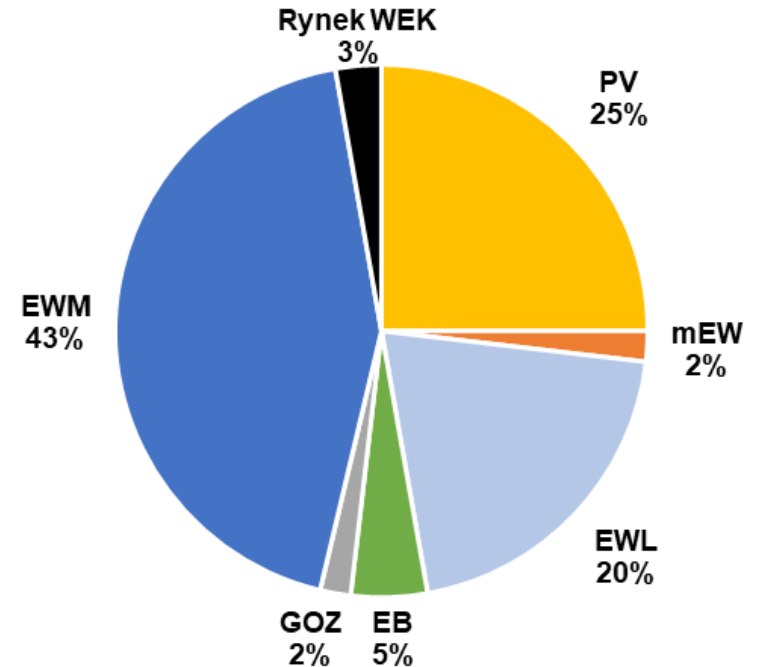
# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

## Model transformacji

### MODEL 3

ROK	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>ENERGIA ELEKTRYCZNA</b>							
Zapotrzebowanie, TWh	7,1	8,6	9,2	9,7	10,2	10,4	10,9
PV	-	0,9	2,2	2,6	2,7	2,7	2,7
μEW	-	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,2
EWL	-	0,2	0,5	0,8	1,3	1,8	2,2
EB	-	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5
GOZ	-	0,0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
EWM	-	0,0	0,6	2,2	3,7	4,4	4,7
<b>Suma</b>	-	<b>1,2</b>	<b>3,5</b>	<b>6,2</b>	<b>8,4</b>	<b>9,8</b>	<b>10,6</b>
<b>Rynek WEK</b>	-	<b>7,4</b>	<b>5,7</b>	<b>3,5</b>	<b>1,8</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>
<b>CIEPŁO</b>							
Zapotrzebowanie, TWh	12,6	11,7	10,4	9,6	8,6	7,6	7,2
PC	0,3	2,3	4,2	4,8	5,6	6,1	6,5
Źródła inne niż PC	12,3	9,4	6,2	4,8	3	1,5	0,7
<b>GAZ SIECIOWY</b>							
Zapotrzebowanie, TWh	4,8	4,6	3,9	3,5	2,7	2	1,7

### Sektor energetyczny Warszawy 2050 (energia elektryczna)



<b>Emisja CO<sub>2</sub></b>	<b>0,6 mln t</b>	<b>-95%</b>
<b>TEC</b>	<b>4,7 MWh*</b>	<b>-88%</b>
<b>KEE</b>	<b>28-57 mln €</b>	<b>-95%</b>

# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

## Wnioski

### 1. Model 3 – rekomendowany wariant docelowy sektora energetycznego m.st. Warszawy

- ❖ Największe wykorzystanie źródeł lokalnych (miasto i otulina) ograniczające w maksymalnym stopniu konieczność zwiększania przepustowości sieci elektroenergetycznych.
- ❖ Najmniejszy wpływ na wyczerpywanie nieodnawialnych zasobów energii pierwotnej.

### 2. Pasywizacja budownictwa kluczem do sukcesu

- ❖ Jedyne odstępstwo – budynki podlegające ochronie konserwatora zabytków. Na tym obszarze Wykonawca szacuje realne możliwości oszczędności energii na poziomie 10-20%.

### 3. Sieć ciepłownicza

- ❖ Utrzymana funkcjonalność w perspektywie kolejnych dekad z tendencją do stopniowego wyłączenia z eksploatacji odcinków sieci, które nie będą niezbędne do funkcjonowania całości układu.
- ❖ Brak przyłączy nowobudowanych obiektów.
- ❖ Stopniowa redukcja udziału źródeł WEK na rzecz instalacji wielostopniowych pomp ciepła.
- ❖ Pompy ciepła podstawą zabezpieczania potrzeb cieplnych mieszkańców Warszawy. Nie zapewnią one jednak całkowicie bezpieczeństwa energetycznego w tym zakresie. Problem nierównoczesności produkcji energii ze źródeł odnawialnych z zapotrzebowaniem na energię elektryczną do napędu pomp ciepła zostanie w perspektywie kilkunastu lat zlikwidowany poprzez zwiększenie dostępności magazynów energii, nie tylko elektrycznej.

# Sektor energetyczny m.st. Warszawy

## Wnioski

### 4. Bezpieczeństwo energetyczne

- ❖ Silne uzależnienie miasta od zewnętrznych dostaw energii elektrycznej, narastające szczególnie w okresie letnim.
- ❖ Nasilające się ryzyko wystąpienia niedoborów mocy w KSE po 2025 r. Konieczność pilnego zintensyfikowania działań: wdrożenie mechanizmów zachęcających do wprowadzania rozwiązań z zakresu rozproszonego wytwarzania energii w źródłach małej mocy. Bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej z KSE będzie ulegać nieustannemu obniżaniu.

### 5. Potencjał OZE

- ❖ PV na warszawskich budynkach (powierzchnie dachowe i elewacje budynków wysokich) – potencjał wystarczający do pokrycia potrzeb.
- ❖ Mikrowiatraki – nieduży potencjał źródeł zlokalizowanych na dachach budynków wielorodzinnych w Warszawie; zasadny do wykorzystania.
- ❖ Lądowe farmy wiatrowe zlokalizowane w otulinie warszawskiej – wyzwaniem może być konieczność konkurowania z podmiotami otuliny oraz zdolności przesyłowe sieci elektroenergetycznych (przyszłe moce przesyłowe rządu 2100 MW, przy obecnych wynoszących 1300 MW).
- ❖ Biogazownie – na terenie otuliny warszawskiej brak wystarczającej ilości surowca do procesu produkcji biogazu. Obszar pozyskiwania wsadu będzie musiał być rozszerzony na teren województwa.
- ❖ Morskie farmy wiatrowe - problemem nie jest wolumen niezbędny do zakontraktowania, lecz możliwości jego przestania do miasta.
- ❖ Technologie oparte o paliwa odpadowe (np. C-GEN) – mocno ograniczone ze względu na dostępność surowca, który będzie w pierwszej kolejności zasilał ZUSOK na warszawskim Targówku.



# Podsumowanie

## Działania samorządu kluczowe dla realizacji celu transformacji energetycznej

- ❖ Współpraca z dużymi przedsiębiorstwami energetycznymi oraz organizacjami i firmami działającymi w sektorze energii
- ❖ Wypracowanie mechanizmów pozwalających na zwiększenie tempa pasywizacji budownictwa oraz możliwości termomodernizacji budynków będących pod opieką konserwatora zabytków
- ❖ Wdrożenie programów promujących pompy ciepła
- ❖ Działania w sektorze transportu, zmierzające do zmniejszenia wykorzystania komunikacji indywidualnej na rzecz zwiększenia roli komunikacji zbiorowej i innych form ekologicznego podróżowania
- ❖ Edukacja na każdym poziomie, a w szczególności ukierunkowanie szkolnictwa zawodowego i wyższego na potrzeby transformacji energetycznej
- ❖ Praca na rzecz zwiększenia akceptacji społecznej proponowanych działań. Kampanie informacyjno-edukacyjne mówiące o potrzebie przeprowadzenia zmian w zakresie funkcjonowania sektora energetycznego w mieście