


# Lądowa energetyka wiatrowa, a ceny hurtowe energii elektrycznej na rynku spot w Polsce





# Wykaz skrótów i terminów

# Wykaz skrótów i terminów

EE – energia elektryczna

JWCD – jednostki wytwórcze centralnie dysponowane

KZEE – krajowe zapotrzebowanie na energię elektryczną

LEW – lądowa energetyka wiatrowa / lądowa elektrownia wiatrowa

LCOE – (ang. levelised cost of electricity) – średni zdyskontowany koszt wytwarzania energii elektrycznej dla danej technologii obliczony dla całości okresu ekonomicznego użytkowania tej technologii, z uwzględnieniem kosztów inwestycyjnych (capex) oraz operacyjnych (opex). Koszt LCOE umożliwia porównanie pomiędzy różnymi technologiami (np. wiatr onshore, wiatr offshore, fotowoltaika, gaz, atom) LEW – lądowa energetyka wiatrowa

nJWCD – jednostki wytwórcze niebędące w centralnej dyspozycji

PSE – Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.

PV – fotowoltaika





# Executive summary

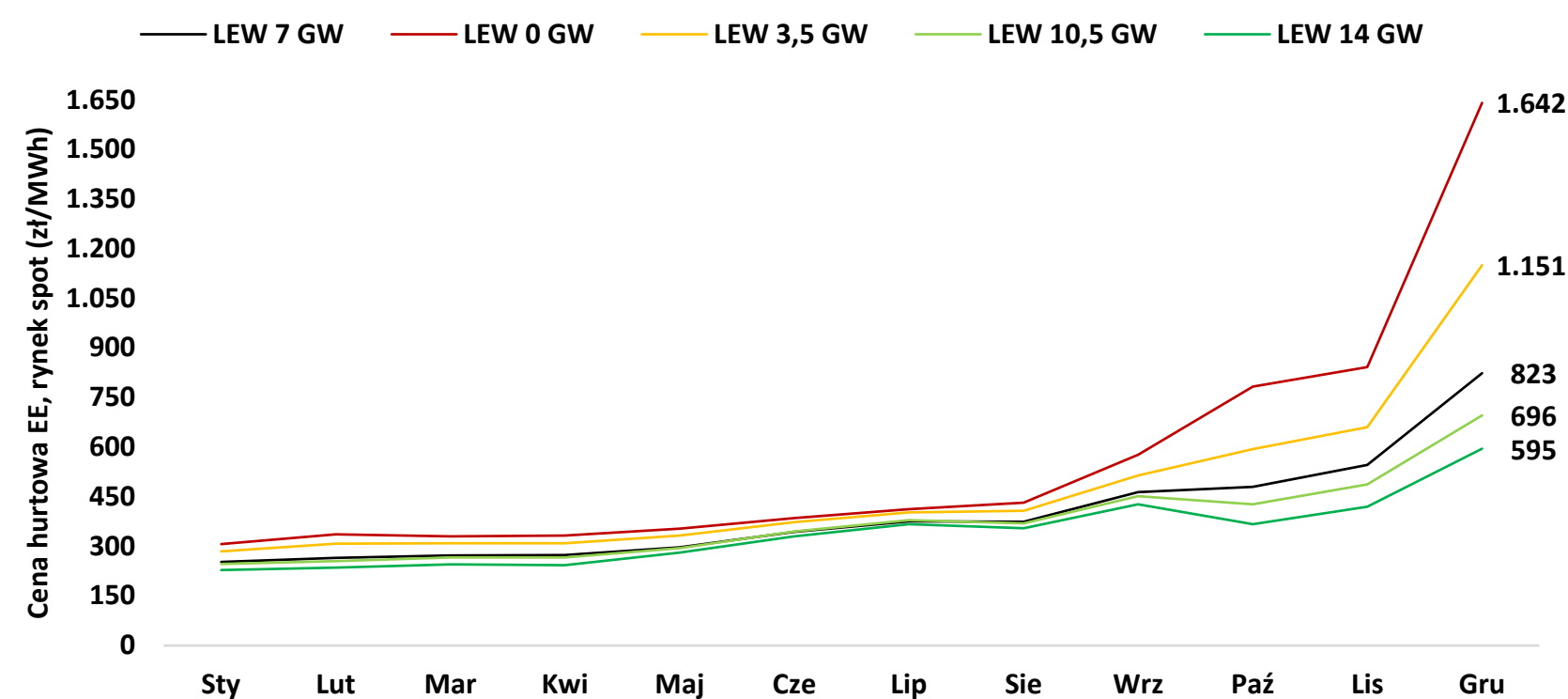
# Executive summary

- Po okresie wzrostu w latach 2007-2016 (średnio 47% rocznie), od roku 2017 rozwój LEW w Polsce zatrzymał się. Główną przyczyną jest tzw. zasada 10h, która w praktyce zakazuje budowy LEW na ok. 99 % powierzchni Polski.
- Na koniec grudnia 2021 roku moc zainstalowana LEW w Polsce wyniosła 7 GW (w okresie stagnacji, tj. w latach 2017-2020 wynosiła ok. 6 GW). Od maja 2021 roku trwa proces legislacyjny mający na celu liberalizację zasady 10h, co powinno stworzyć zachętę do wzrostu mocy LEW w Polsce.
- Produkcja EE z LEW jest tańsza niż stosowane w Polsce technologie ciepłne (węgiel brunatny, węgiel kamienny, gaz ziemny), których koszty rosną w obliczu wzrostu kosztów paliw oraz emisji CO2. Powyższe sprawia, że LEW posiada potencjał obniżania cen EE na rynku spot.
- Dane empiryczne za styczeń 2020 – marzec 2022 pokazują, iż wyższy udział produkcji z LEW w pokryciu KZEE co do zasady przekłada się na spadki cen EE na rynku spot.

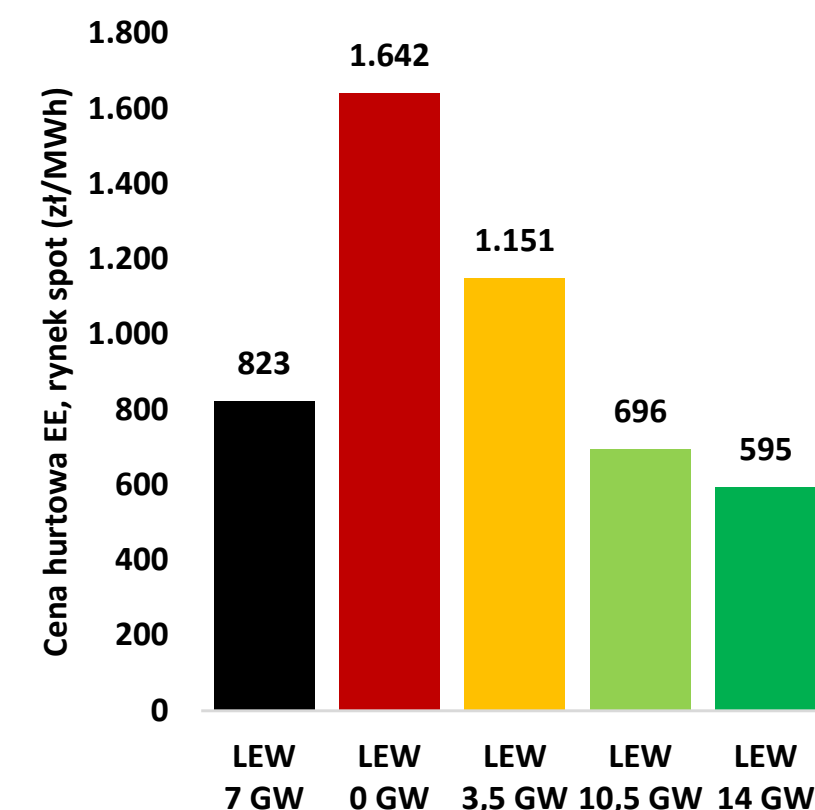
Grudzień 2021 był miesiącem o najwyższych średnich cenach w skali 2021 roku. Jednocześnie, w grudniu 2021 występowała silna korelacja pomiędzy udziałem produkcji z LEW, a poziomem cen spot. W ujęciu symulacyjnym powyższe przekłada się na:

- silną presję na wzrost cen w przypadku wariantów o niższym niż rzeczywisty udziale mocy LEW (LEW 0 GW oraz LEW 3,5 GW)
- silną presję na spadek cen w przypadku wariantów o wyższym niż rzeczywisty udziale mocy LEW (LEW 10,5 GW oraz LEW 14 GW).

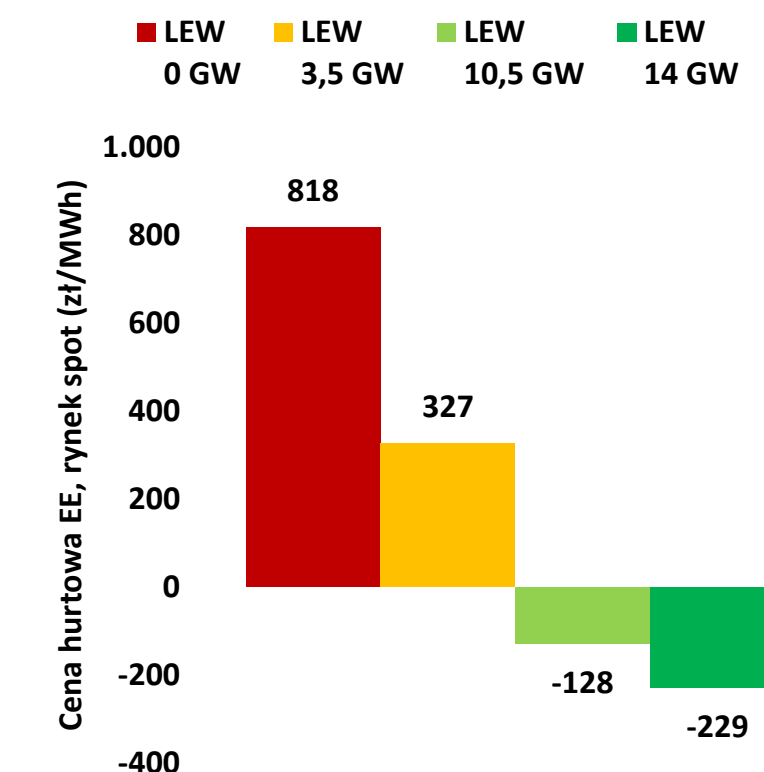
Ceny spot EE, średniomiesięczne (symulacja)



Ceny spot EE, grudzień 2021 (symulacja)



Grudzień 2021 (różnica vs LEW 7 GW)



# Executive summary

Za 2021 rok średnia roczna cena EE na rynku spot ukształtowała się na poziomie 398 zł/MWh, a moc zainstalowana LEW w Polsce wyniosła 7 GW (grudzień 2021).

W zależności od przyjętego poziomu mocy, symulacja wpływu LEW na poziom cen EE na rynku spot w Polsce (dla warunków roku 2021) pokazuje, że:

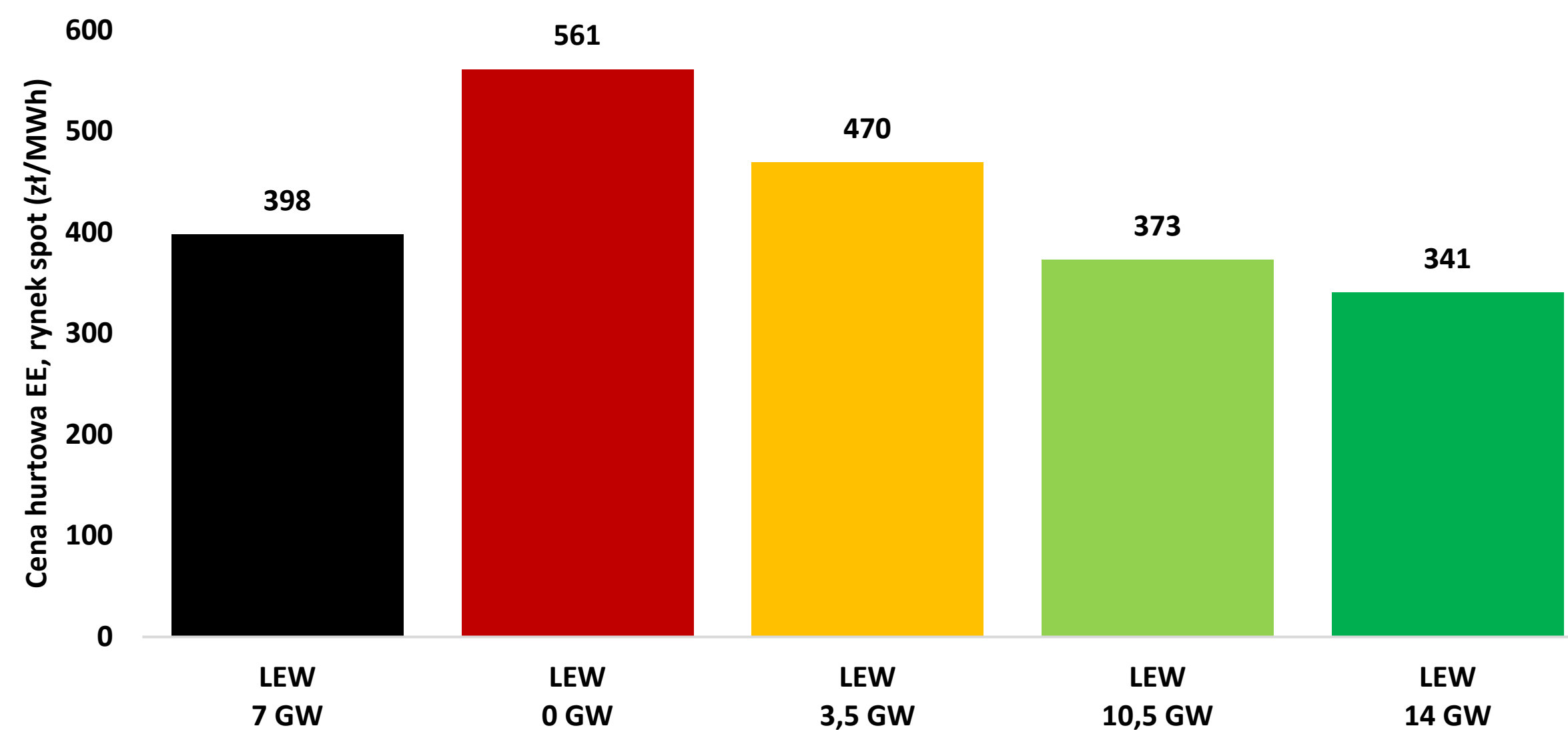
Gdyby moc LEW w 2021 roku wyniosła 0 GW, symulowana średnia roczna cena EE na rynku spot byłaby wyższa o ok. 163 zł/MWh

Gdyby moc LEW w 2021 roku wyniosła 3,5 GW, symulowana średnia roczna cena EE na rynku spot byłaby wyższa o ok. 71 zł/MWh

Gdyby moc LEW w 2021 roku wyniosła 10,5 GW, symulowana średnia roczna cena EE na rynku spot byłaby niższa o ok. 25 zł/MWh

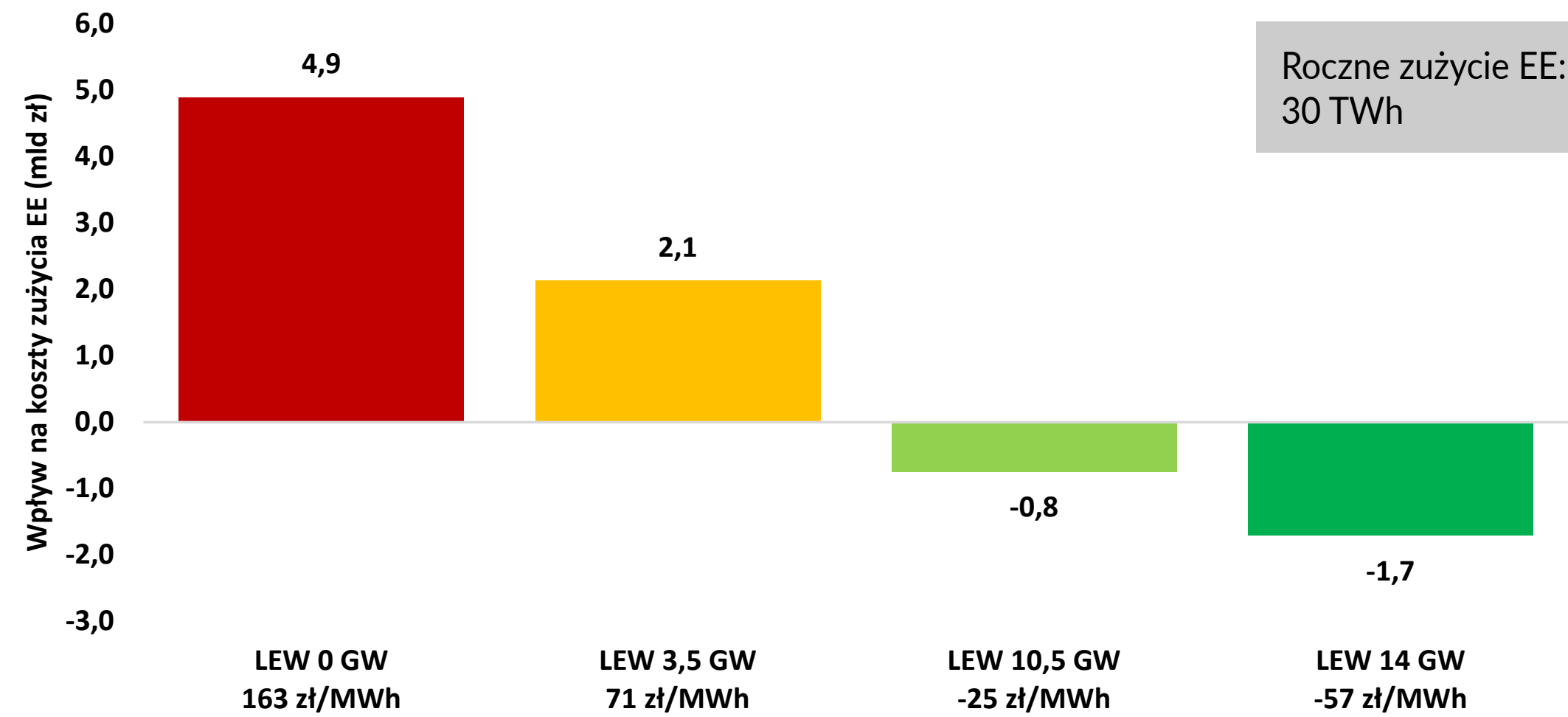
Gdyby moc LEW w 2021 roku wyniosła 14 GW, symulowana średnia roczna cena EE na rynku spot byłaby niższa o ok. 57 zł/MWh.

Symulowane średnioroczne ceny EE na rynku spot (symulacja dla warunków roku 2021) w zależności od założonego poziomu mocy LEW w Polsce

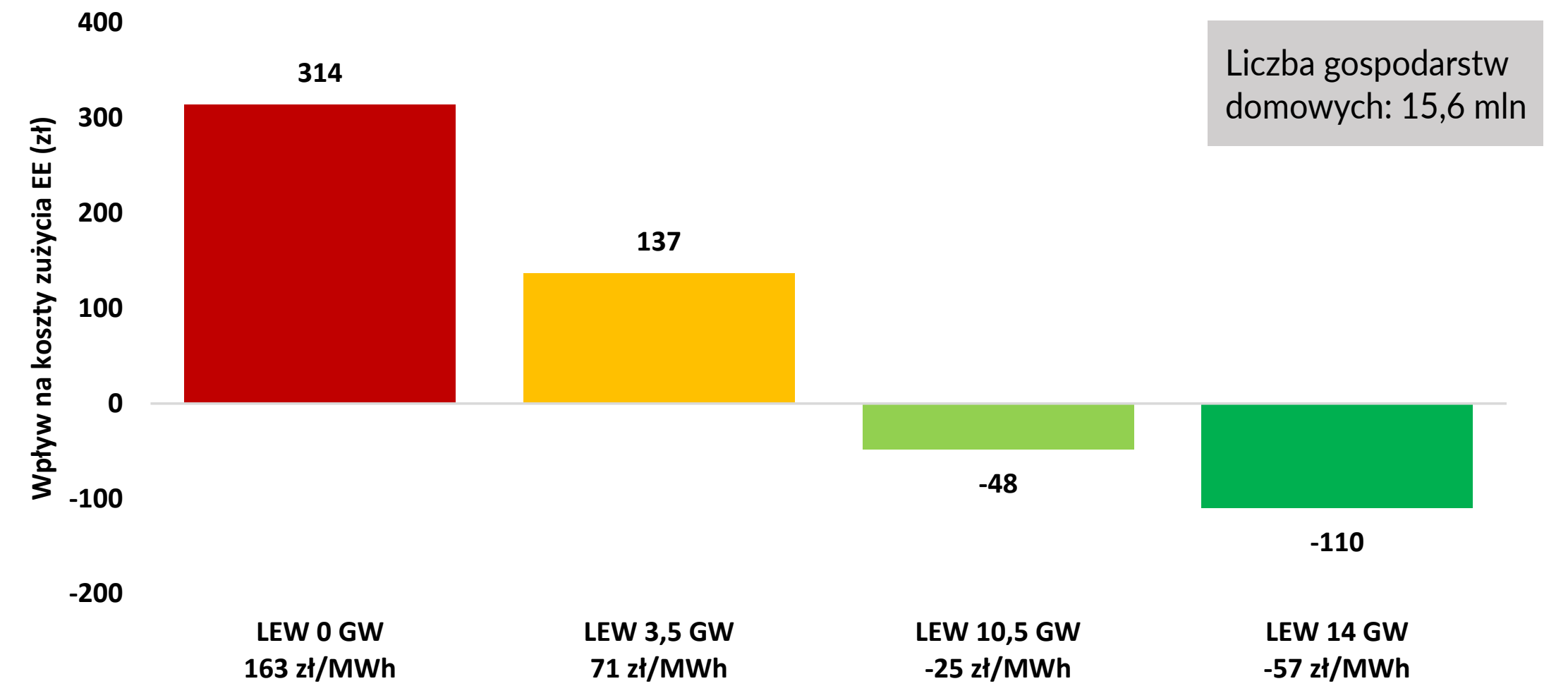


# Executive summary

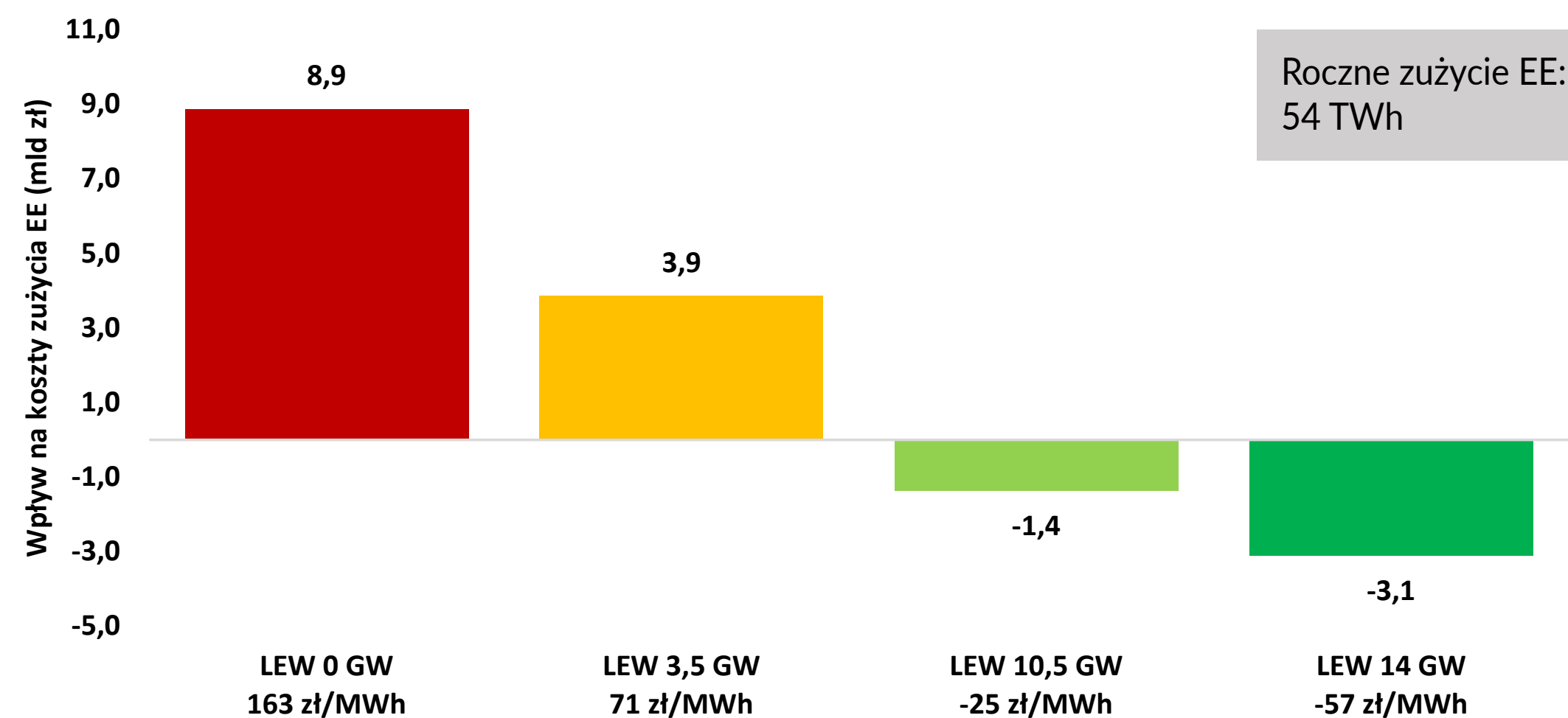
### Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarstwach domowych (mld zł)



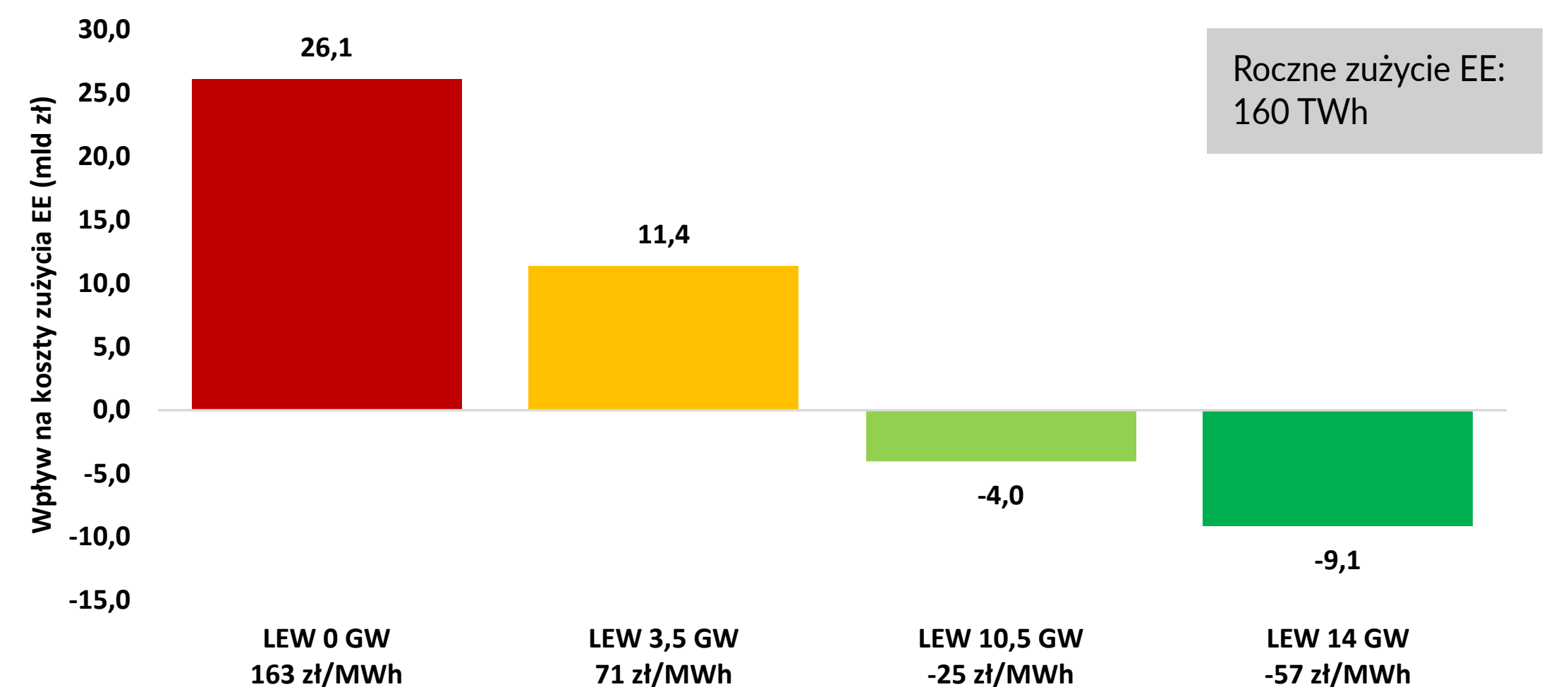
### Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w statystycznym gospodarstwie domowym (zł)



### Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w przemyśle (mld zł)



### Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarce (mld zł)



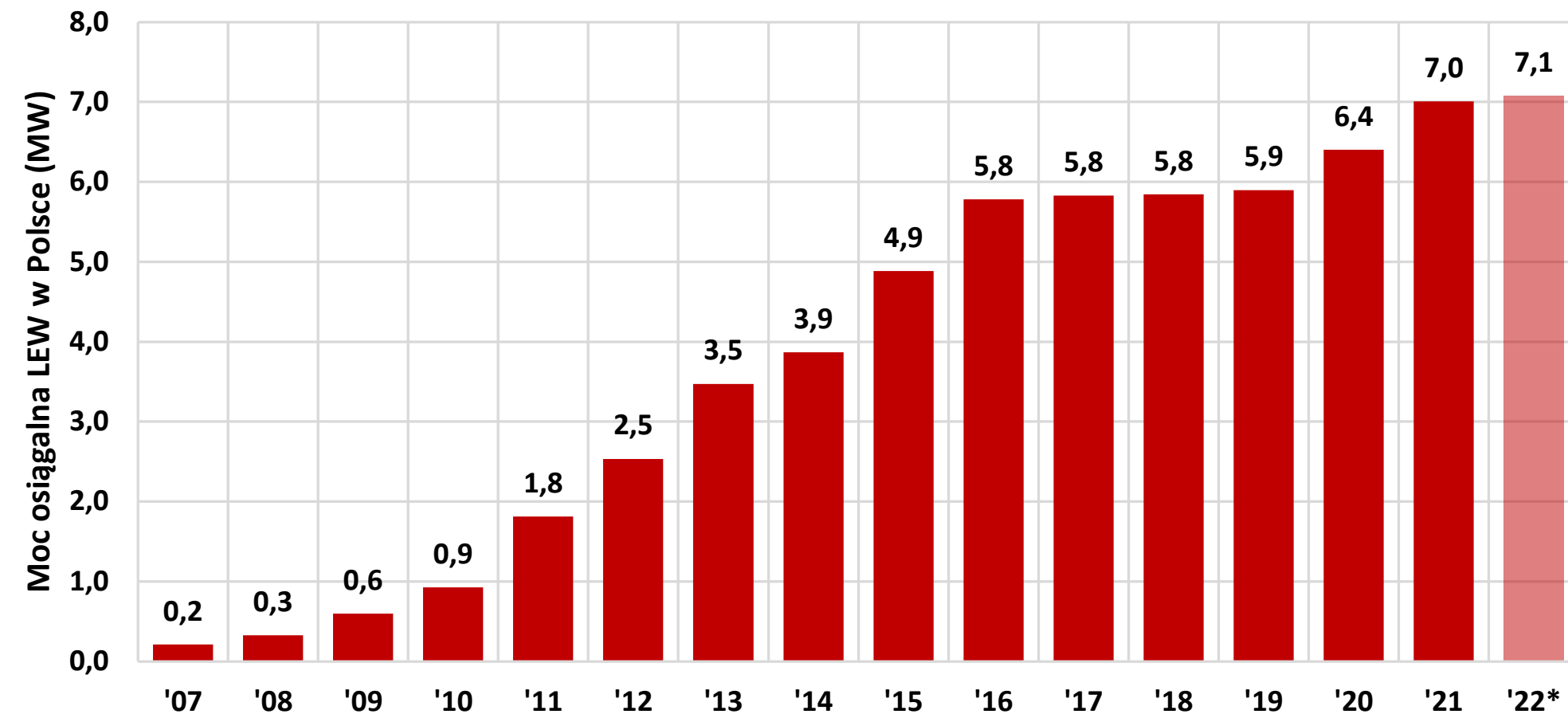


# Wprowadzenie

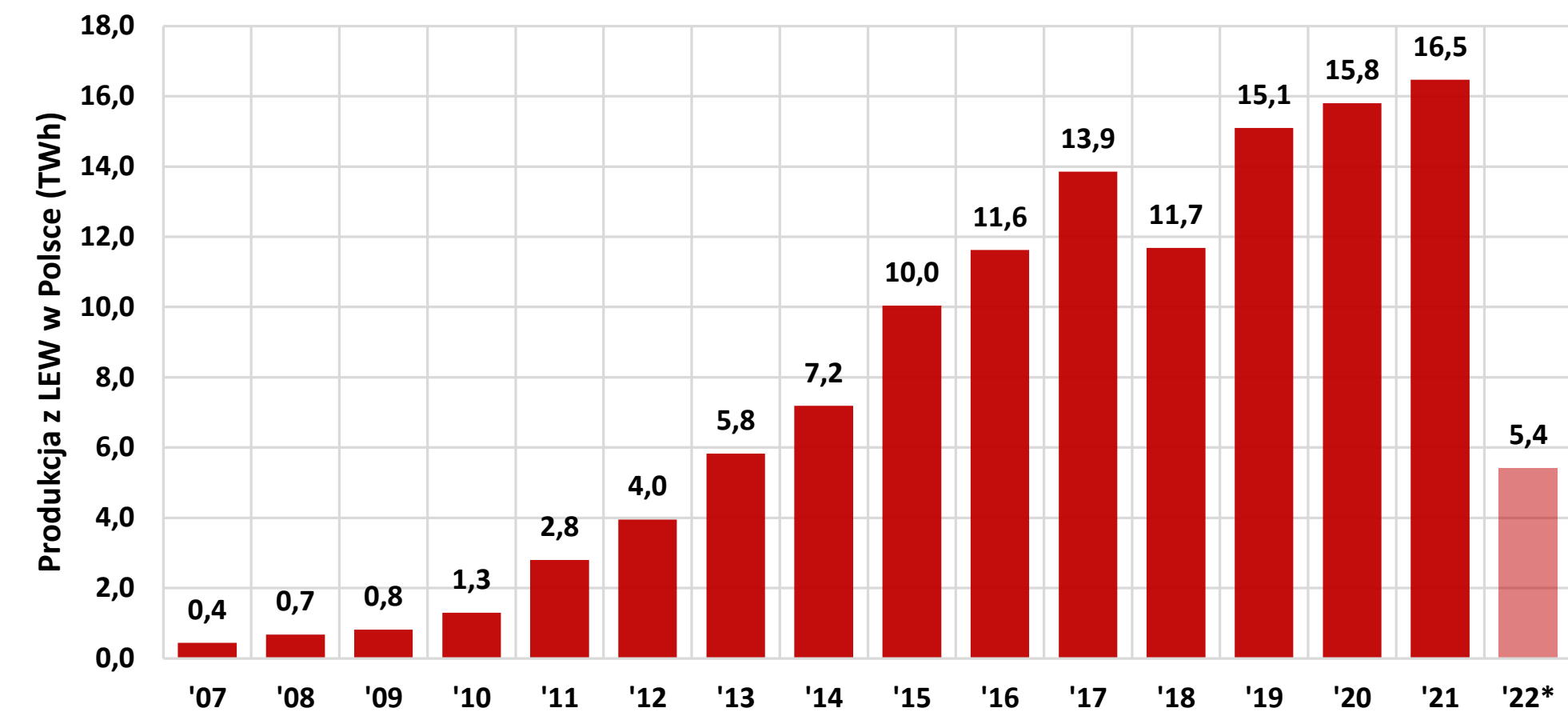


# Rozwój LEW w Polsce

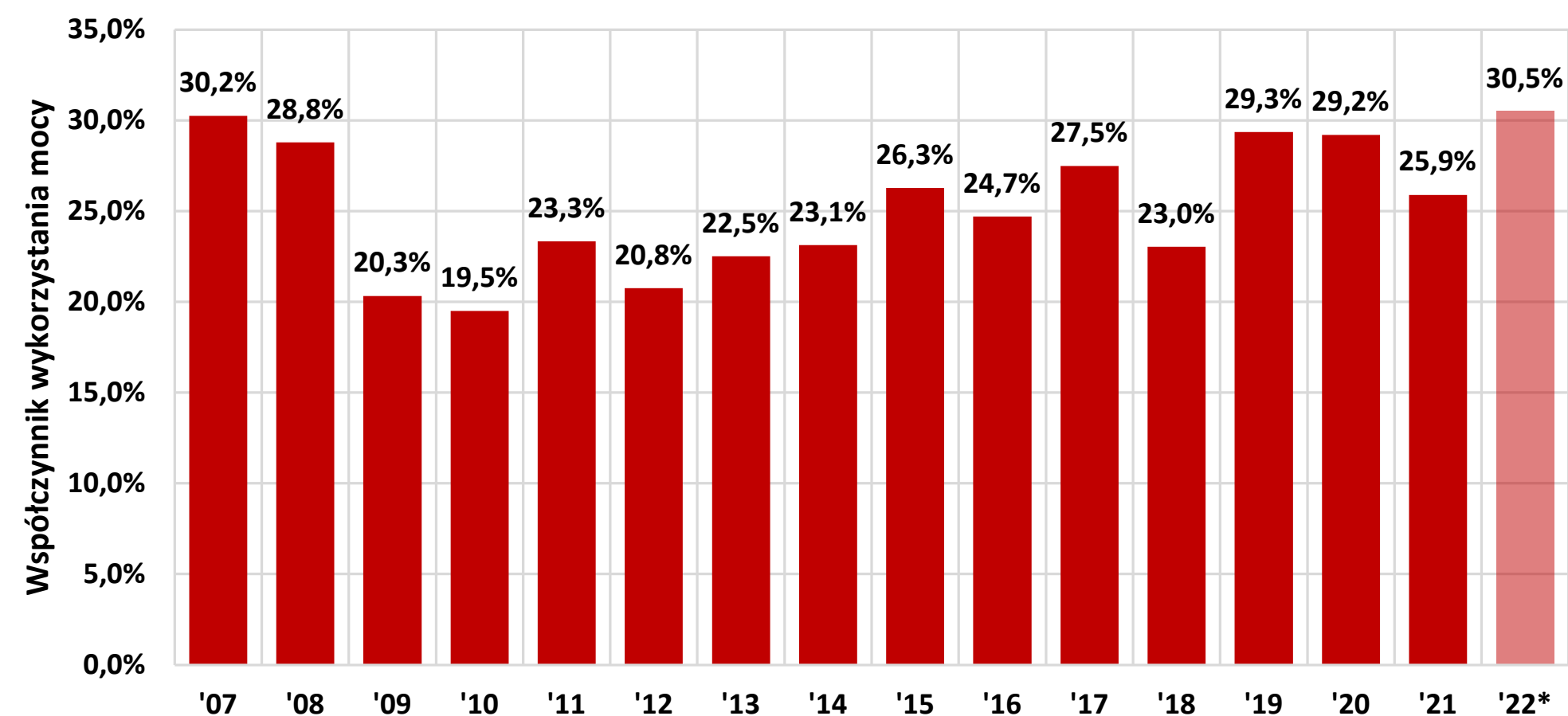
Moc osiągalna LEW w Polsce (stan na grudzień danego roku; dla roku 2022 stan na luty)



Produkcja z LEW w Polsce (stan na grudzień danego roku; dla roku 2022 stan na marzec)



Średnioroczne współczynniki wykorzystania mocy (capacity factors)



Po okresie wzrostu w latach 2007-2016 (średnio 47% rocznie), od roku 2017 rozwój LEW w Polsce zatrzymał się.

Główną przyczyną jest tzw. zasada 10h, która w praktyce zakazuje budowy LEW na ok. 99% powierzchni Polski\*.

Od maja 2021 roku trwa proces legislacyjny mający na celu liberalizację zasady 10h, co powinno stworzyć zachętę do wzrostu mocy LEW w Polsce.

\*[www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/me-planuje-zniesc-zasade-10H-dla-inwestycji-wiatrowych-6241.html](http://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/me-planuje-zniesc-zasade-10H-dla-inwestycji-wiatrowych-6241.html)

# LEW a ceny EE na rynku spot: czynniki fundamentalne

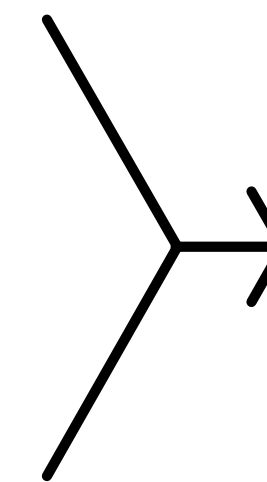
	WB	WB	WK	WK	Gaz	LEW
Sprawność netto [%]	42,0%	38,0%	45,5%	39,0%	58,0%	[-]
EUA [EUR/Mg]	53	53	53	53	53	[-]
EURPLN	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	[-]
Emisyjność paliwa [kg/GJ]	107,15	107,15	93,63	93,63	55,41	[-]
Emisyjność produkcji EE netto [Mg CO2/MWh]	0,918	1,015	0,741	0,864	0,344	[-]
Cena paliwa*	8,5	8,5	11,2	11,2	125	[-]
Koszt paliwa [zł/MWh]	72,9	80,5	88,6	103,4	215,5	[-]
Koszt emisji [zł/MWh]	219,0	242,1	176,7	206,1	82,0	[-]
Pozapaliwowe koszty zmienne** [zł/MWh]	15,3	15,3	14,4	14,4	8,1	[-]
<b>Koszt wytwarzania *** razem [zł/MWh]</b>	<b>307</b>	<b>338</b>	<b>280</b>	<b>324</b>	<b>306</b>	<b>241</b>

\*Dla WB oraz WK cena w PLN/GJ, dla gazu ziemnego w PLN/MWh.  
 \*\*Obliczenia własne na podstawie danych z Polityki Energetycznej Polski 2040.  
 \*\*\*Dla WB, WK oraz gazu ziemnego koszt wytwarzania to koszt zmienny (paliwo, Co2, pozapaliwowe koszty zmienne); dla LEW przyjęto koszt LCOE.

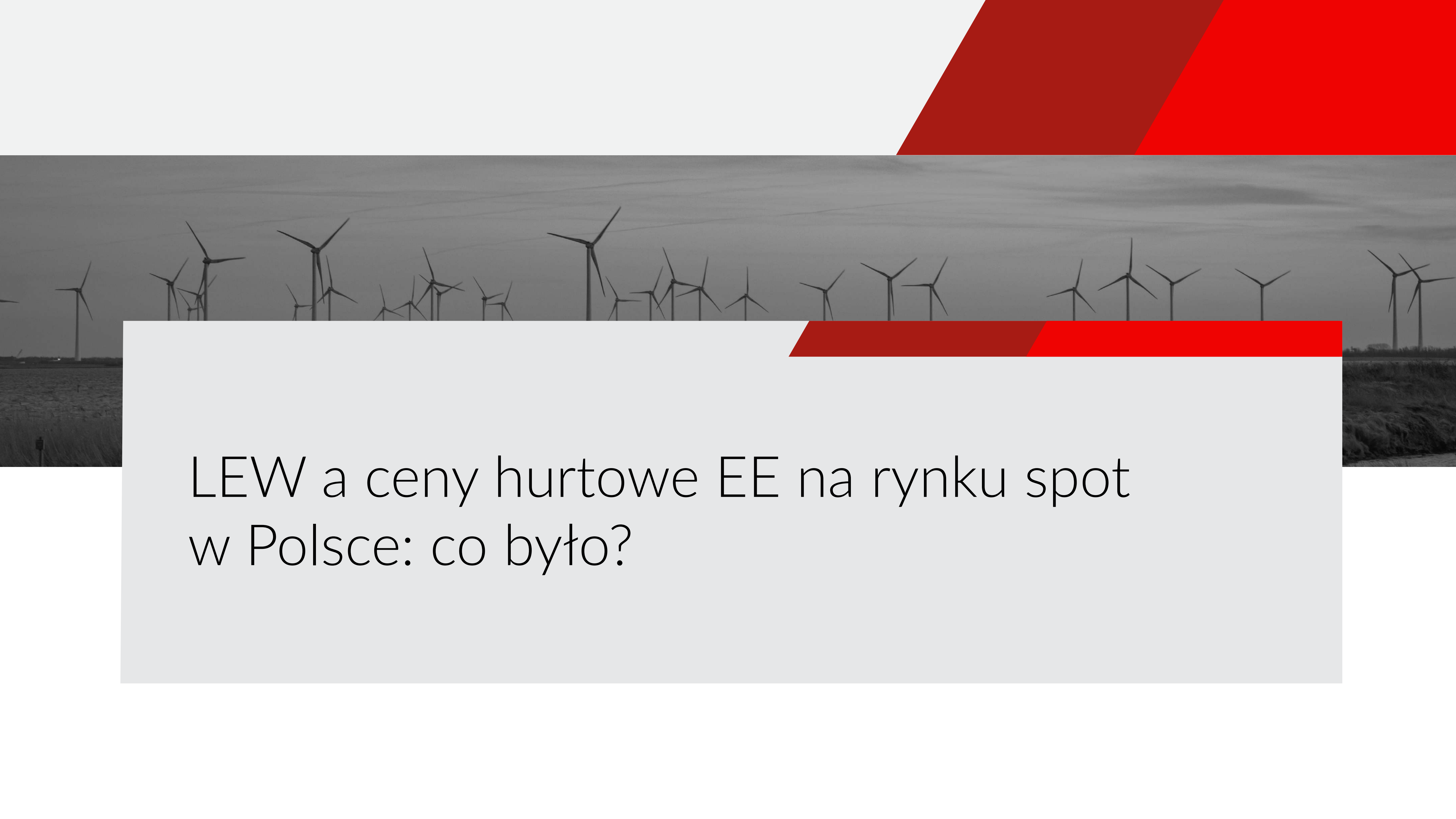
Źródło: Instytut Jagielloński, Diagnoza obecnej sytuacji i potencjału krajowego łańcucha dostaw dla lądowej energetyki wiatrowej w Polsce oraz rekomendacje na rzecz optymalizacji jego rozwoju

LEW cechuje się niższym kosztem łącznym (LCOE) wytwarzania energii elektrycznej niż koszty zmienne (paliwo, CO2, pozapaliwowe koszty zmienne) w stosowanych w Polsce technologie ciepłne (węgiel brunatny, węgiel kamienny, gaz ziemny).

Głównymi przyczynami różnic w kosztach wytwarzania jest z jednej strony systematyczny spadek kosztów kapitałowych (capex) związanych z inwestycją w LEW, a z drugiej strony silne wzrosty cen EUA (od grudnia 2020 roku) oraz cen węgla kamiennego i gazu ziemnego (od maja 2021 roku).



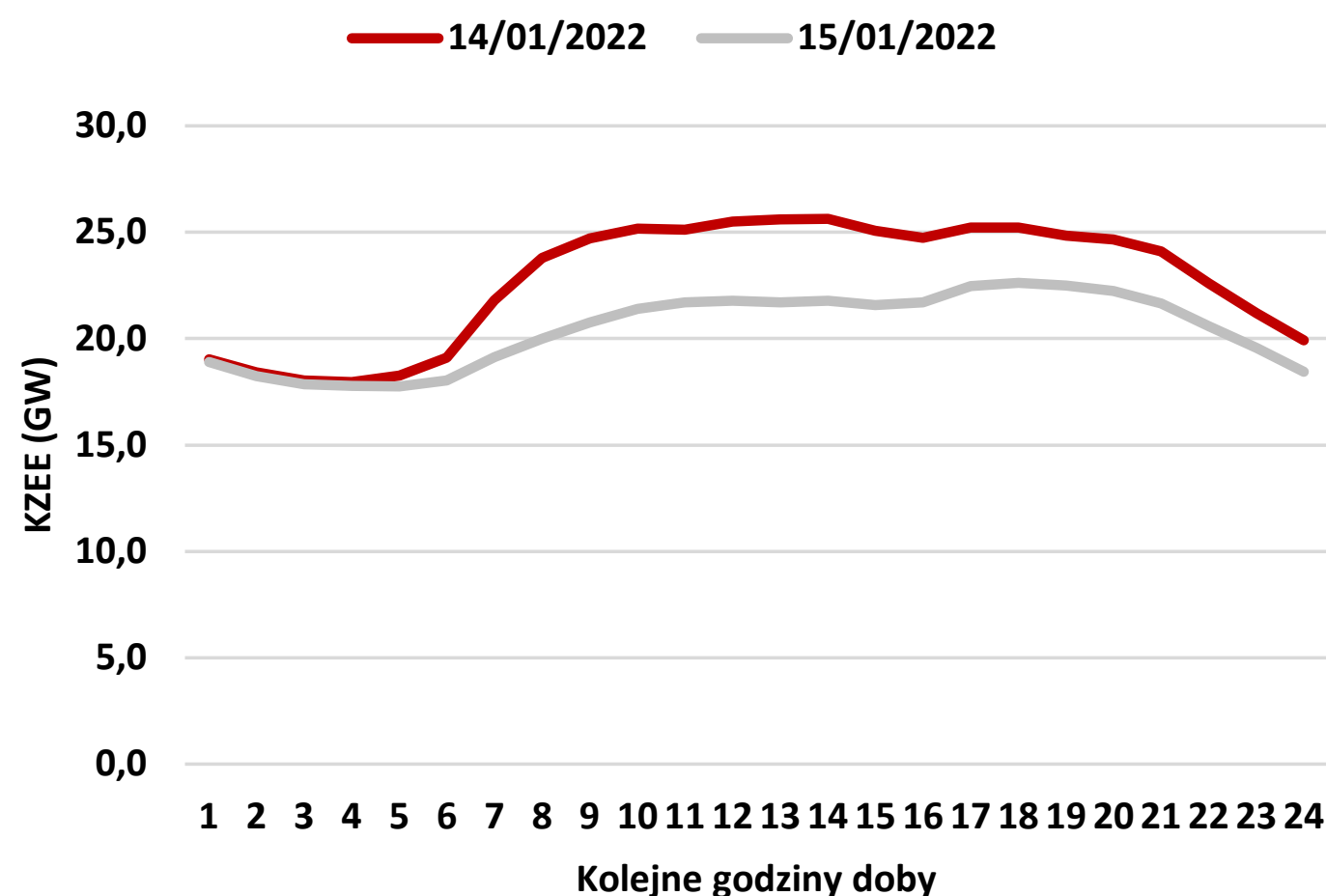
Czynniki te sprawiają, że w ujęciu koncepcyjnego merit order, LEW posiada potencjał obniżania cen EE na rynku spot jako technologia produkcji EE tańsza niż technologie ciepłne.



LEW a ceny hurtowe EE na rynku spot  
w Polsce: co było?

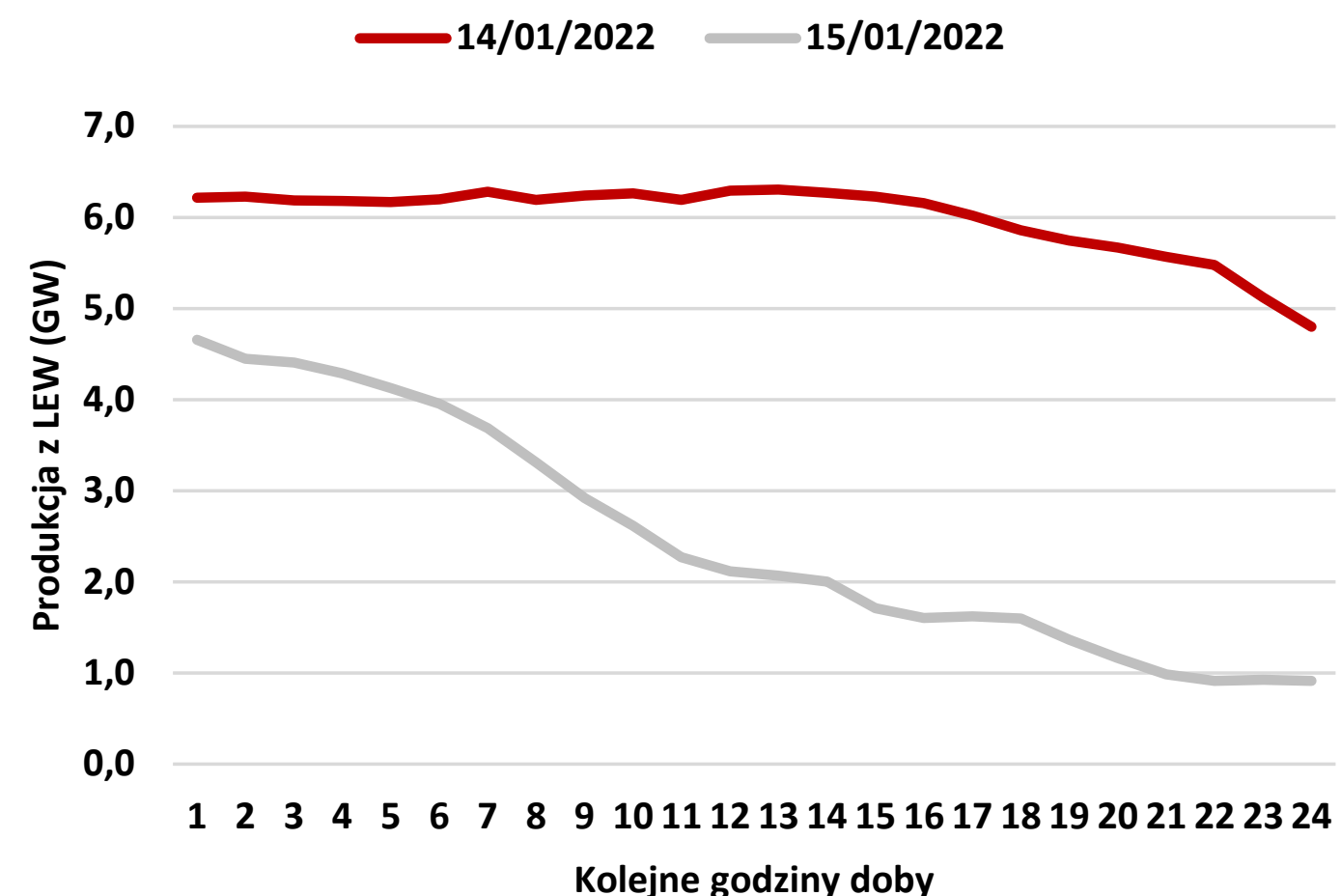
# LEW a ceny EE w praktyce (ilustracja na przykładzie danych godzinowych)

## KZEE



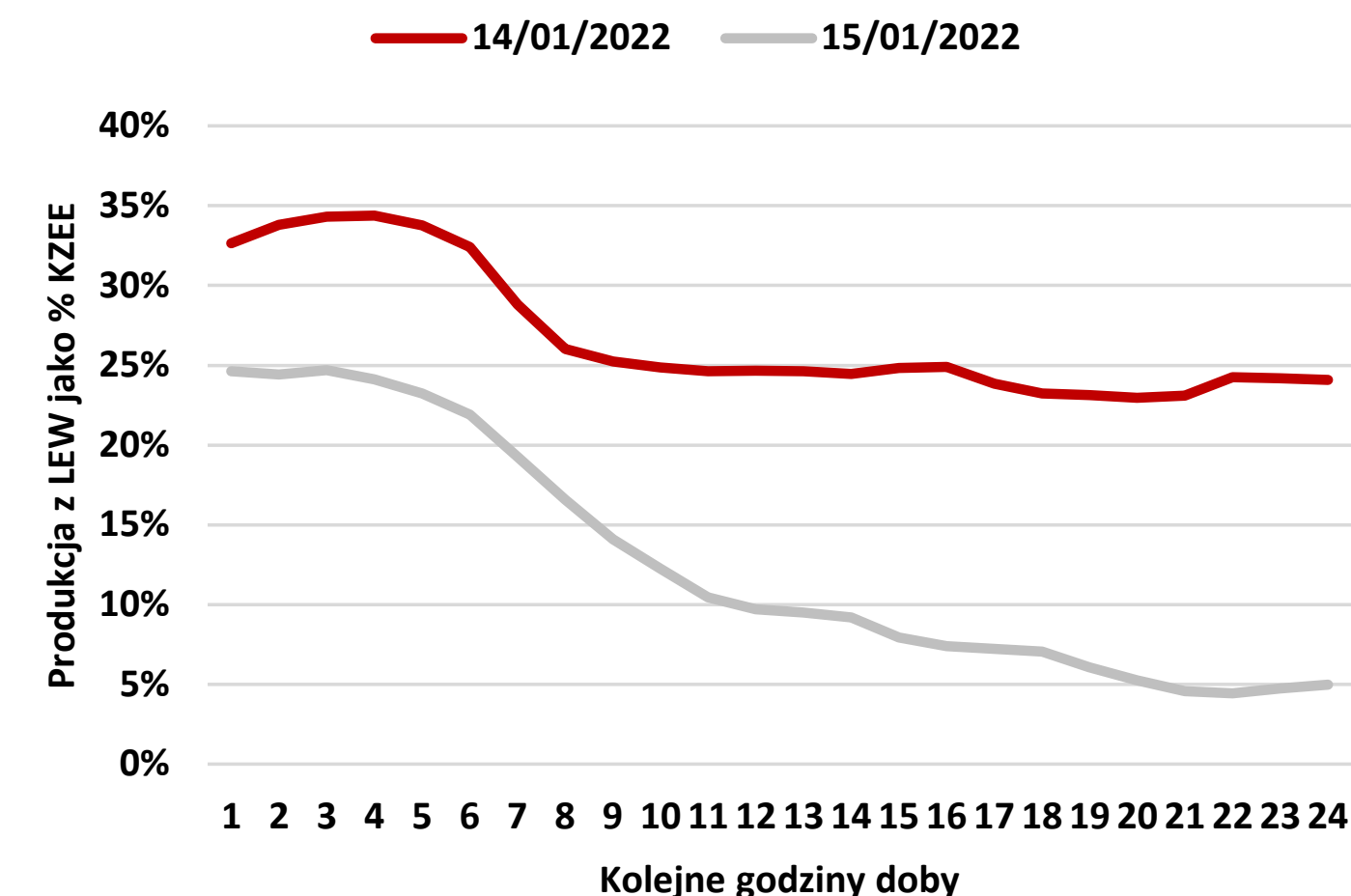
14 stycznia 2022 roku cechował się wyższym poziomem KZEE niż dzień kolejny (15 stycznia 2022).

## Produkcja z LEW



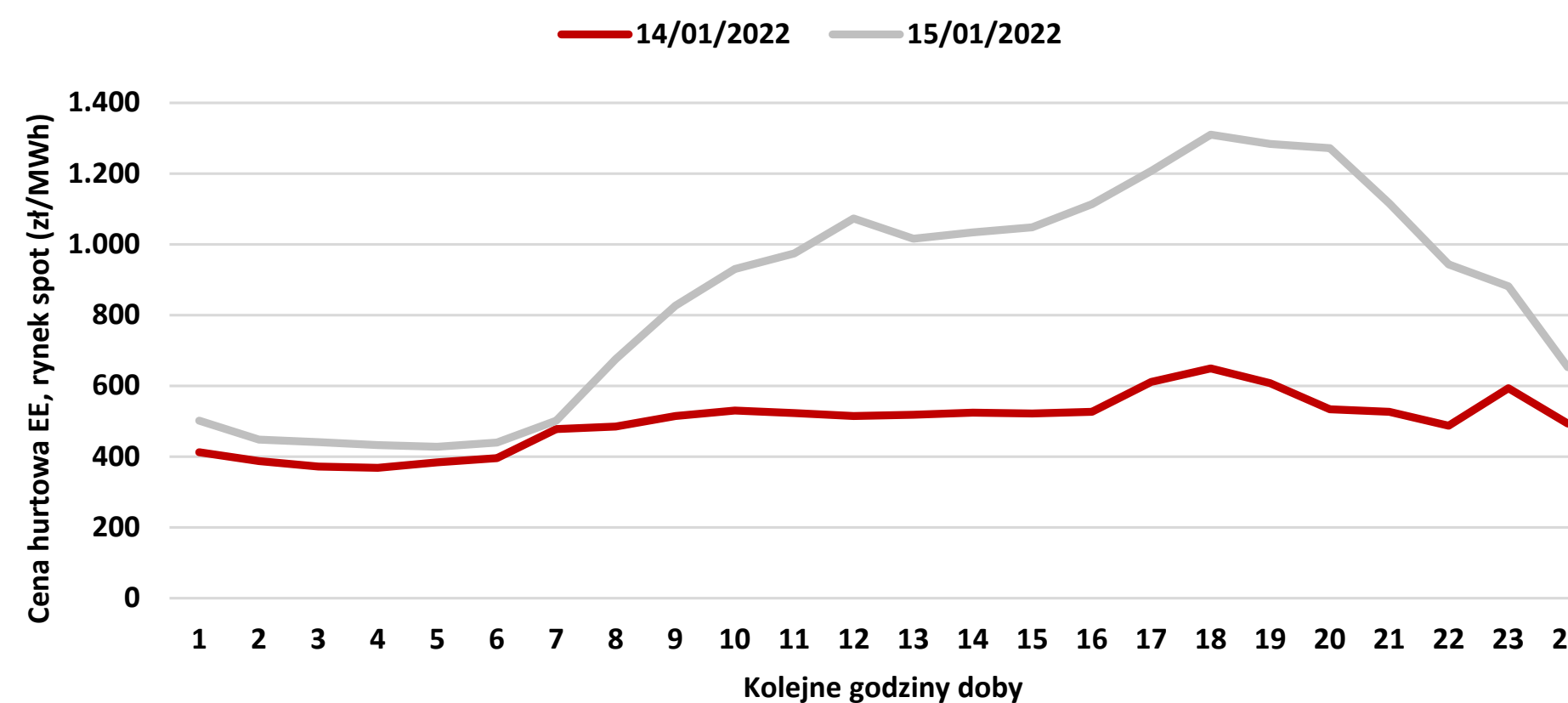
Jednocześnie, 14 stycznia poziom produkcji z LEW był zauważalnie wyższy...

## Produkcja z LEW jako % KZEE



...co przełożyło się na wyższy % pokrycia KZEE...

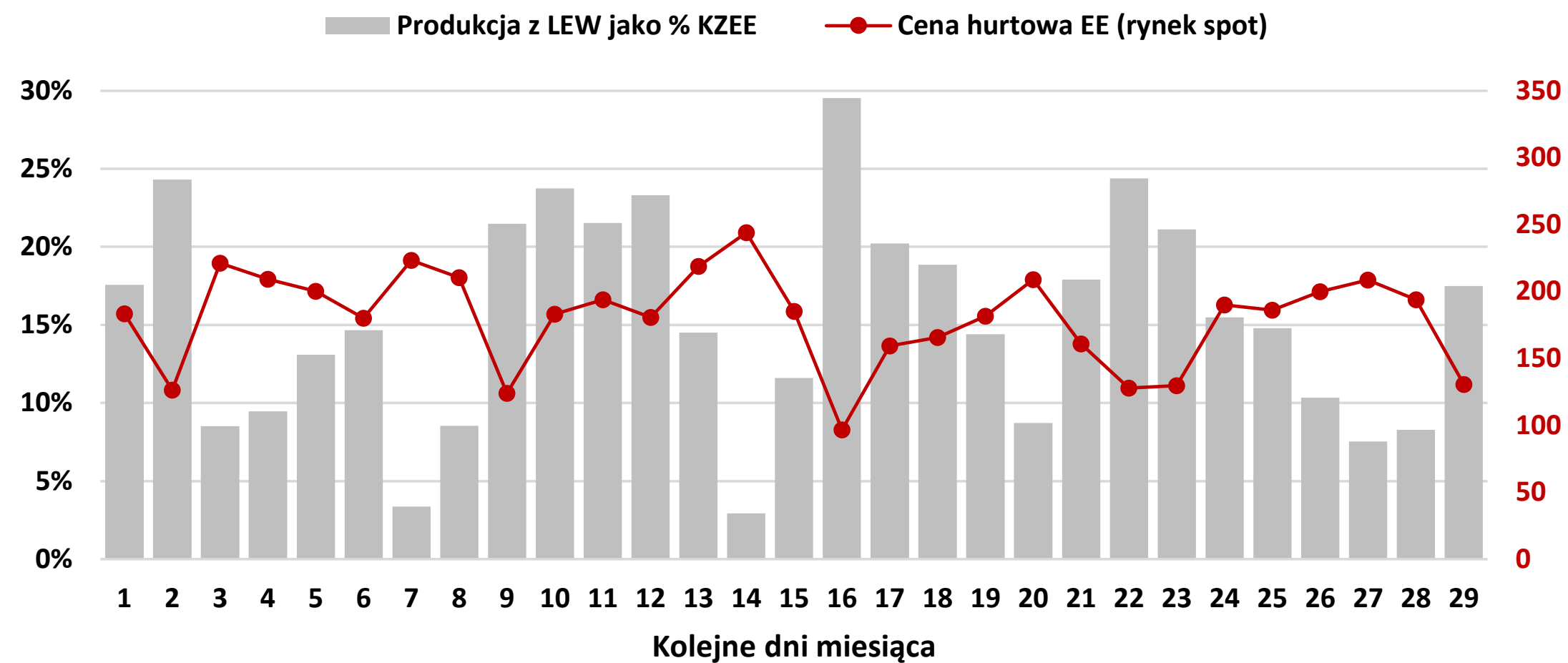
## Ceny hurtowe EE (rynek spot)



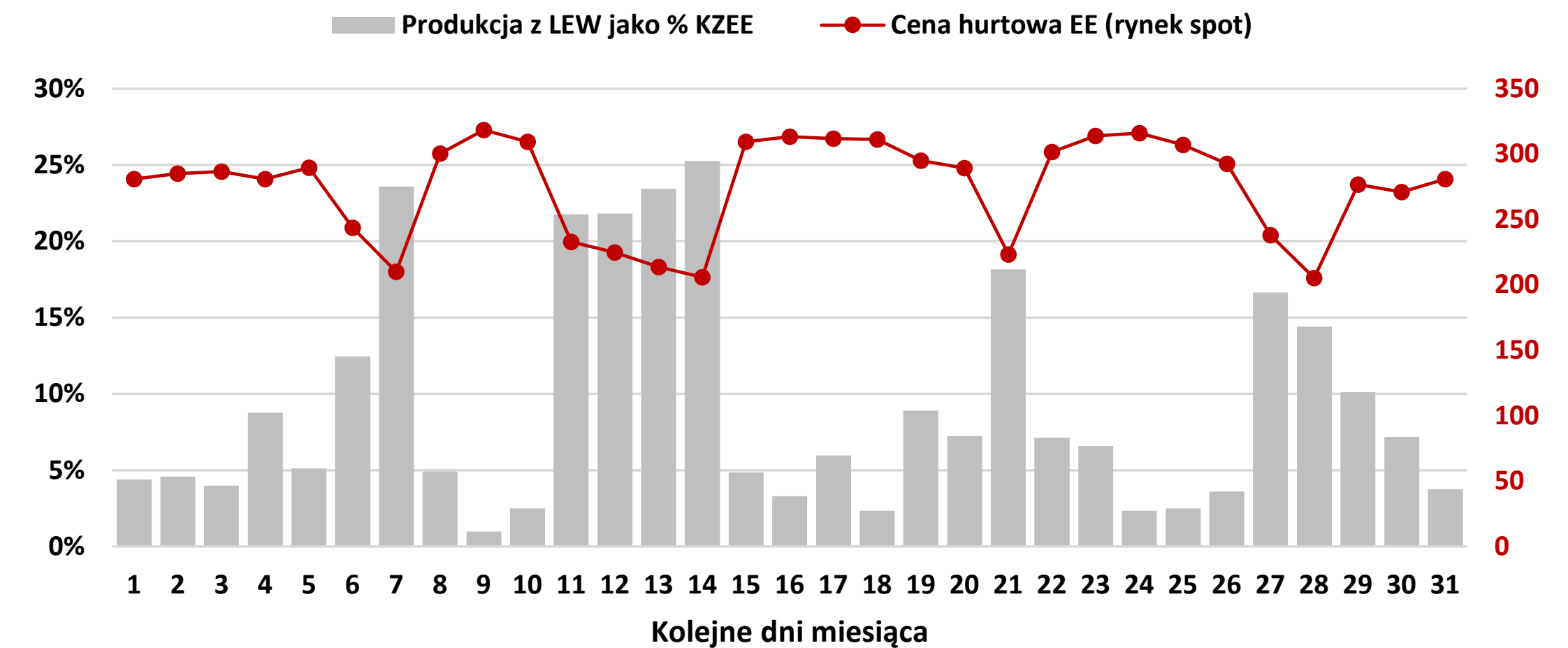
...a ostatecznie na niższy poziom cen EE w dniu 14 stycznia (pomimo wyższego KZEE).

# LEW a ceny EE w praktyce (wartości średnie dzienne)

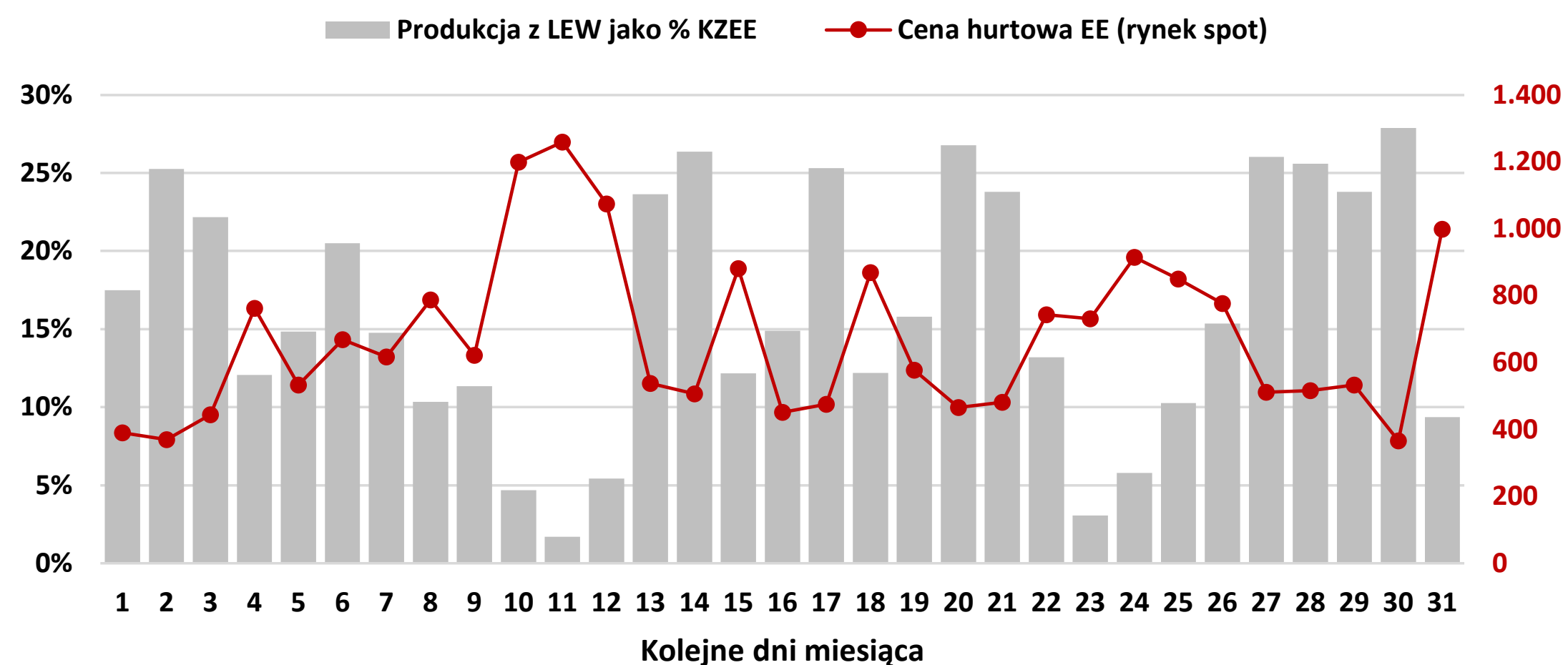
## Luty 2020 (wartości średnie dzienne)



## Marzec 2021 (wartości średnie dzienne)



## Styczeń 2022 (wartości średnie dzienne)

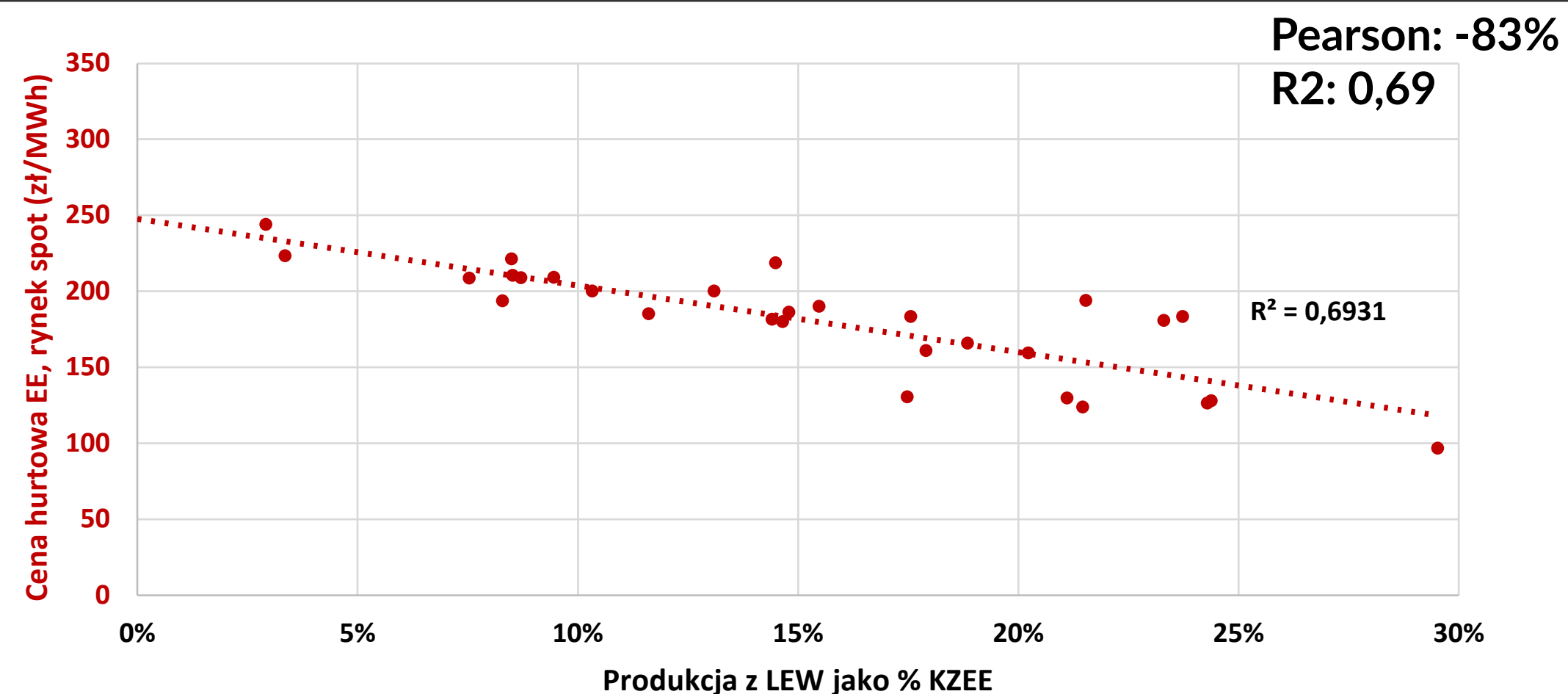


Dane empiryczne pozwalają zaobserwować tendencję spadkową cen hurtowych EE na rynku spot wraz ze wzrostem udziału produkcji z LEW w pokryciu KZEE.

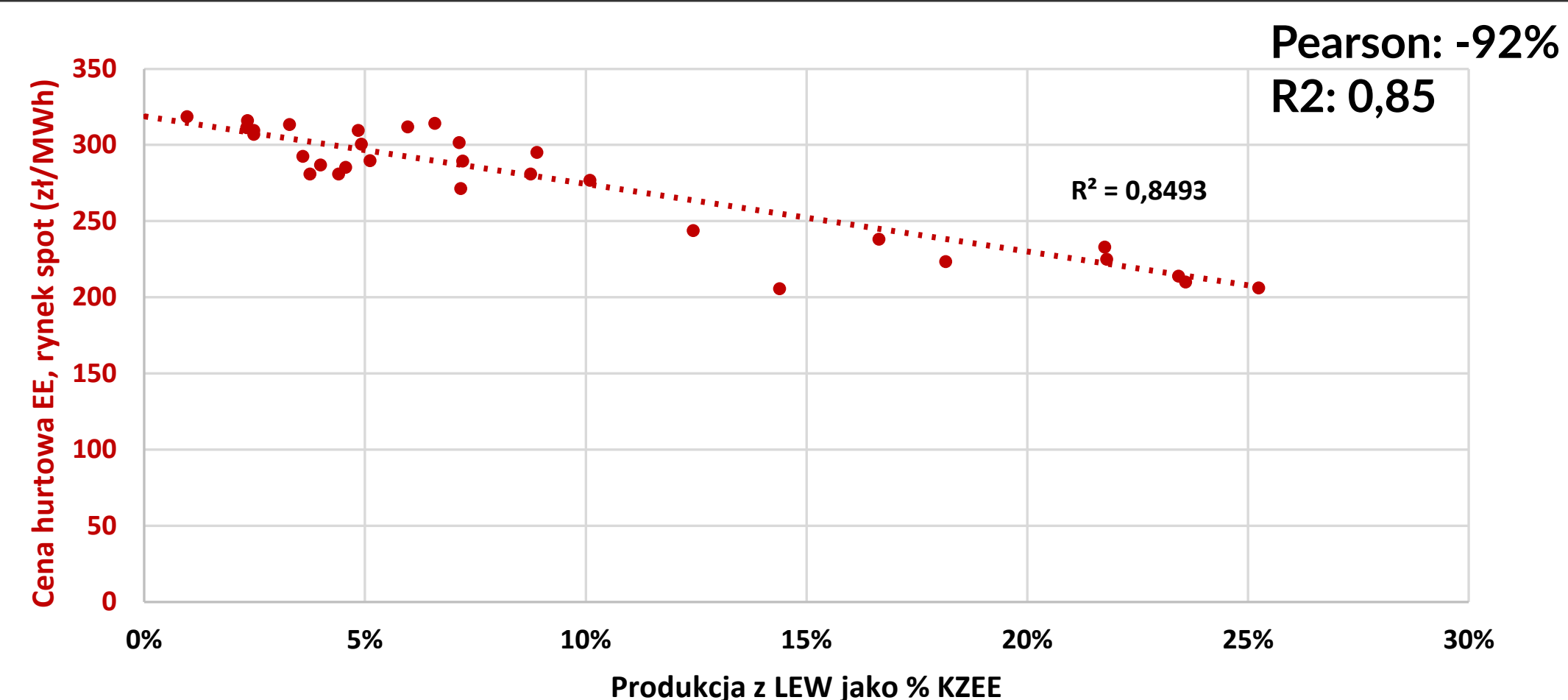
Powyższą zależność najlepiej ilustrują dane o granulacji dziennej, tj. dni o wyższej wietrzności cechują się niższym poziomem ceny niż dni o niższej wietrzności.

# LEW a ceny EE w praktyce i statystyce (wartości średnie dzienne)

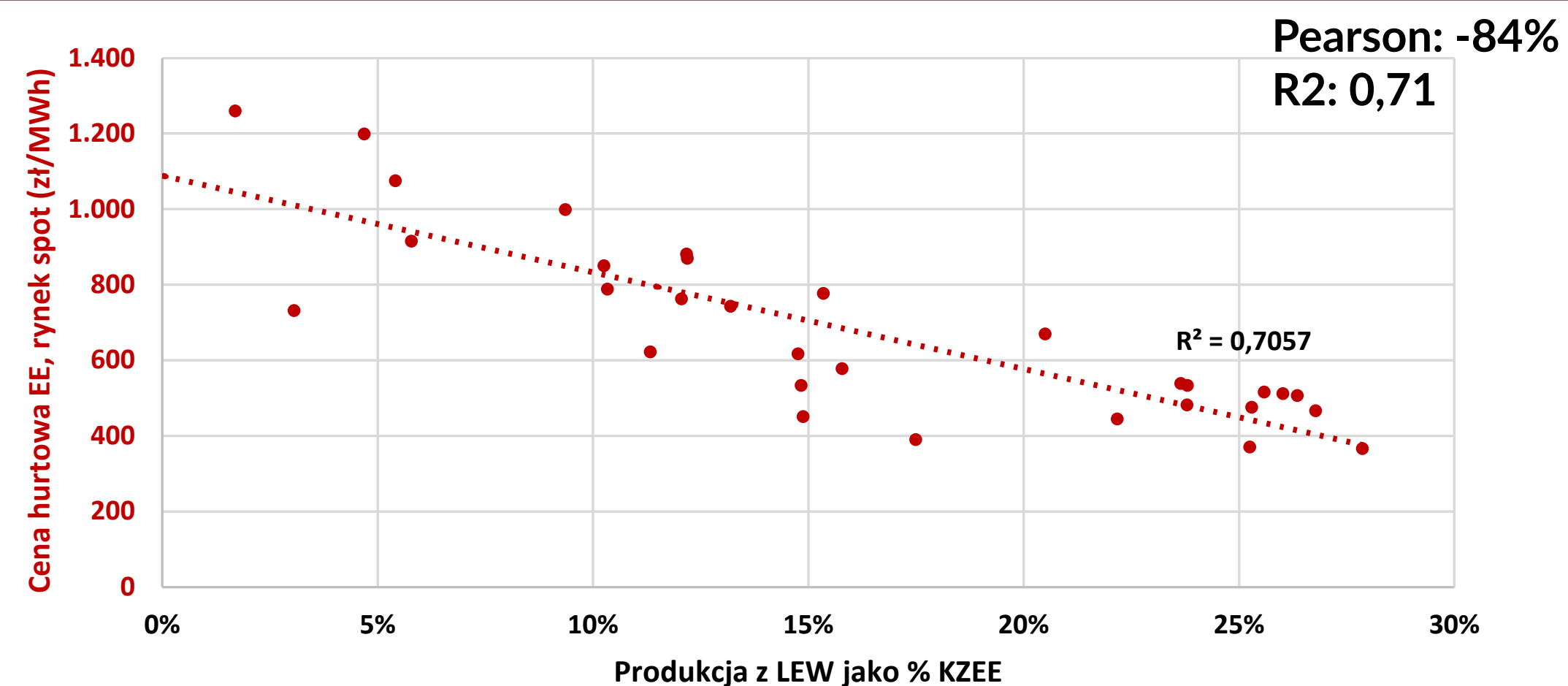
Luty 2020 (wartości średnie dzienne)



Marzec 2021 (wartości średnie dzienne)



Styczeń 2022 (wartości średnie dzienne)



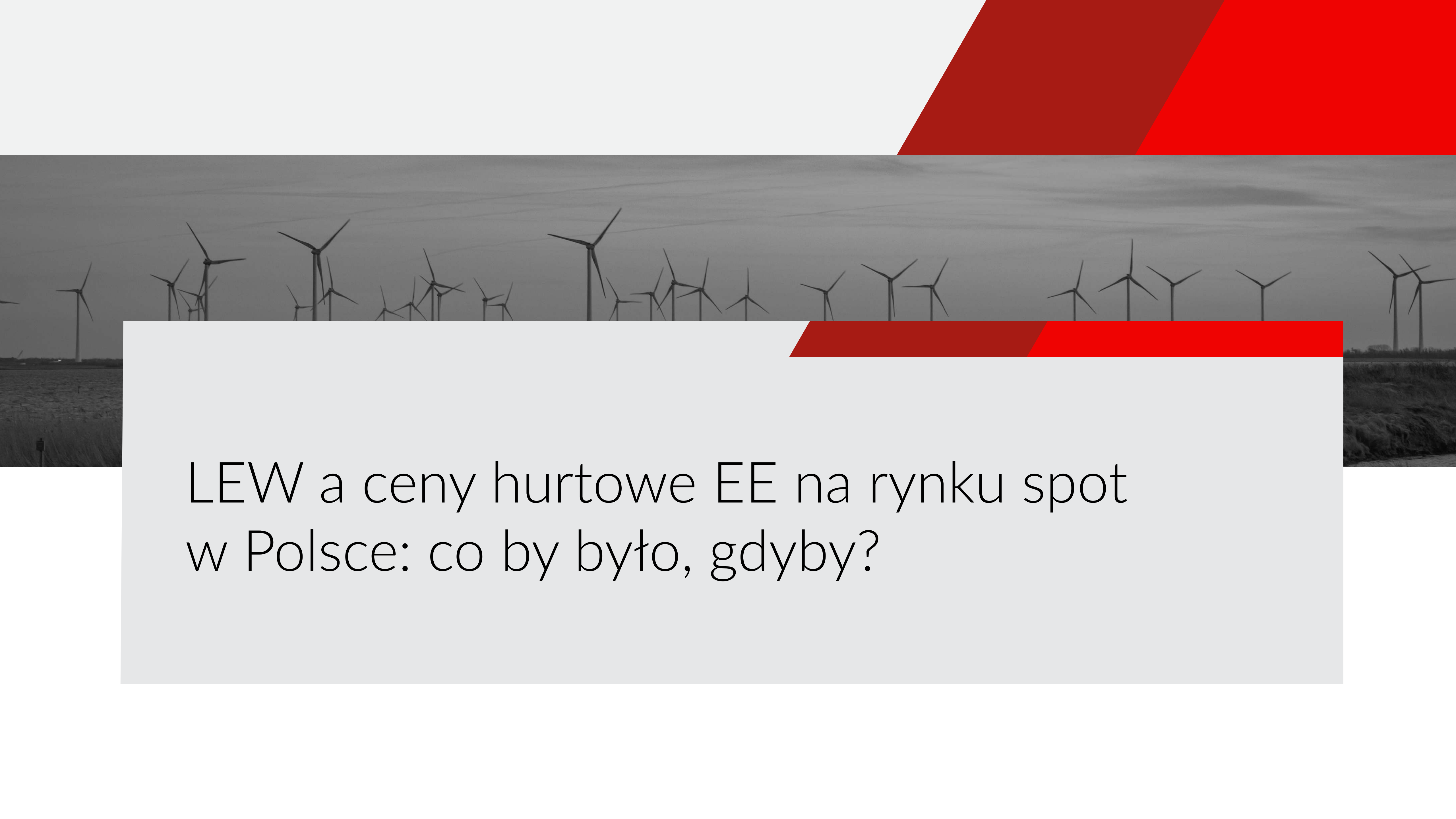
Produkcja z LEW jako % KZEE a poziom cen hurtowych spot: korelacja na przestrzeni miesięcy

Rok	Sty	Lut	Mar	Kwi	Maj	Cze	Lip	Sie	Wrz	Paź	Lis	Gru	Sila korelacji
2020	-52%	-83%	-53%	-76%	-66%	-36%	-56%	-11%	-50%	-71%	-66%	-72%	Słaba
2021	-12%	-82%	-92%	-66%	-68%	-59%	-66%	-25%	-41%	-79%	-76%	-80%	Umiarkowana
2022	-84%	-82%	-71%										Silna

**Bardzo silna**

Dane za poszczególne miesiące roku 2020, 2021 oraz 2021 wskazują na istnienie ujemnej\* korelacji (o stopniu umiarkowanym do bardzo silnego) pomiędzy udziałem produkcji z LEW w pokryciu KZEE a poziomem cen spot.

\*Ujemna korelacja oznacza w tym przypadku spadek ceny EE wraz ze wzrostem udziału produkcji EE z LEW.



LEW a ceny hurtowe EE na rynku spot  
w Polsce: co by było, gdyby?

# Symulacja wpływu LEW na ceny spot: cel

## Cel symulacji:

- Celem symulacji była kwantyfikacja wpływu LEW na poziom cen hurtowych EE na rynku spot w Polsce dla następujących wariantów mocy zainstalowanej LEW w Polsce:
  - Wariant LEW 0 GW zakładający, że moc zainstalowana LEW za 2021 rok w Polsce to 0 GW (0% wartości rzeczywistej z grudnia 2021 r.)
  - Wariant LEW 3,5 GW zakładający, że moc zainstalowana LEW za 2021 rok w Polsce to 3,5 GW (50% wartości rzeczywistej z grudnia 2021 r.)
  - Wariant LEW 10,5 GW zakładający, że moc zainstalowana LEW za 2021 rok w Polsce to 10,5 GW (150% wartości rzeczywistej z grudnia 2021 r.)
  - Wariant LEW 14 GW zakładający, że moc zainstalowana LEW za 2021 rok w Polsce to 14 GW (200% wartości rzeczywistej z grudnia 2021 r.)
- Ceny uzyskane z symulacji dla powyższych wariantów porównano z symulowanym wariantem referencyjnym dla roku 2021 (tj. LEW 7 GW), który zakłada, że moc zainstalowana LEW w Polsce to 7 GW (wartość rzeczywista z grudnia 2021 r.)
  - Przed wykonaniem symulacji dla wariantów LEW 0 GW, LEW 3,5 GW, LEW 10,5 GW oraz LEW 14 GW dokonano kalibracji modelu dla wariantu LEW 7 GW do danych rzeczywistych za 2021 r.





# Symulacja wpływu LEW na ceny spot: założenia

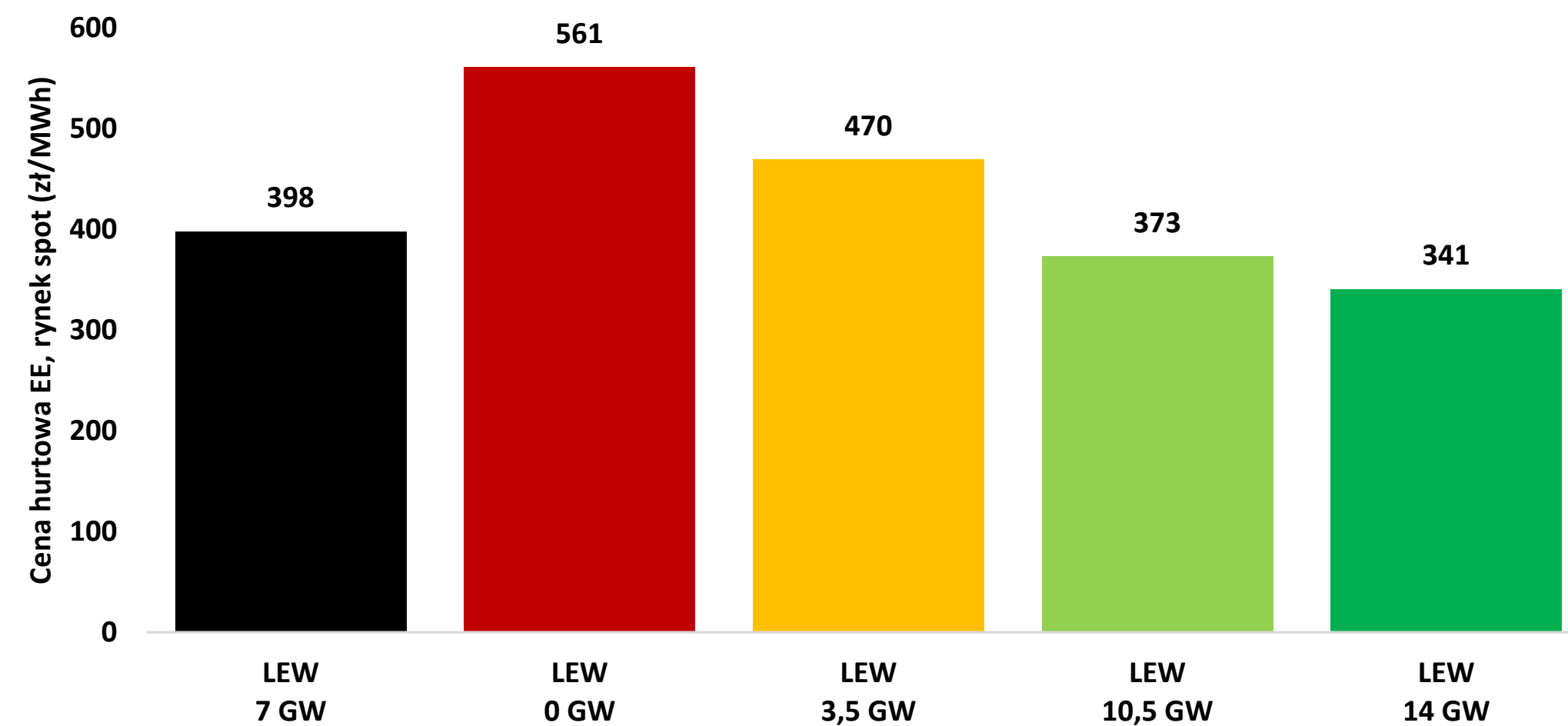
## Założenia symulacji:

- KZEE według rzeczywistych danych godzinowych PSE za 2021 rok
- Generacja nJWCD ciepłych według rzeczywistych danych godzinowych PSE za 2021 rok
- Generacja PV według rzeczywistych danych godzinowych PSE za 2021 rok
- Generacja LEW zależy od przyjętego wariantu mocy zainstalowanej (patrz wcześniej)
- Ubytki mocy JWCD oraz wynikająca stąd moc dyspozycyjna JWCD według rzeczywistych danych PSE za 2021 rok
- Generacja JWCD, a tym samym wpływ JWCD na ceny spot EE, jest wynikiem symulacji zależnej od przyjętego wariantu mocy LEW w Polsce
- Średnioroczna cena węgla kamiennego: 11,4 zł/GJ (PSCMI\_1)
- Średnioroczna cena gazu ziemnego: 197 zł/MWh
- Średnioroczna cena EUA: 53 EUR/Mg

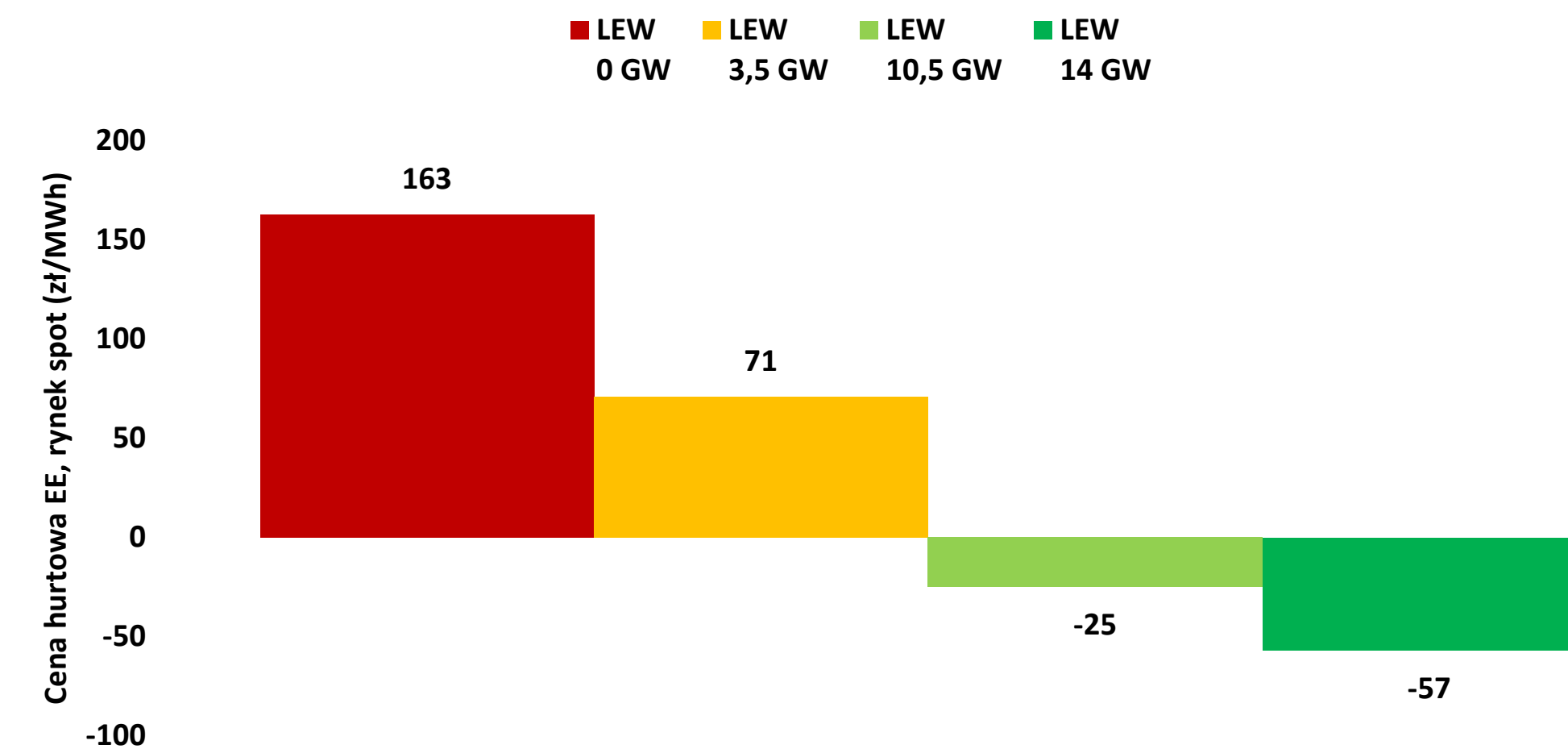


# Symulacja wpływu LEW na ceny spot: wyniki dla roku 2021

Ceny średnioroczne (symulacja)



Ceny średnioroczne (różnica względem LEW 7 GW)

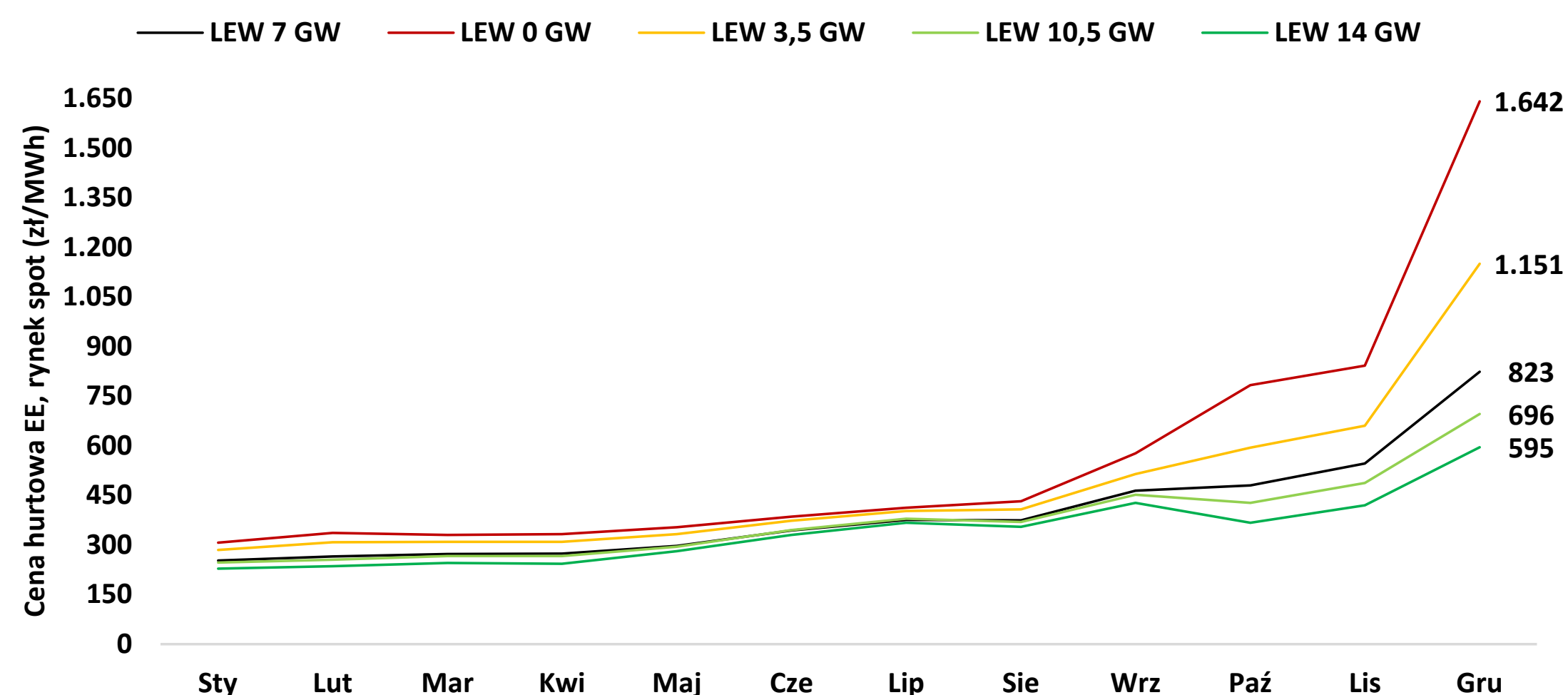


W wariantach o założonym niskim poziomie mocy LEW w Polsce (LEW 0 GW oraz LEW 3,5 GW), symulowany wzrost ceny średniorocznej za 2021 rok wyniósł odpowiednio 163 zł/MWh oraz 71 zł/MWh.

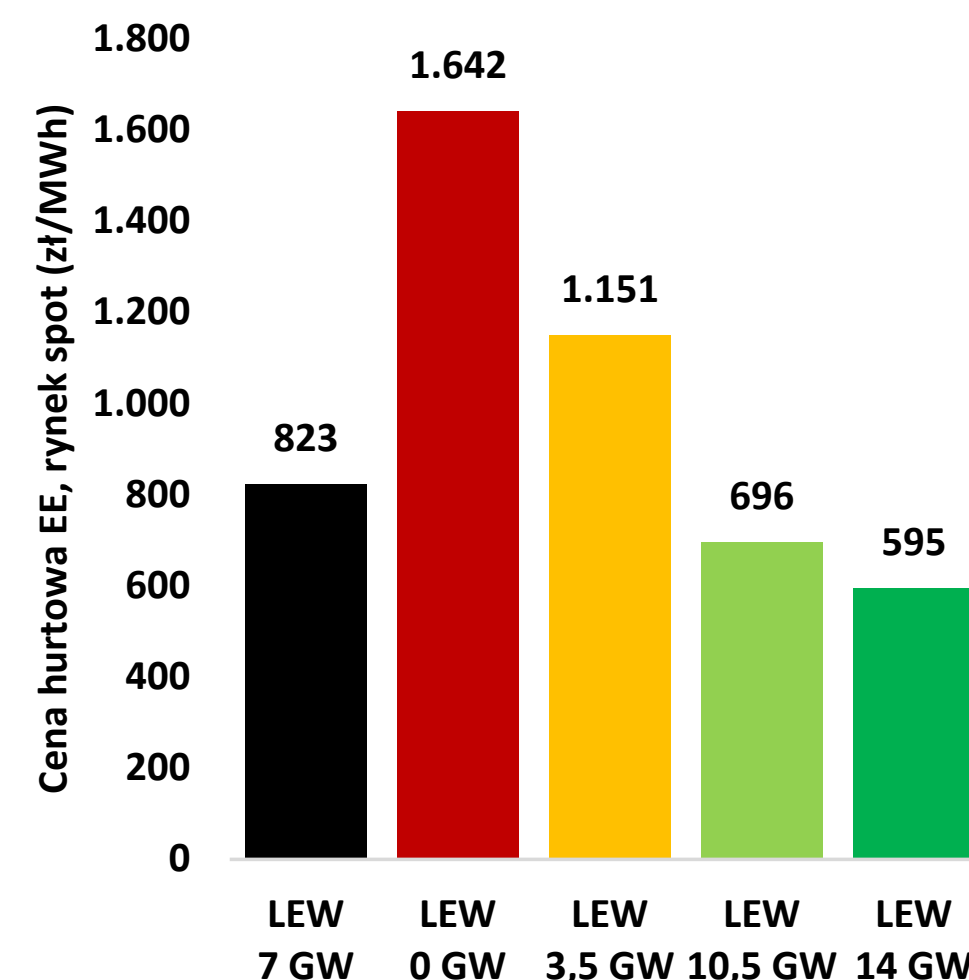
W wariantach o założonym wysokim poziomie mocy LEW w Polsce (LEW 10,5 GW oraz LEW 14 GW), symulowany spadek ceny średniorocznej za 2021 rok wyniósł odpowiednio 25 zł/MWh oraz 57 zł/MWh.

# Symulacja wpływu LEW na ceny spot: wyniki dla grudnia 2021

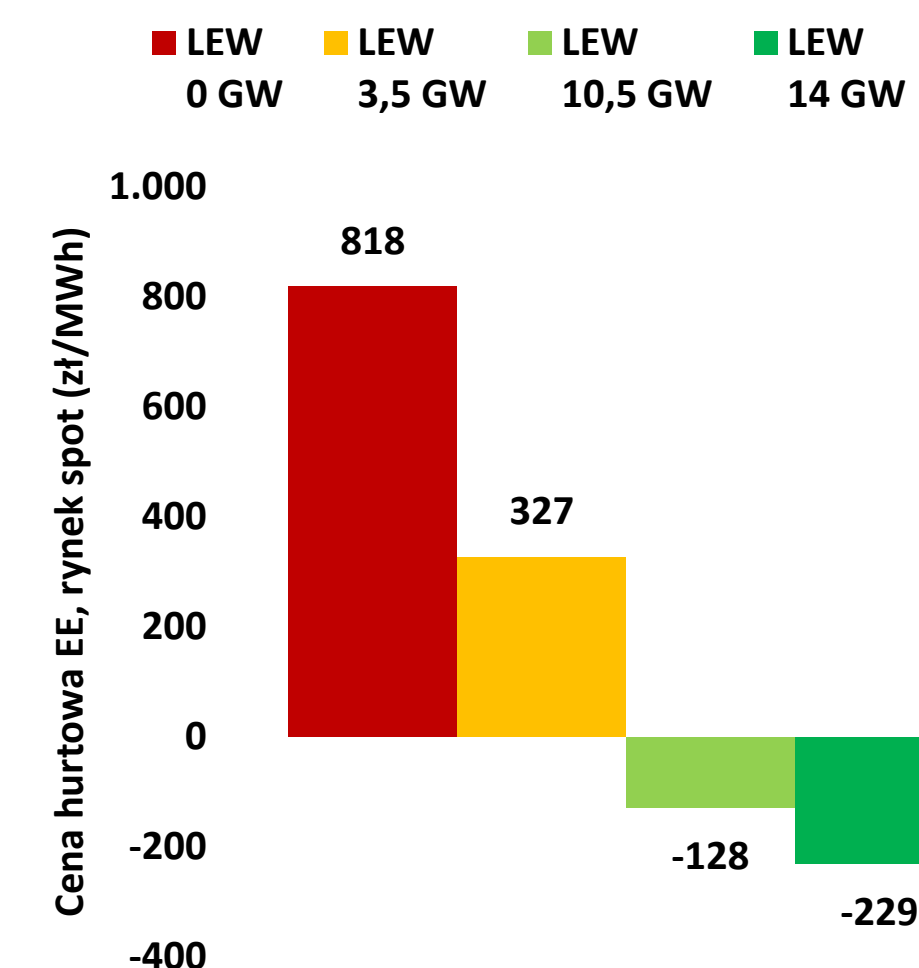
Ceny średniomiesięczne (symulacja)



Grudzień 2021 (symulacja)



Grudzień 2021 (różnica vs LEW 7 GW)



Produkcja z LEW jako % KZEE a poziom cen hurtowych spot: korelacja na przestrzeni miesięcy

Rok	Sty	Lut	Mar	Kwi	Maj	Cze	Lip	Sie	Wrz	Paź	Lis	Gru
2021	-12%	-82%	-92%	-66%	-68%	-59%	-66%	-25%	-41%	-79%	-76%	-80%

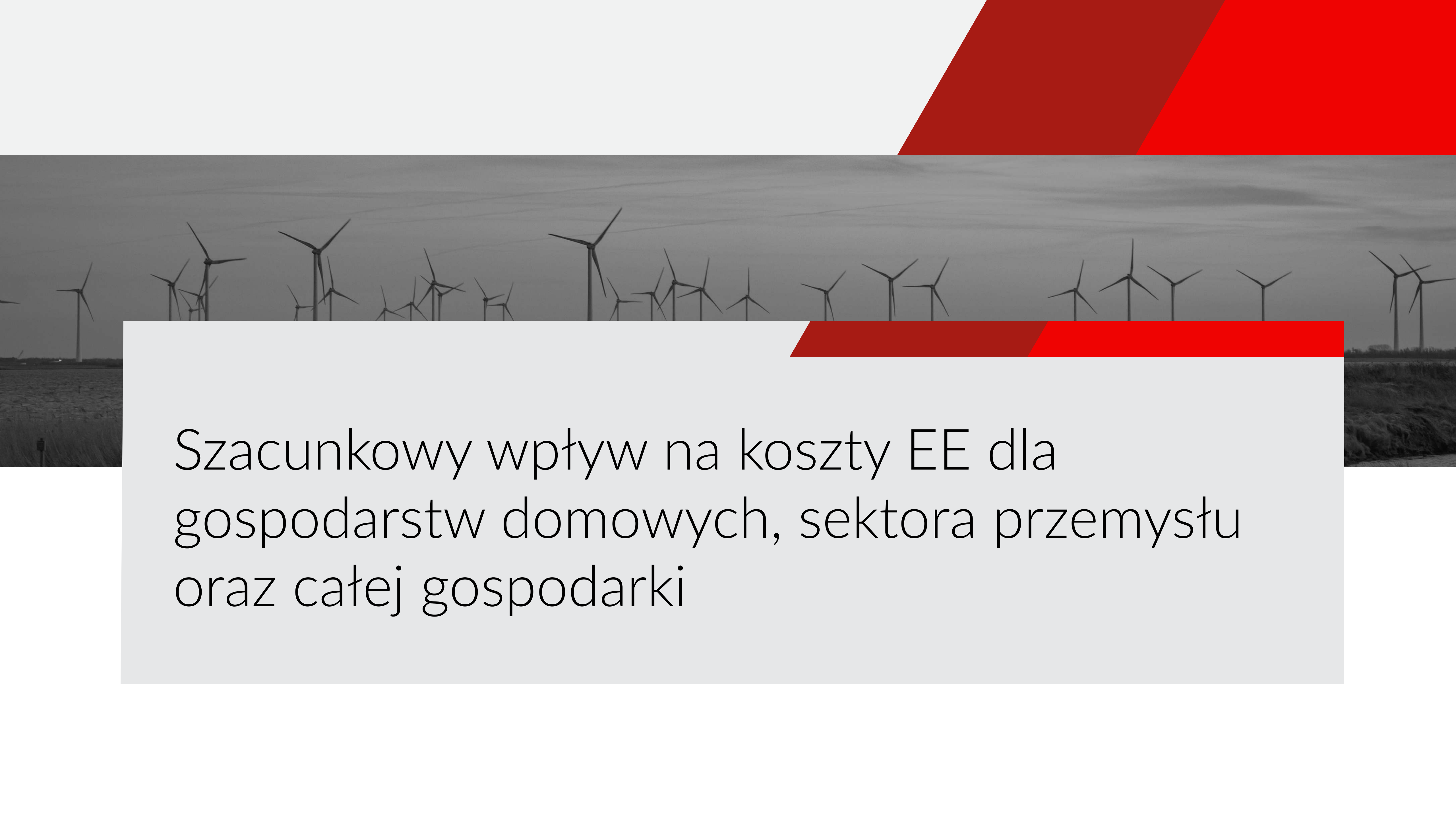
Siła korelacji	Staba	Umiarkowana	Silna	Bardzo silna

Grudzień 2021 był miesiącem o najwyższych średnich cenach w skali 2021 roku.

Jednocześnie, w grudniu 2021 występowała silna korelacja pomiędzy udziałem produkcji z LEW a poziomem cen spot.

W ujęciu symulacyjnym powyższe przekłada się na:

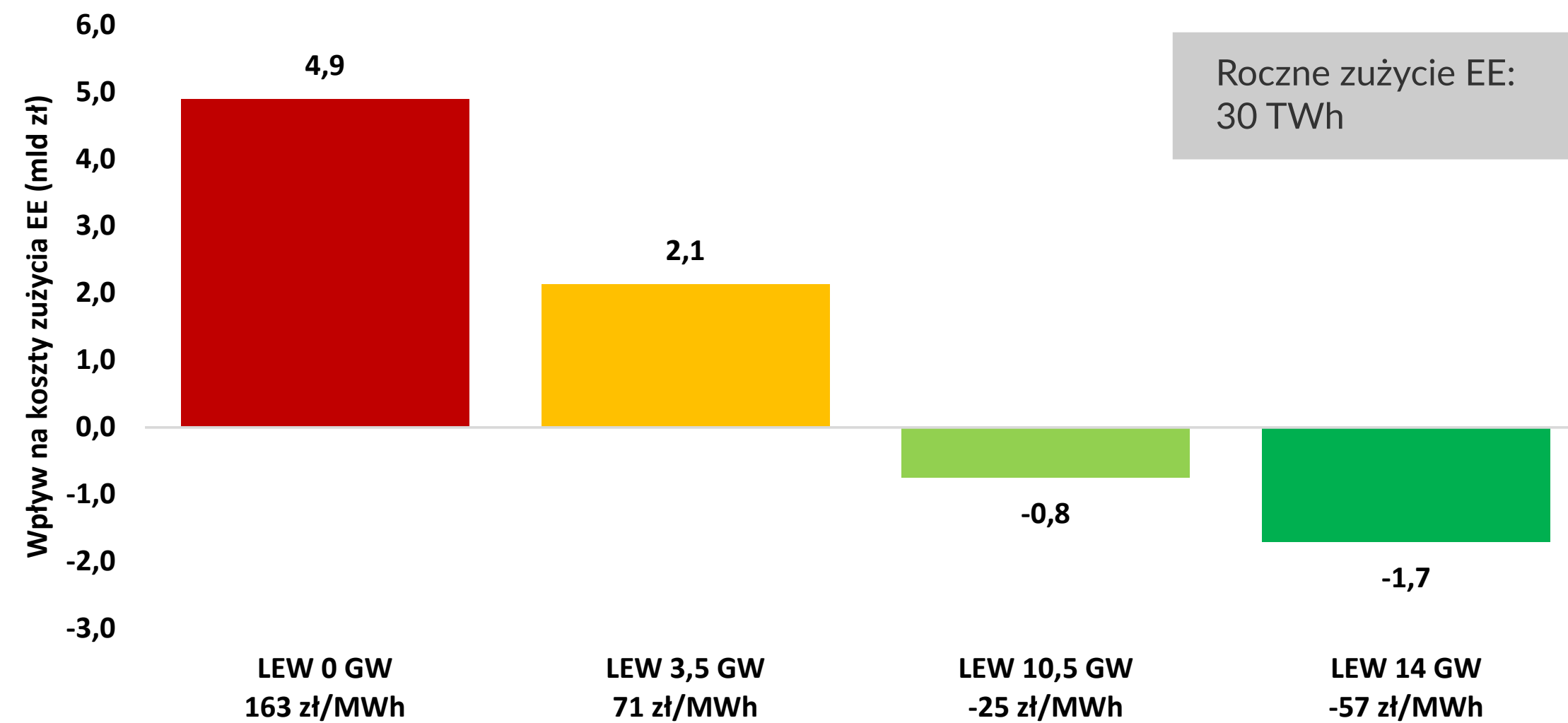
- silną presję na wzrost cen w przypadku wariantów o niskim udziale mocy LEW
- silną presję na spadek cen w przypadku wariantów o wysokim udziale mocy LEW.



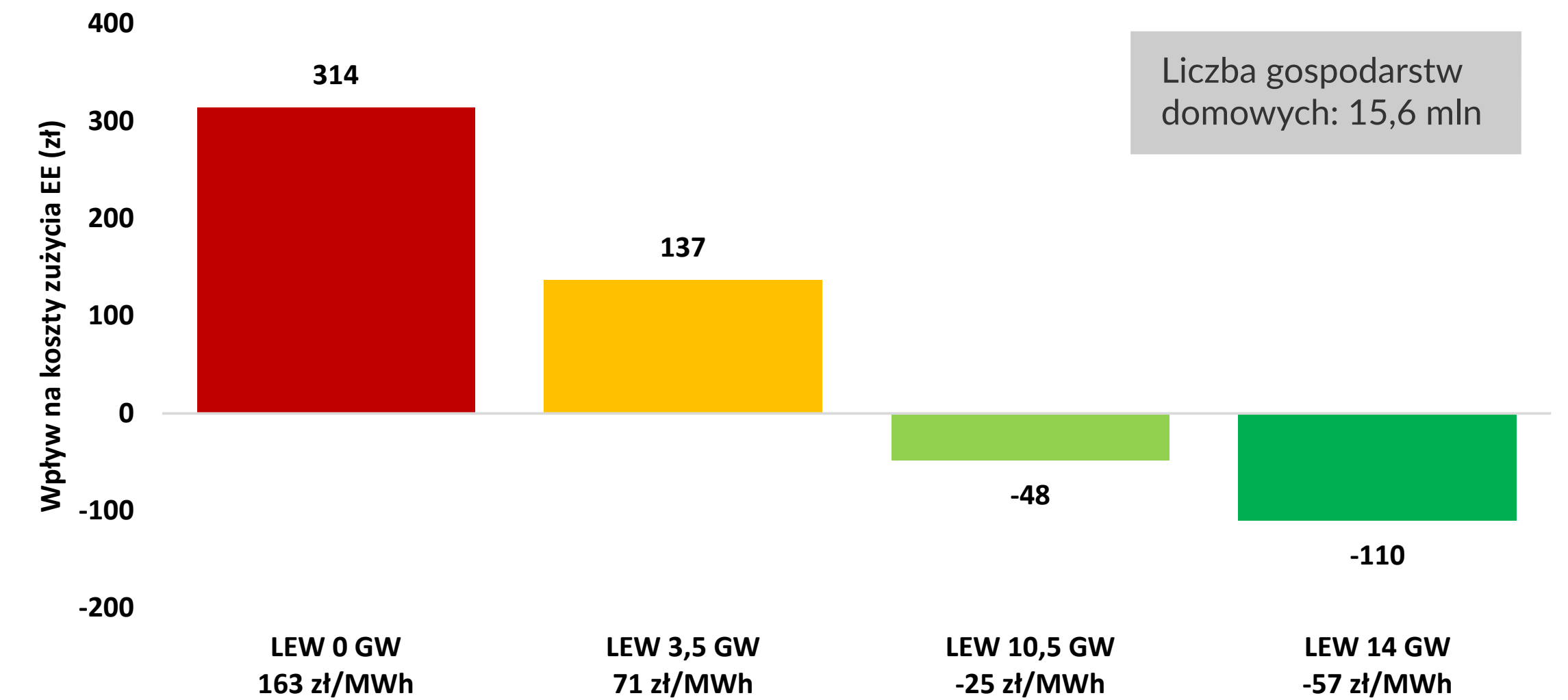
Szacunkowy wpływ na koszty EE dla gospodarstw domowych, sektora przemysłu oraz całej gospodarki

# Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarstwach domowych

Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarstwach domowych (mld zł)

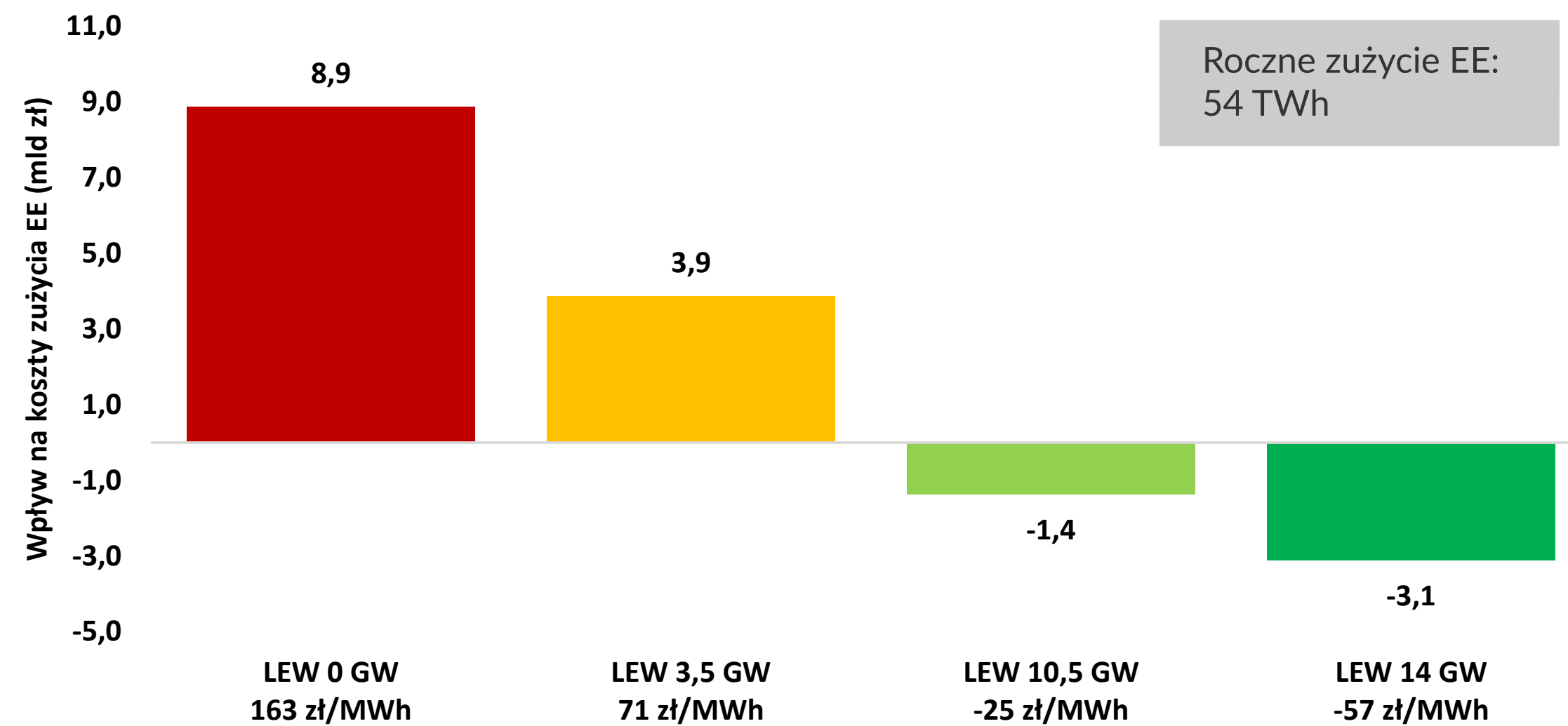


Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w statystycznym gospodarstwie domowym (zł)

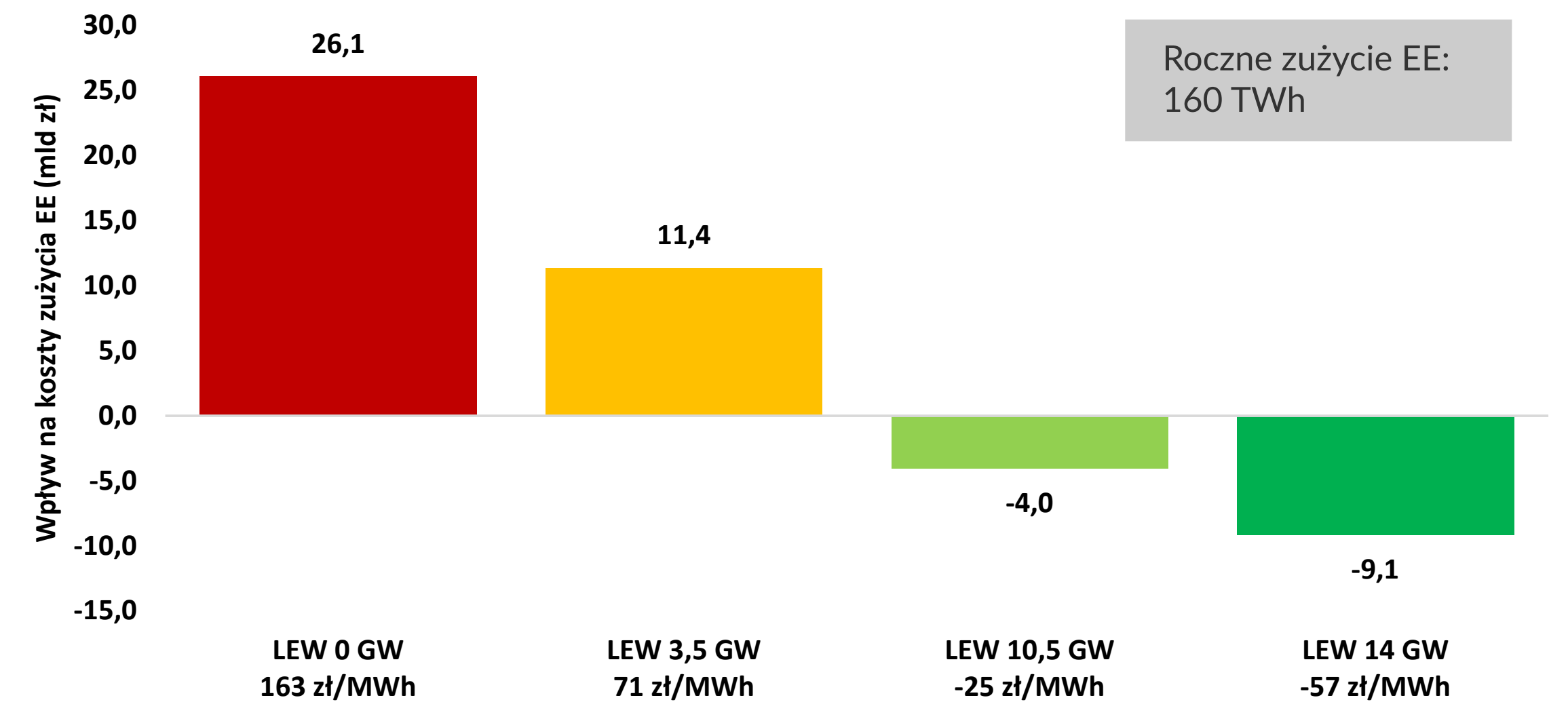



# Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w przemyśle i całej gospodarce

Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w przemyśle (mld zł)



Szacunkowy wpływ na koszty zużycia EE w gospodarce (mld zł)

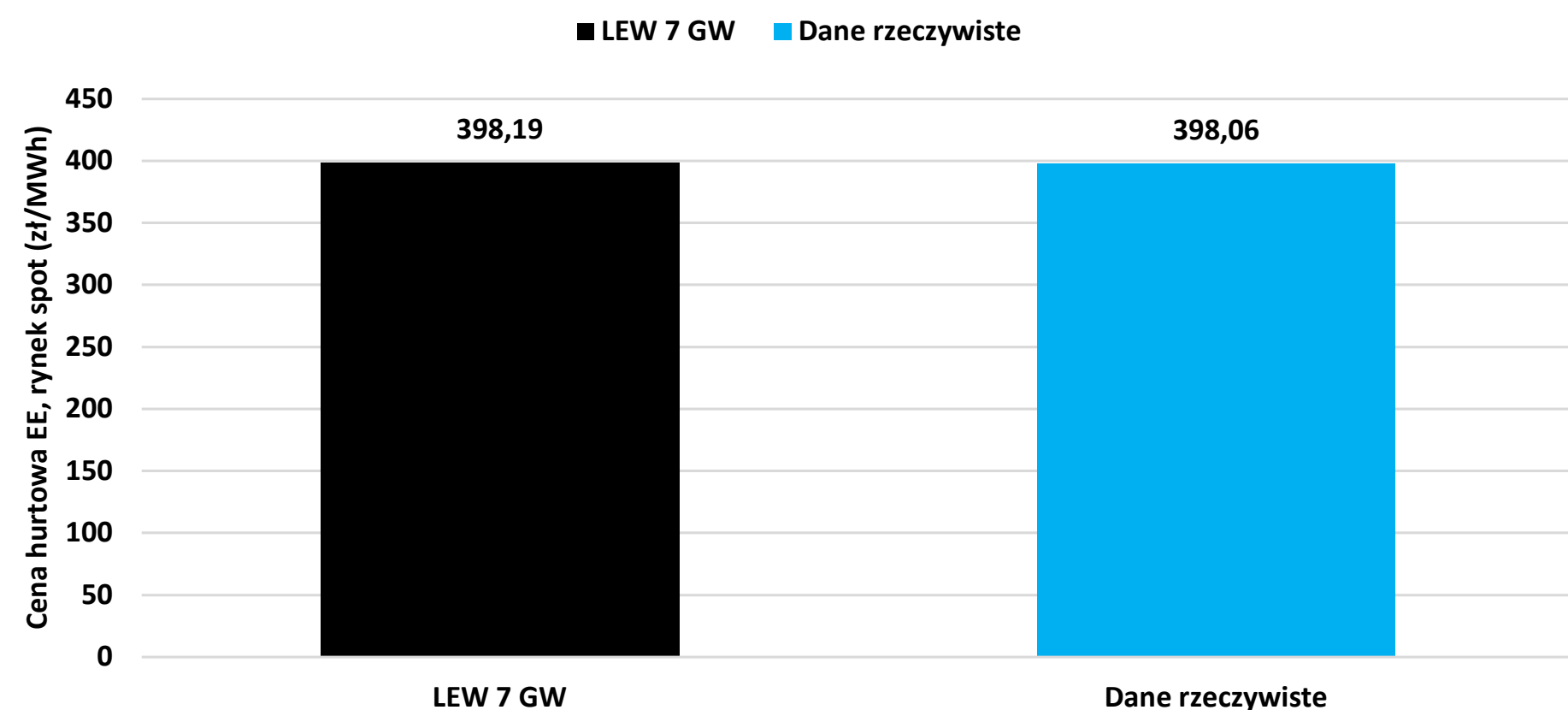




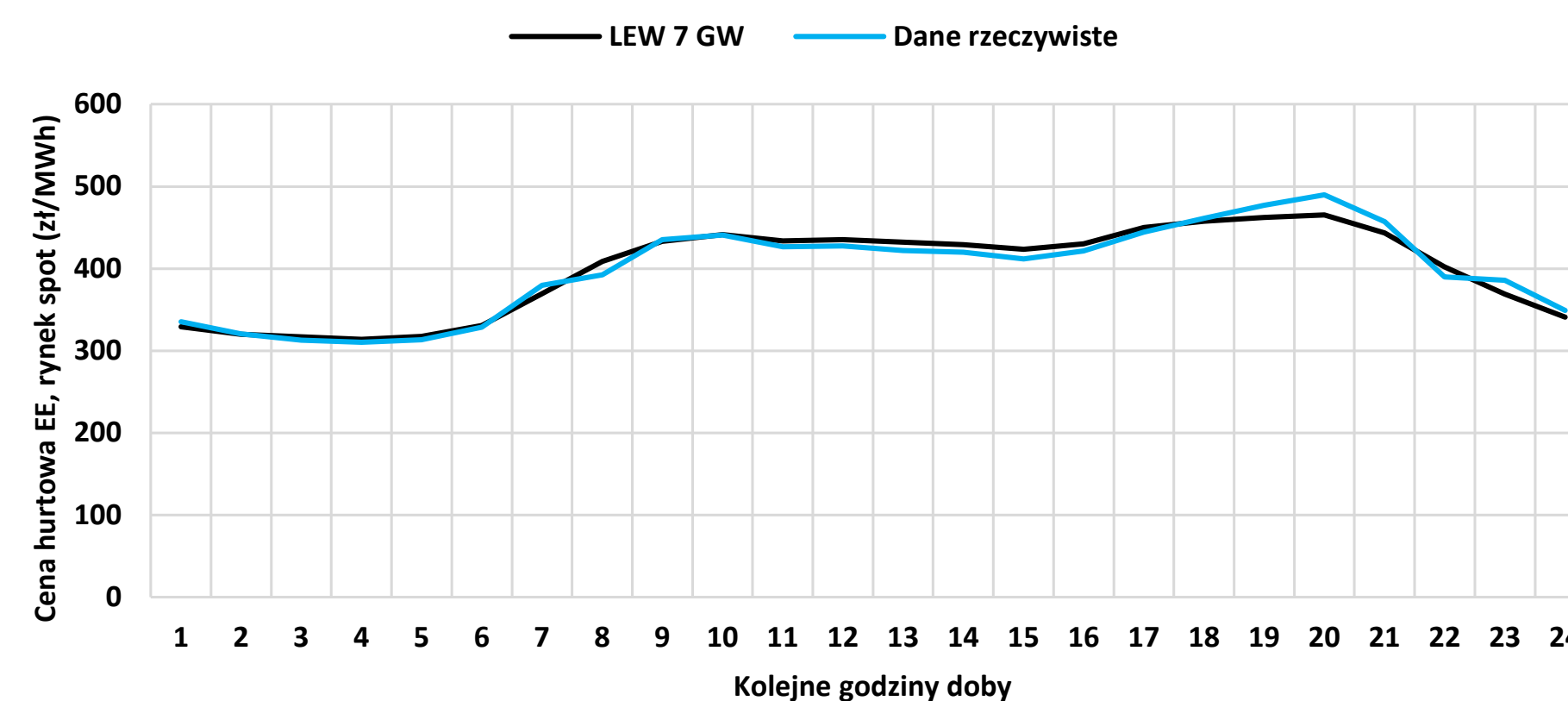
Załącznik: wyniki kalibracji modelu względem danych rzeczywistych

# Kalibracja wariantu LEW 7 GW do danych rzeczywistych za rok 2021

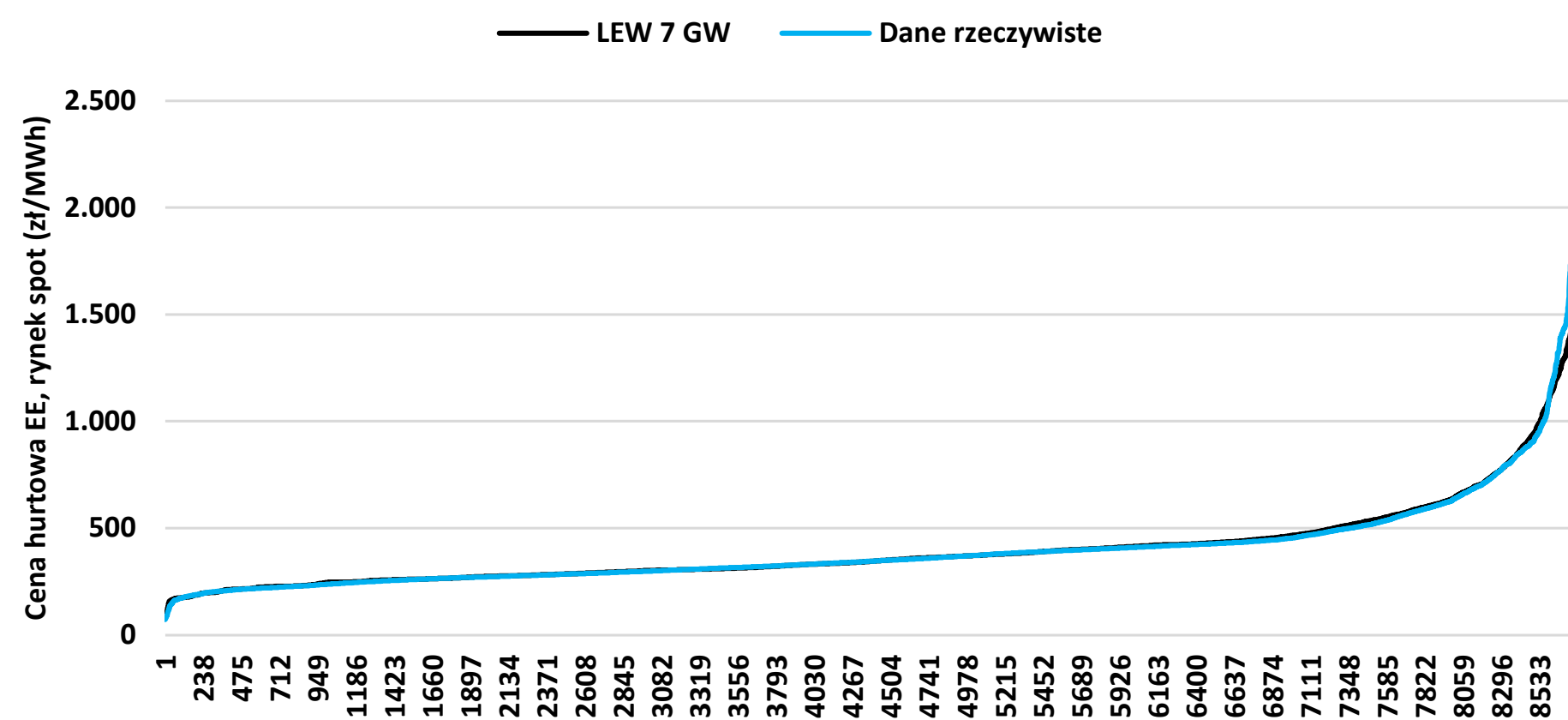
## Ceny średnioroczne



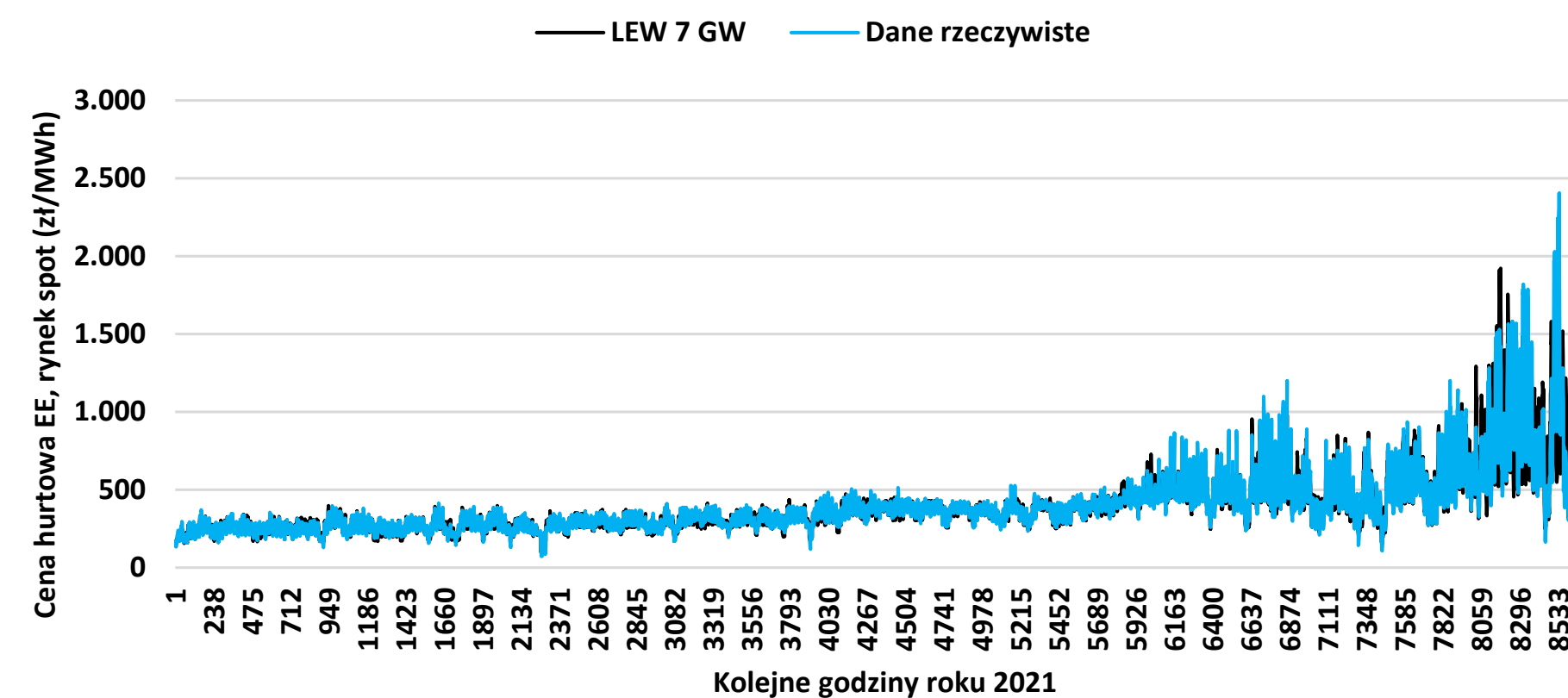
## Ceny średnioroczne w ujęciu godzinowym



## Uporządkowany wykres cen godzinowych (price duration curve)



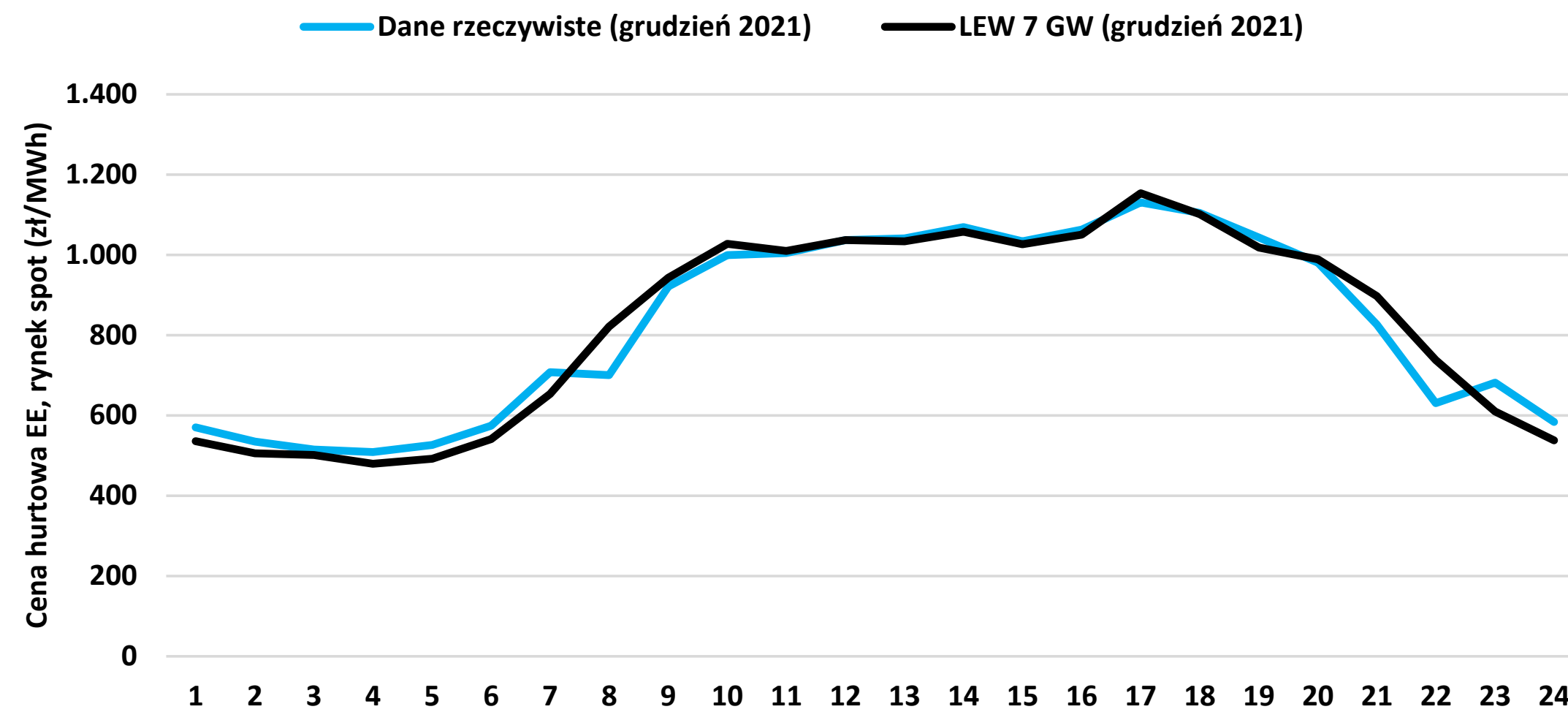
## Ceny godzinowe w ujęciu chronologicznym



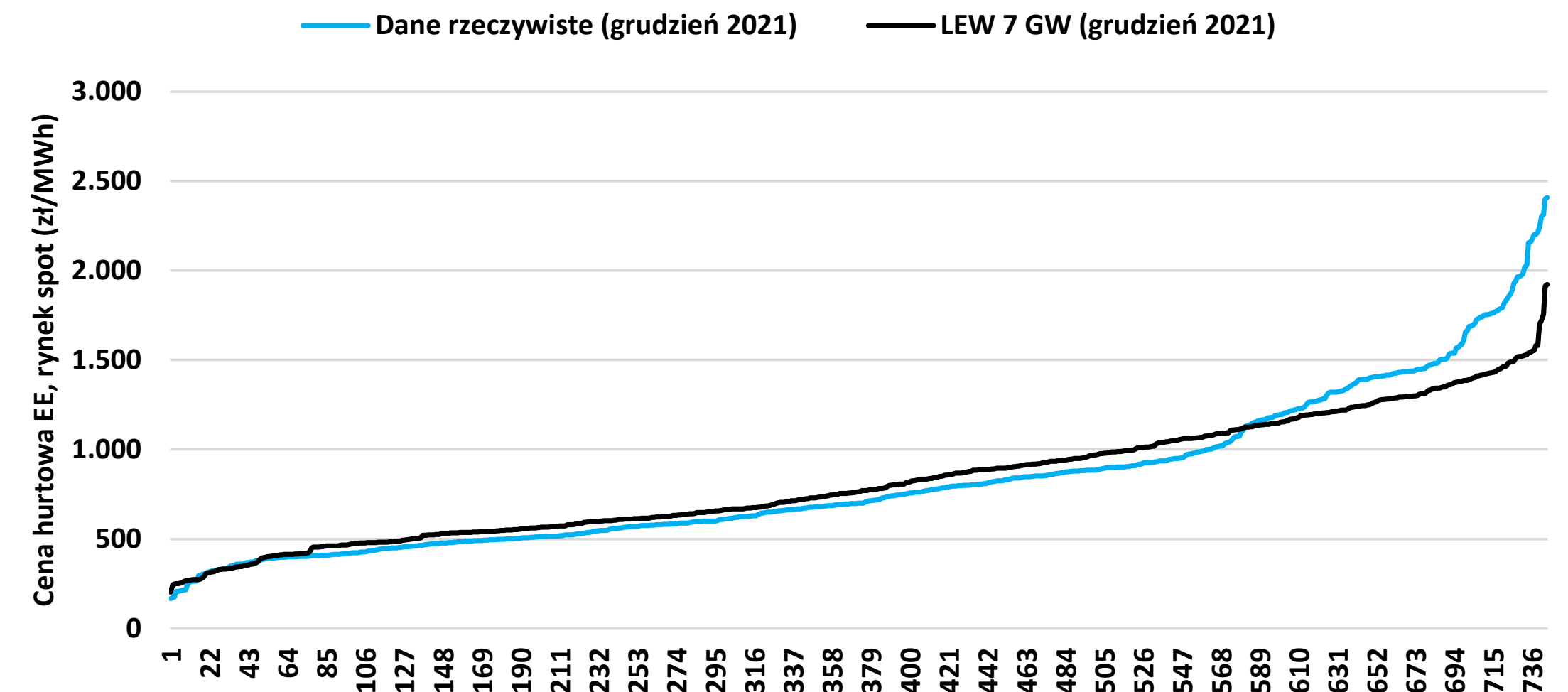


# Kalibracja wariantu LEW 7 GW do danych rzeczywistych za grudzień 2021

## Ceny średniomiesięczne w ujęciu godzinowym



## Uporządkowany wykres cen godzinowych (price duration curve)





Do zobaczenia za miesiąc!