



# Możliwość budowy elektrowni szczytowo- pompowych na terenach pogórnich - ESP Turów-Zatonie

Jarosław Kulpa

Michał Kopacz

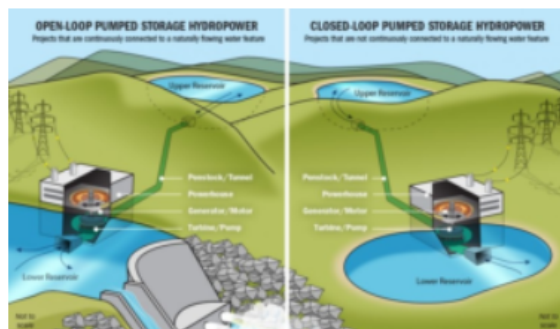
Piotr Olczak

Afiliacja: IGSMiE PAN

Zakopane - Kościelisko, 18 października 2023 r.



## Budowa elektrowni szczytowo-pompowej o mocy 700 MW w Rożnowie



Grupa Tauron planuje do 2027 roku wybudować nową elektrownię szczytowo-pompową o mocy 700 MW. Inwestycja, której koszt oszacowano na 6 mld zł, powstanie w Rożnowie (gm. Gródek n/d Dunajcem) nad Jeziorem Rożnowskim, niedaleko Nowego Sącza. Górny zbiornik ma mieć około 1000 m długości oraz od 320 do 560 m szerokości. Dolny zbiornik już istnieje, pełniąc głównie rolę ochrony przeciwpowodziowej. Planowana pojemność magazynu wyniesie 3 500 MWh, co przy mocy nominalnej 700 MW ma pozwolić na pracę obiektu

przez 5 godzin. Prezes spółki Tauron Paweł Szczeszek podkreśla, że tego typu inwestycje są koniecznością by zrealizować plan transformacji polskiej energetyki w kierunku neutralności klimatycznej. Planowana przez TAURON budowa elektrowni szczytowo-pompowej w Rożnowie jest odpowiedzią spółki na problem bilansowania produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych.



## Jest umowa na finansowanie budowy elektrowni szczytowo-pompowej Młoty



PGE i NFOŚ podpisały umowę ws. finansowania elektrowni szczytowo-pompowej Młoty

(fot. gkpgc.pl)

### PARTNERZY SERWISU



### REKLAMA



nowa  
**Energia** com.pl  
wortal energetyczny



News » Czy możliwa jest budowa elektrowni szczytowo-pompowej na terenach po wydobyciu węgla brunatnego?

Analiza zagrożeń, ograniczeń i korzyści

## Czy możliwa jest budowa elektrowni szczytowo-pompowej na terenach po wydobyciu węgla brunatnego? Analiza zagrożeń, ograniczeń i korzyści

17 LIP 2023 KOMENTARZE: 1



Idea elektrowni szczytowo-pompowej (ESP) jest stara, ma co najmniej kilkadziesiąt lat. Jednak obecne zupełnie nowe okoliczności związane z czasową nadprodukcją energii z OZE, sprawiają, że budowa tych kosztownych instalacji hydrotechnicznych coraz częściej staje się przedmiotem publicznej dyskusji. Elektrownie szczytowo pompowe budowano znacznie wcześniej zanim w systemach energetycznych pojawiły się duże nadwyżki energii i wynikająca stąd konieczność jej magazynowania.

Aktualnie w Polsce funkcjonuje zaledwie 5 takich instalacji, z czego najstarsza ESP Dychów na rzece Bóbr powstała jeszcze przed II Wojną Światową na terenach, które dopiero po wojnie znalazły się w granicach Polski. Pozostałe to obiekty mające po kilkadziesiąt lat (tab.1).



## PGE, Tauron i Orlen zbudują elektrownie szczytowo-pompowe?

#ELEKTROWNIE SZCZYTOWO-POMPOWE

#MAGAZYNOWANIE ENERGII

#MAGAZYNY ENERGII

#OZE

Tomasz Elżbieciak, Bartłomiej Derski

13.02.2023

Lubię to! 45



Po kilku dekadach Polska ma wrócić do budowy wielkoskalowych magazynów energii, którymi w praktyce są elektrownie szczytowo-pompowe. Będzie to jednak duże wyzwanie organizacyjne i finansowe, dlatego do przedstawianych obecnie harmonogramów inwestycji należy podchodzić z umiarkowanym optymizmem.



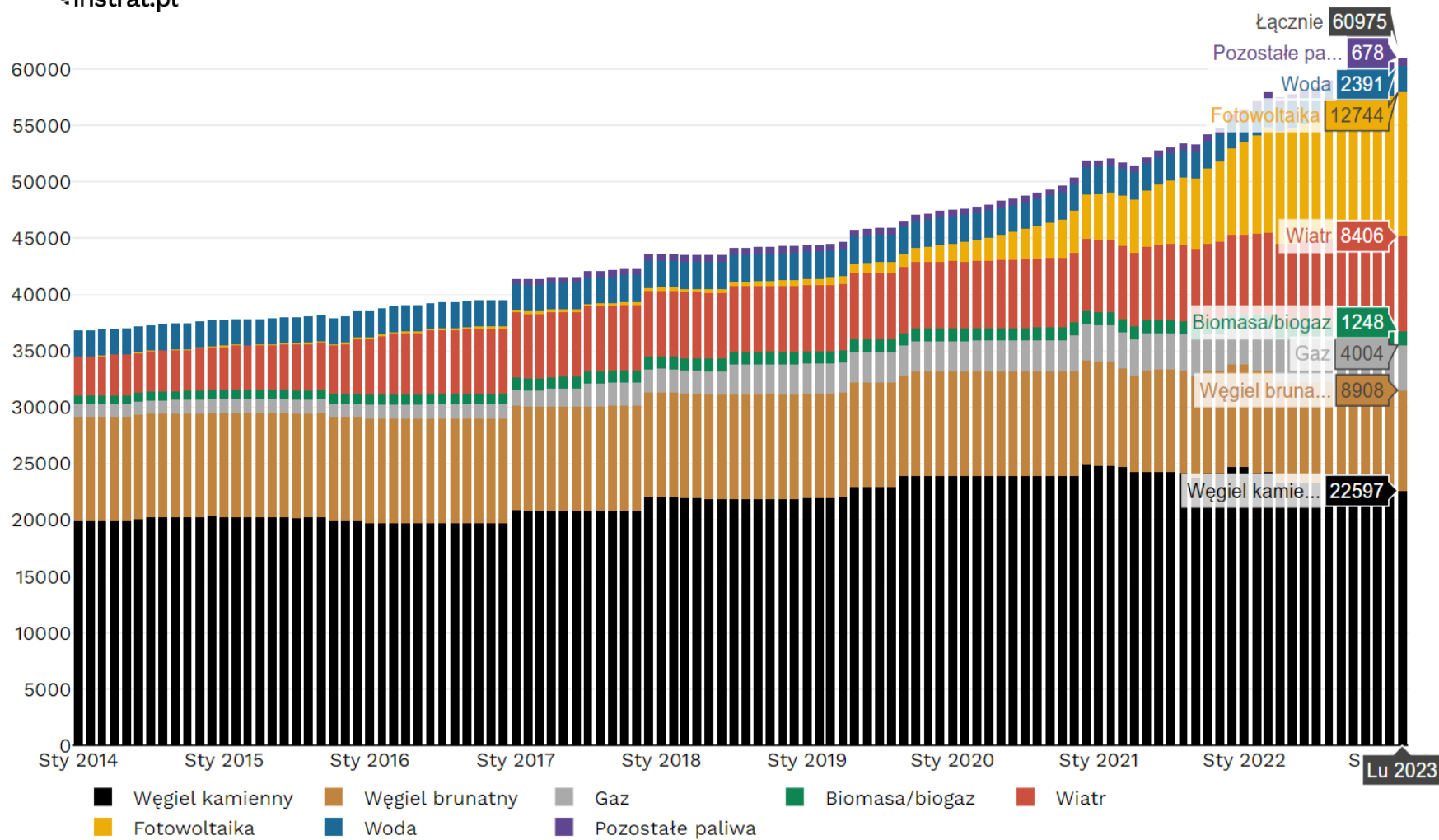


# Wprowadzenie

6 / 28



Moc zainstalowana [MW]

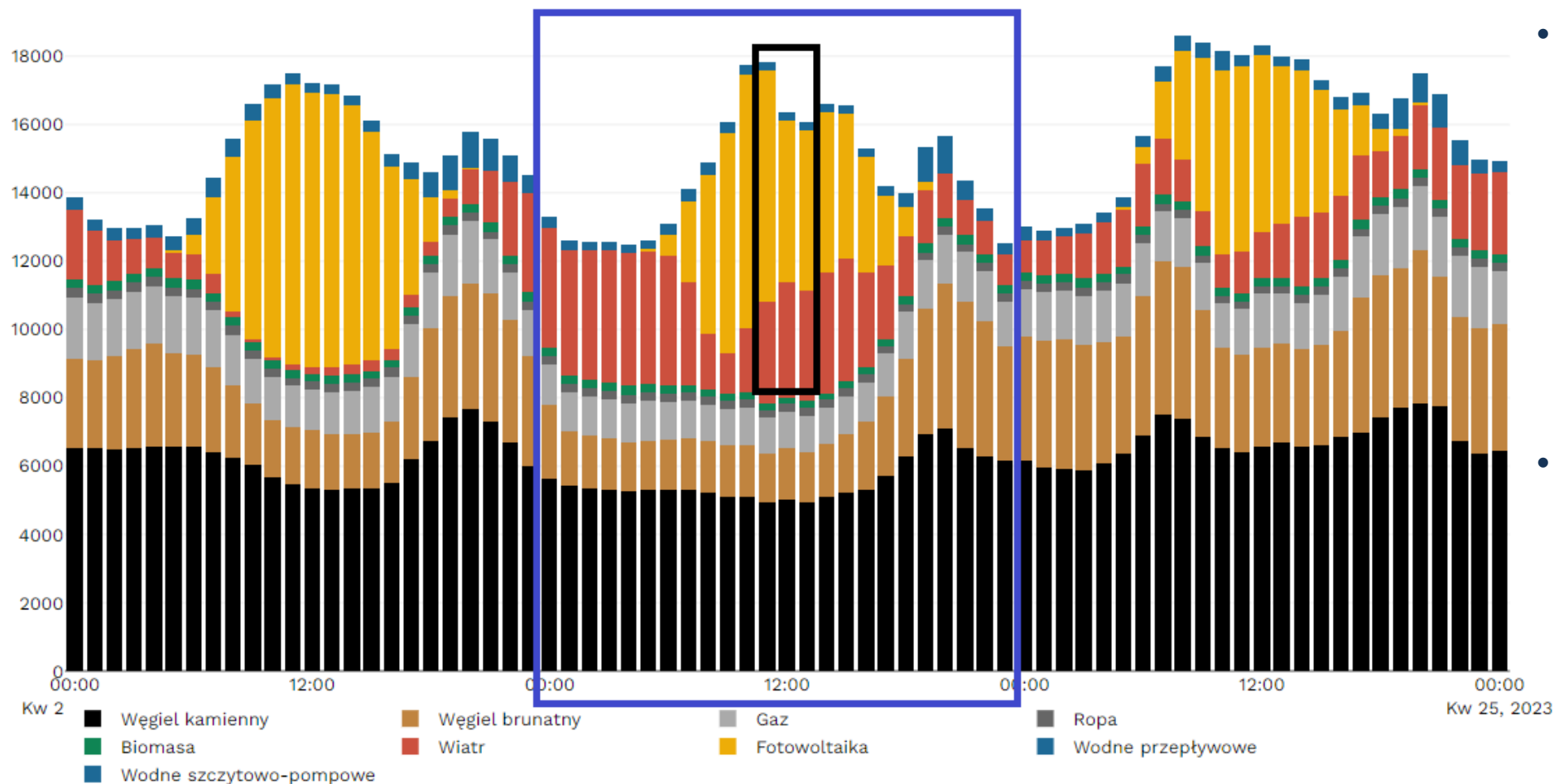


- Łączna moc zainstalowana wszystkich źródeł energii elektrycznej w Polsce wynosi ponad 63 GW (stan na VI 23')
- z tego **25,4 GW** to odnawialne źródła energii (40%).



# Wprowadzenie

7 / 28



Źródło: wykres energy.instrat.pl, dane z entsoe & ARE

- 23 kwietnia br. PSE poleciło redukcję generacji źródeł fotowoltaicznych przyłączonych do sieci przesyłowej oraz sieci średniego napięcia o łącznej mocy **ok. 2,2 GW.**
- „2 lipca 2023 r. w godzinach od 11 do 17 w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym wystąpiła nadwyżka podaży energii elektrycznej ponad zapotrzebowanie.”

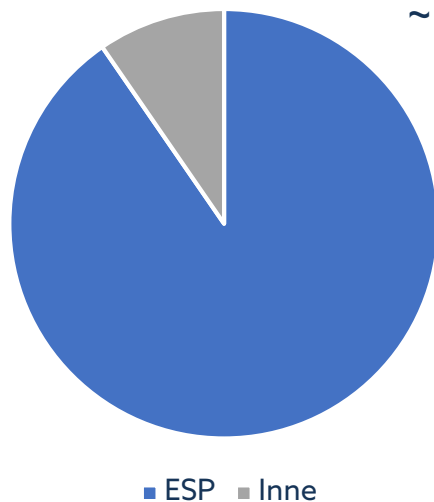


# Magazynowanie energii - technologie

8 / 28

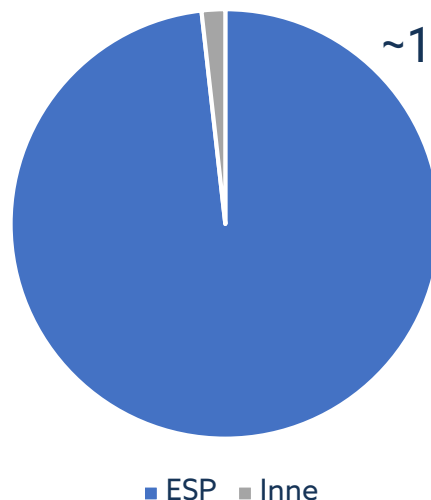
Moc zainstalowana - Świat

~178 GW



Moc zainstalowana - Polska

~1,8 GW



- Całkowita moc zainstalowana w ESP wyniosła w 2021 r. około **160 GW** (przy pojemności ok. 8500 GWh), co stanowi ponad 90% całkowitego światowego wolumenu magazynowej energii elektrycznej.
- Na drugim miejscu znajdują się akumulatory litowo-jonowe, gdzie ich całkowita zainstalowana pojemność wyniosła blisko **16 GW** na koniec 2021 r., z czego większość została oddana do użycia w ciągu ostatnich pięciu lat.
- Obecnie najwięcej zainstalowanej mocy w magazynach energii elektrycznej na terytorium Polski przypada na elektrownie szczytowo-pompowe (**1767,6 MW**). Łączna moc zainstalowana w stacjonarnych bateryjnych magazynach energii wynosi obecnie ok. **32 MW**.

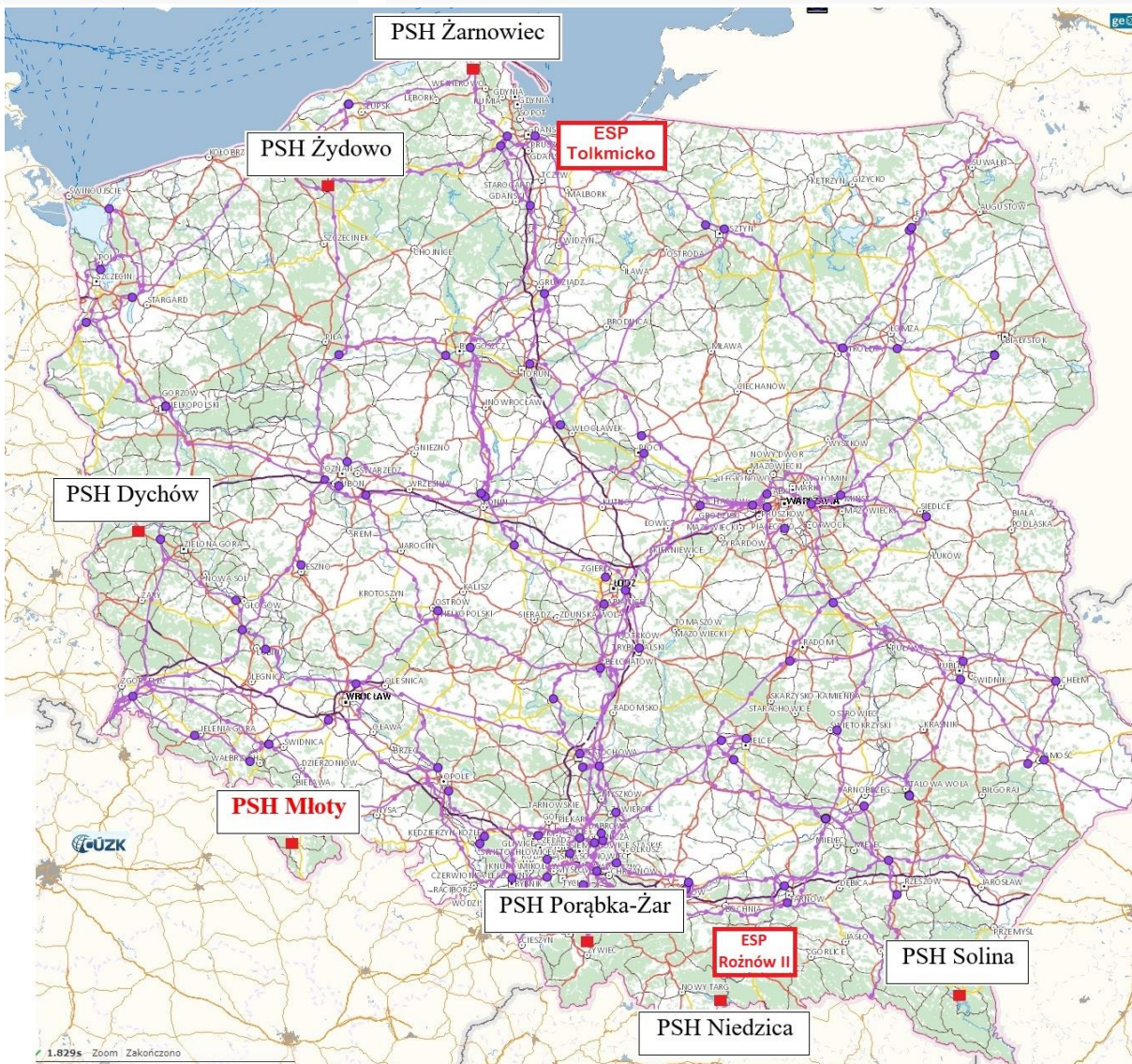
Źródło: <https://www.iea.org/reports/grid-scale-storage>;  
<https://www.gov.pl/web/klimat/moc-zainstalowana-w-magazynach-energii>





# Lokalizacja inwestycji

9 / 28



## ESP Młoty

- Moc zainstalowana: ponad **1 000 MW**
- Pojemność: **4 000 MWh**
- Zbiornik Dolny: Zbiornik na Bystrzycy

## ESP Rożnów II

- Moc zainstalowana: **700 MW**
- Pojemność: **3 500 MWh**
- Zbiornik Dolny: Jezioro Rożnowskie

## ESP Tolkmicko

- Moc zainstalowana: **1 040 MW**
- Pojemność: **12 000 MWh**
- Zbiornik Dolny: Zalew Wiślany



## Proponowane warianty inwestycji

10 / 28

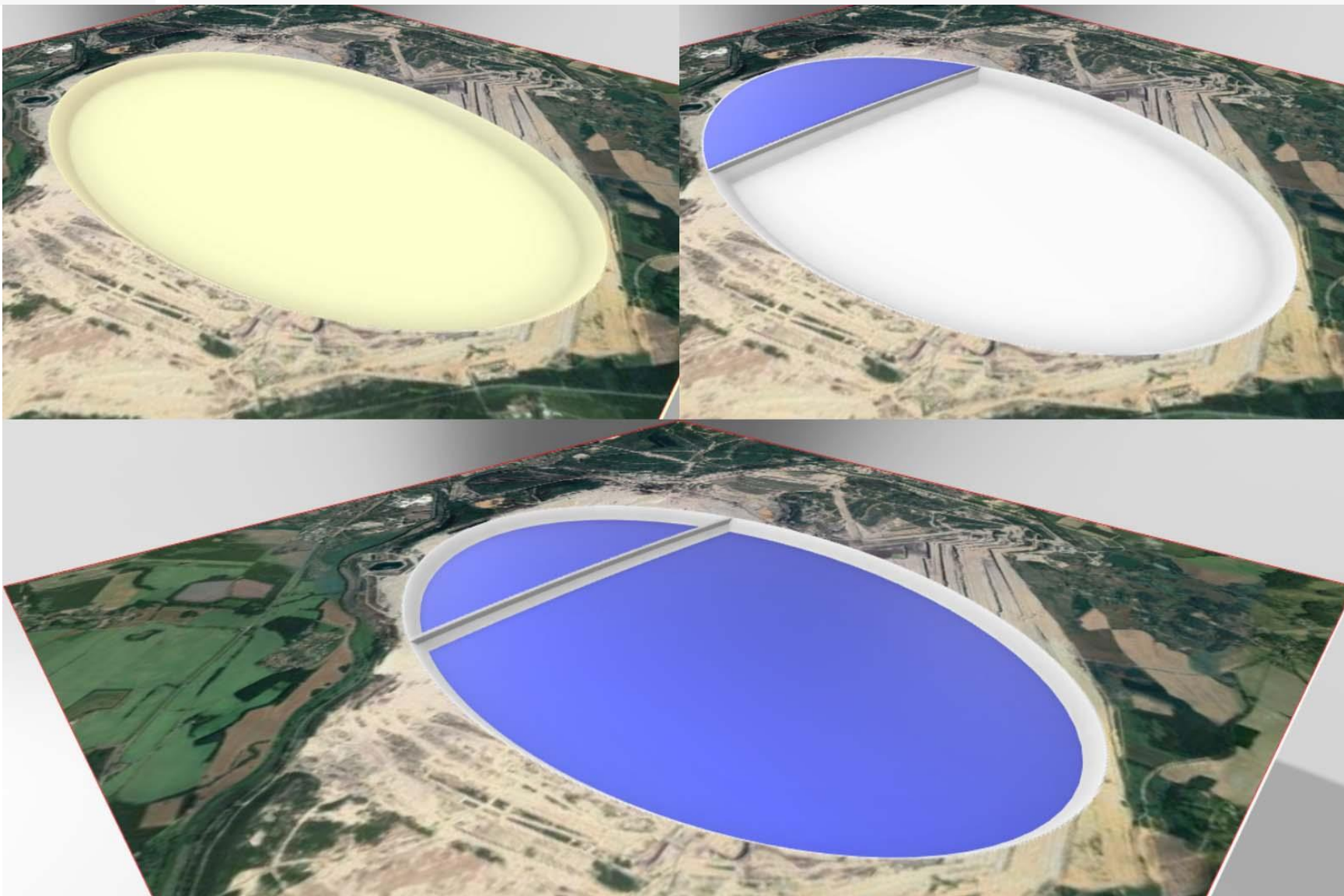
- Wykorzystanie odkrywki w Turowie dla potrzeb ESP zaproponowali autorzy (Opyrchał i Bąk, 2022). Analiza ta opiera się na założeniu budowy zbiornika górnego o pojemności **197,3 mln m<sup>3</sup>** zlokalizowanego na zwałowisku zewnętrznym i pojemności magazynu rzędu **137 GWh** przy wykorzystaniu zalanego wyrobiska jako zbiornika dolnego.
- Wykorzystanie samego wyrobiska opisali autorzy (Pawlak i in., 2020), gdzie nie założono wykorzystania zwałowiska zewnętrznego jako zbiornika górnego elektrowni. Koncepcja ta opiera się na wybudowaniu wewnątrz wyrobiska zbiornika podzielonego tamą na dwie części (1/3 i 2/3 zbiornika). Pozwoliło by to wg autorów na generację energii elektrycznej o dużej mocy **2,3 GW przez 66 h**.





# Proponowane warianty inwestycji

11 / 28

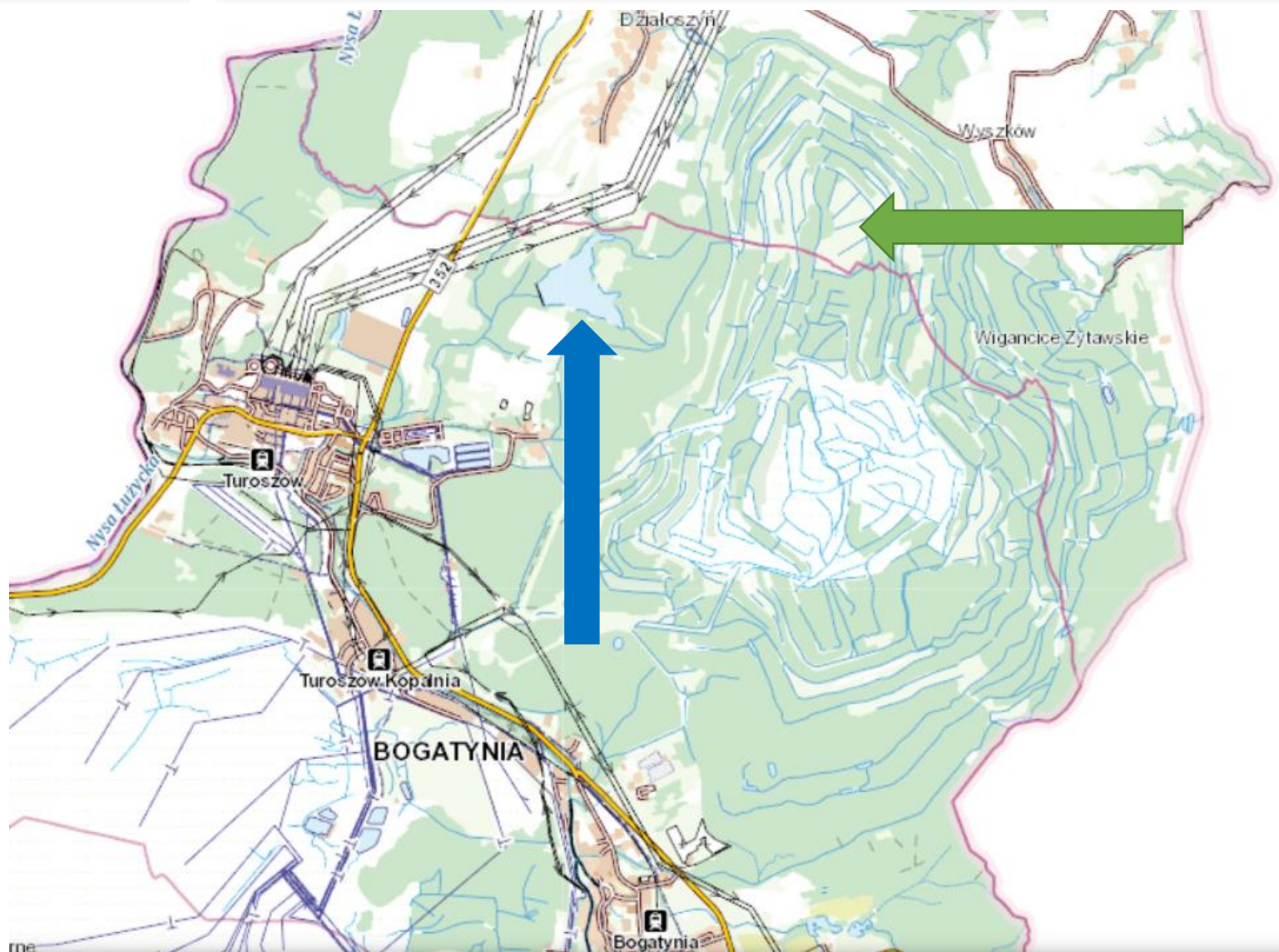


Źródło: Pawlak, K. (KIKE), Paska, J. (KIKE), Węgrzyn, A. (IETU), 2020. Analiza porównawcza możliwości zastąpienia konwencjonalnych źródeł energii źródłami OZE, na potrzeby transformacji energetycznej w ramach łuzickiego zielonego ładu.



# Lokalizacja inwestycji

12 / 28



Odpowiedzią na te koncepcje, jednakowo nie wykluczając ich w przyszłości jest budowa mniejszej elektrowni szczytowo-pompowej przy wykorzystaniu istniejącego zbiornika retencyjnego Zatonie, wykorzystywanego obecnie do rezerwowego zaopatrzenia w wodę Elektrowni „Turów”. Zapora na zbiorniku powstała w 1968 r., jego użyteczna pojemność wynosi  **$V = 2 \text{ mln m}^3$** .





## Założenia do inwestycji

13 / 28



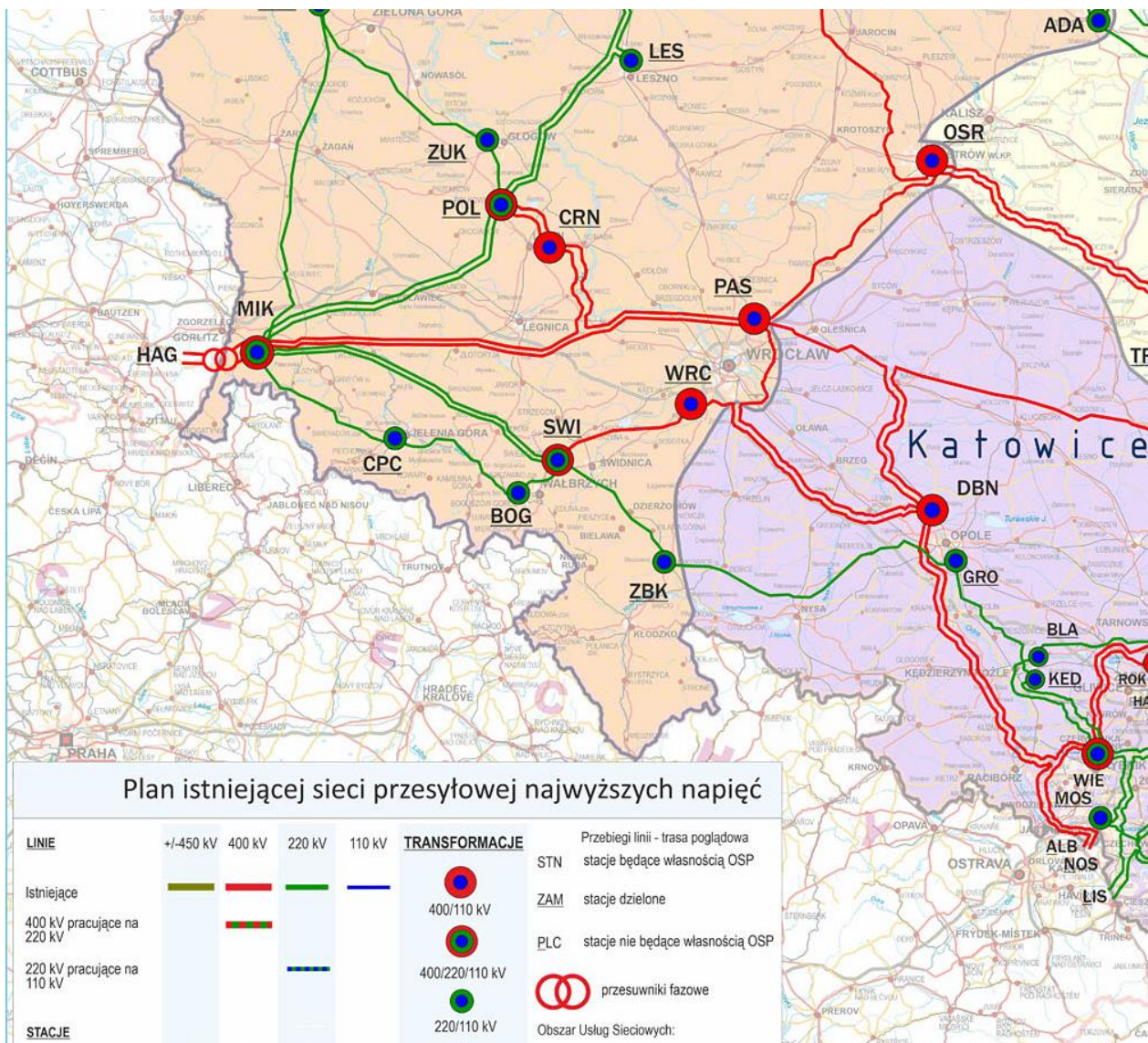
- Tak wykonany zbiornik pozwoli na magazynowanie ponad **2 mln m<sup>3</sup>** wody i tę wielkość założono jako objętość użyteczna zbiornika górnego.
- Różnica wysokości pomiędzy zbiornikami wynosi **171,75 m**
- Dla tak przyjętych założeń energia potencjalna wody zgromadzona w górnym zbiorniku wynosi **3,37 · 10<sup>12</sup> J = 936 MWh**.
- Przy sprawności całego cyklu elektrowni na poziomie 81% pojemność użytkowa tego typu magazynu energii wyniesie **840 MWh**.

Proponowana elektrownia była by typowa elektrownia typu brzegowego (podobnie jak ESP Żarnowiec) o mocy **168 MW** co pozwoliło by na pracę przy pełnym obciążeniu przez **5 godzin**. Założono wyposażenie jej w trzy odwracalne turbiny Francisa o mocy ok. 54 MW w fazie generacji oraz ok. 60 MW w fazie pompowania.





# Lokalizacja inwestycji



- Aktualny układ sieci przesyłowej w województwie dolnośląskim, w rejonie „worka turoszowskiego” pozwala na wyprowadzenie/doprowadzenie mocy z/do elektrowni.
- PSE planują wprowadzić w nowej edycji planu rozwoju na lata 2023-2032 dodatkową inwestycję związaną z budową linii 400 kV Świebodzice – Ząbkowice – Dobrzeń wraz z rozbudową stacji 220/110 kV Ząbkowice o rozdzielnię 400 kV.
- Inwestycja ta zapewni odpowiednie zdolności przesyłowe, warto też wspomnieć, że była już wcześniej rozważana przez PSE, m.in. z uwagi na poprawę warunków pracy sieci przesyłowej na tym obszarze Polski.

Źródło: *Rola elektrowni szczytowo-pompowych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym: uwarunkowania i kierunki rozwoju*, 2022)  
<https://www.pse.pl/obszary-dzialalnosci/krajowy-system-elektroenergetyczny/plan-sieci-elektroenergetycznej-najwyzszych-napiec/istniejaca>





# Istniejące ESP w Polsce

15 / 28

Nazwa ESP	<b>Żarnowiec</b>
Lokalizacja (województwo)	Czymanowo (pomorskie)
Pojemność, MWh	3 800
Moc zainstalowana, MW	780
Ilość hydrozespołów	4
Generacja w 2021, MWh	<b>425 433</b>
Pompowanie w 2021, MWh	612 378
Roczna sprawność, %	<b>69,47</b>



Źródło: <https://pgeeo.pl/Nasze-objekty/Elektrownie-wodne/Zarnowiec>



# Istniejące ESP w Polsce

16 / 28

Nazwa ESP	<b>Porąbka-Żar</b>
Lokalizacja (województwo)	Międzybrodzie Żywieckie (śląskie)
Pojemność, MWh	2 015
Moc zainstalowana, MW	552
Ilość hydrozespołów	4
Generacja w 2021, MWh	<b>272 618</b>
Pompowanie w 2021, MWh	359 193
Roczna sprawność, %	<b>75,90</b>



Źródło: <https://pgeeo.pl/Nasze-objekty/Elektrownie-wodne/Zar>





# Istniejące ESP w Polsce

17 / 28

Nazwa ESP	<b>Żydowo</b>
Lokalizacja (województwo)	Żydowo (zachodnio-pomorskie)
Pojemność, MWh	687
Moc zainstalowana, MW	165
Ilość hydrozespołów	3
Generacja w 2021, MWh	<b>68 533</b>
Pompowanie w 2021, MWh	92 824
Roczna sprawność, %	<b>73,83</b>



Źródło: <https://energa-wytwarzanie.pl/obiekty/elektrownie-wodne-duze/20062/esp-zydowo>





# Istniejące ESP w Polsce

18 / 28

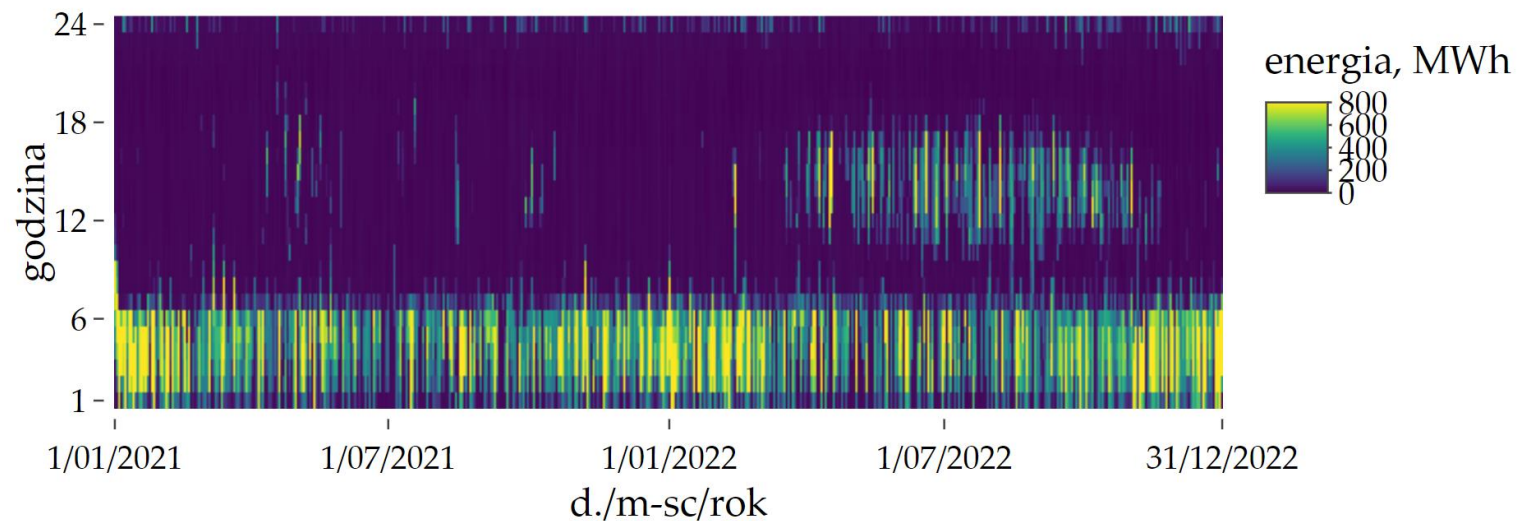
Nazwa ESP	Żarnowiec	Porąbka-Zar	Żydowo
Lokalizacja (województwo)	Czymanowo (pomorskie)	Międzybrodzie Żywieckie (śląskie)	Żydowo (zachodnio-pomorskie)
Pojemność, MWh	3 800	2 015	687
Moc zainstalowana, MW	780	552	165
Ilość hydrozespołów	4	4	3
Generacja w 2021, MWh	<b>425 433</b>	<b>272 618</b>	<b>68 533</b>
Pompowanie w 2021, MWh	612 378	359 193	92 824
Roczna sprawność, %	<b>69,47</b>	<b>75,90</b>	<b>73,83</b>



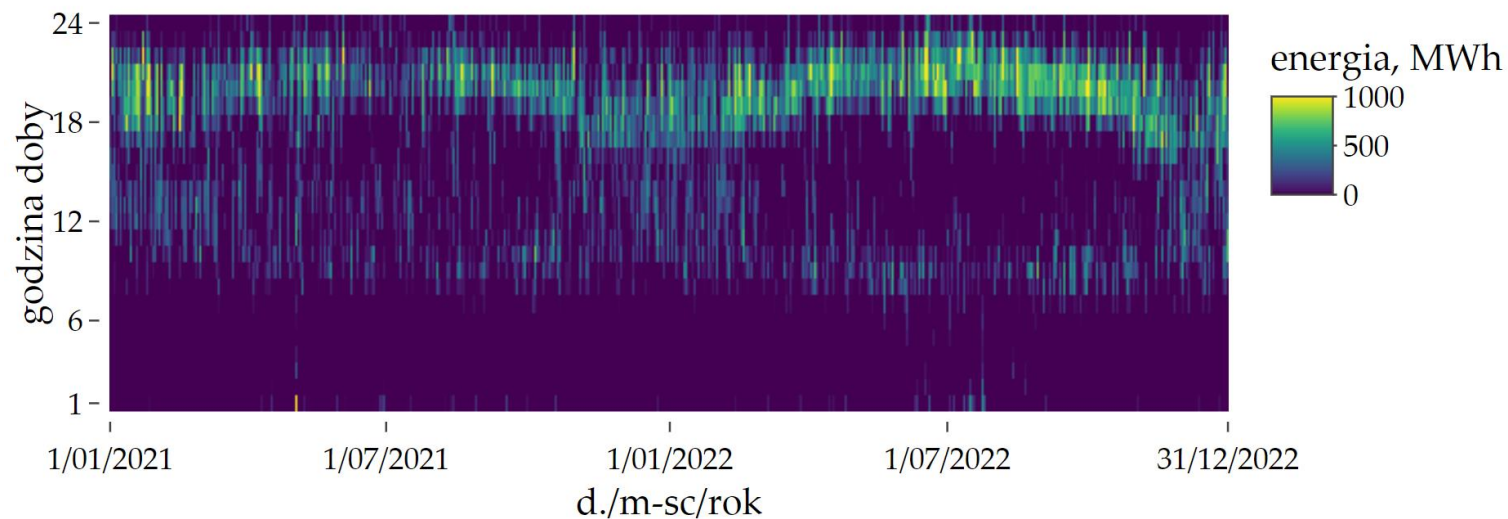


# Istniejące ESP w Polsce

19 / 28



Rozkład wolumenów zużytej energii elektrycznej dla fazy pompowania ( $EC_3$ ) trzech działających w Polsce ESP



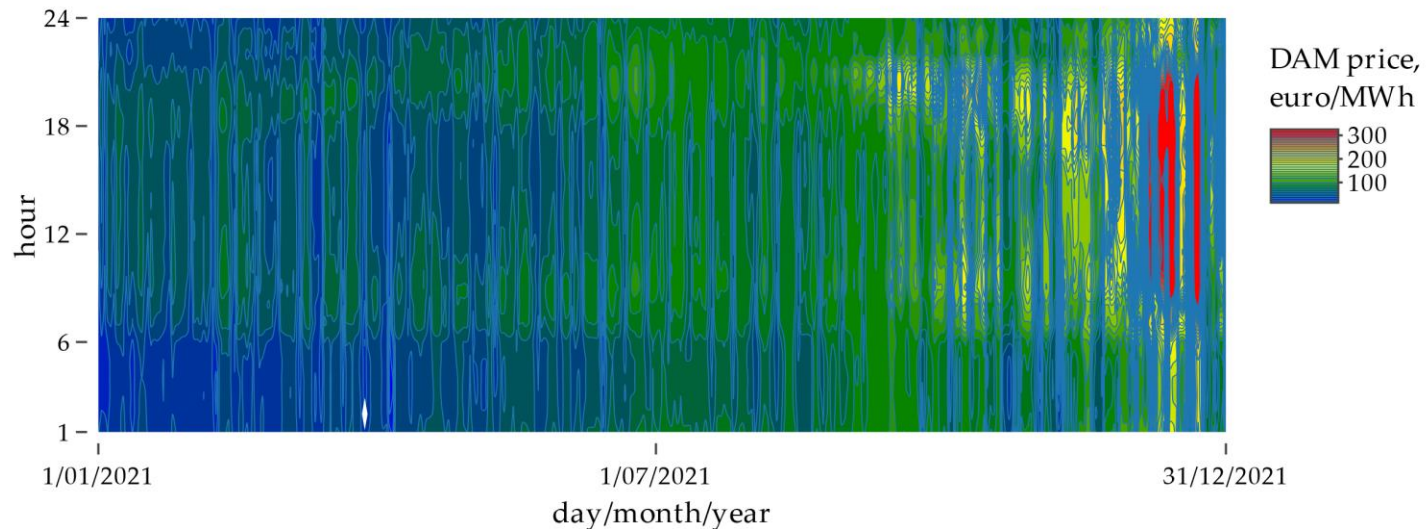
Rozkład wolumenów oddawanej energii elektrycznej dla fazy generacji ( $EG_3$ ) trzech działających w Polsce ESP



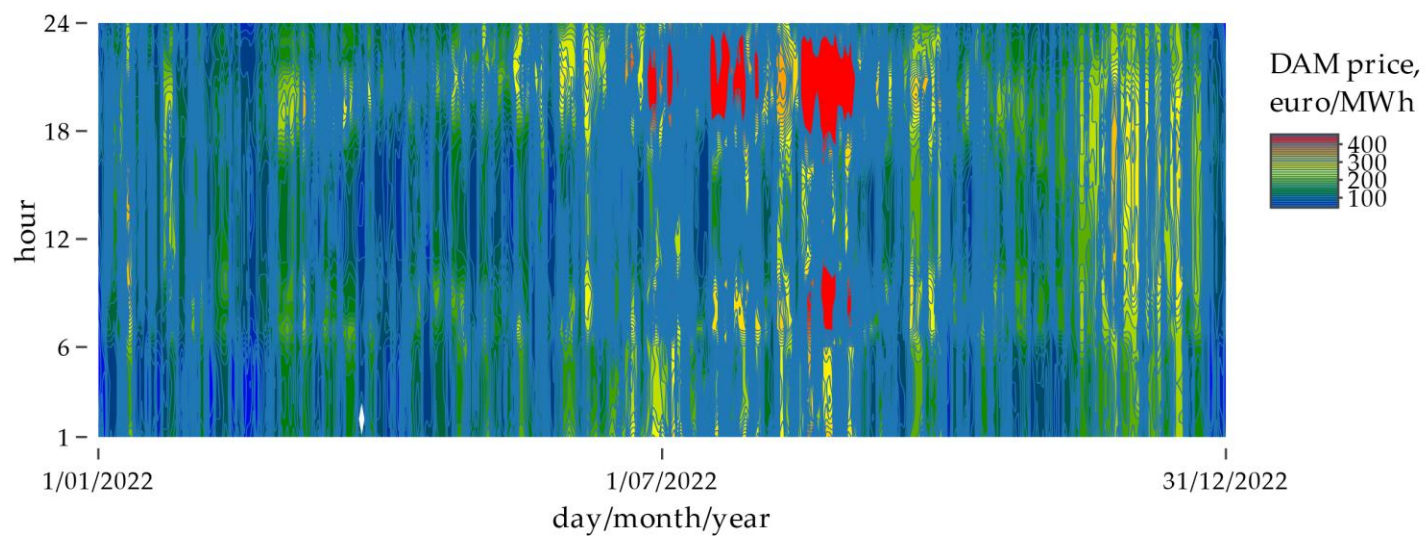


# Istniejące ESP w Polsce

20 / 28



Rozkład cen energii elektrycznej na rynku dnia następnego w 2021 roku.



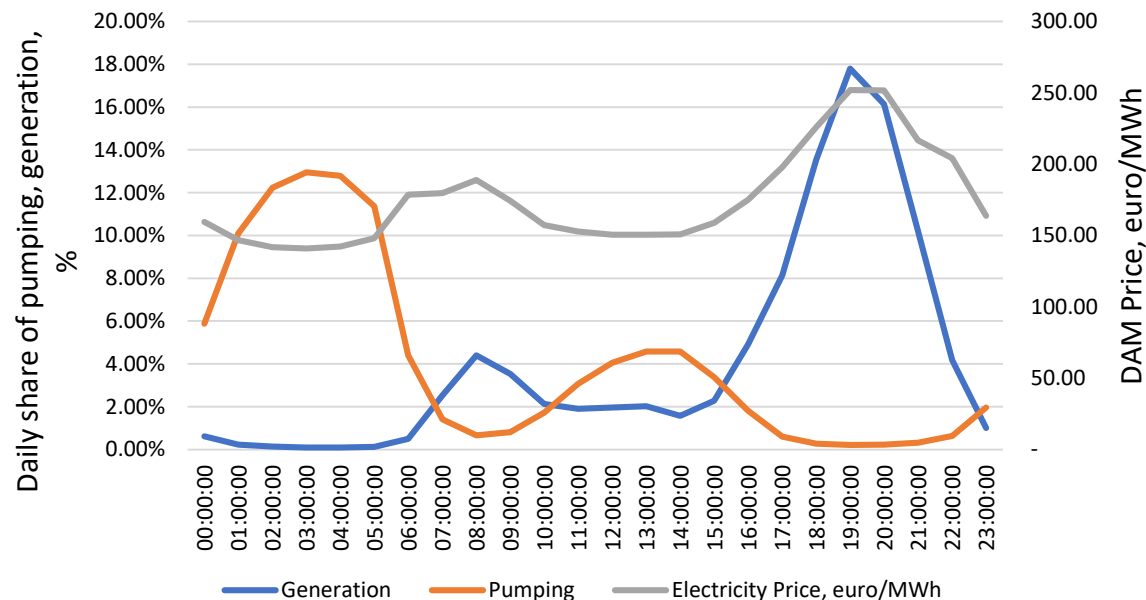
Rozkład cen energii elektrycznej na rynku dnia następnego w 2022 roku.



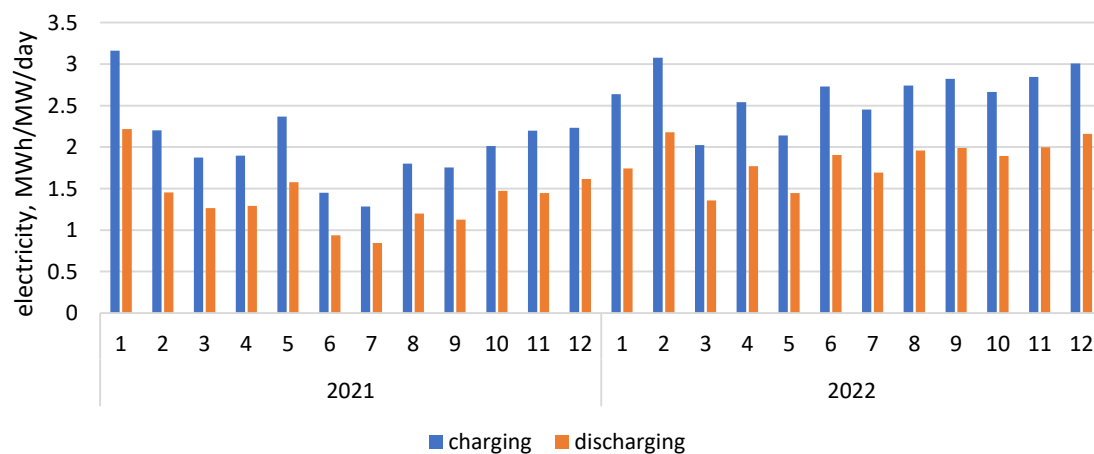


# Istniejące ESP w Polsce

21 / 28



Udział pompowań i generacji na tle średnich godzinowych cen energii dla ESP Żarnowiec, Porąbka-Żar i Żydowo w 2022 roku.



Średnia dzienna produktywność (czas pracy) dla pompowań i generacji w skali poszczególnych miesięcy dla ESP Żarnowiec, Porąbka-Żar i Żydowo za lata 2021-2022.



- Okres istnienia: **40 lat (szczegółowy okres prognozy 20 lat, w późniejszych okresach - szacowanie Terminal Value)**
- Technika / metoda oceny: **symulacja Monte Carlo.**
- Metoda oceny efektywności ekonomicznej: **NPV i IRR.**
- Techniki symulacyjne: **rozkłady typu Ogive oraz kopuły empiryczne dla obrazowania danych w środowisku komputerowym.**
- **Scenariusz bazowy: 85% przychodów z Towarowej Giełdy Energii (TGE) oraz 100% z Rynku Mocy.**



- **Nakłady inwestycyjne blisko 384 mln €, w tym:**

- Zabudowa niezbędnej infrastruktury elektrowni: **323 mln €**,
- Nakłady kapitałowe odtworzeniowe: **29 mln €**,
- Rezerwą na nieprzewidziane wydatki i ewentualny wzrost cen: **32 mln €**,
- Kapitał obrotowy netto: funkcja cykli.

- **Koszty operacyjne:**

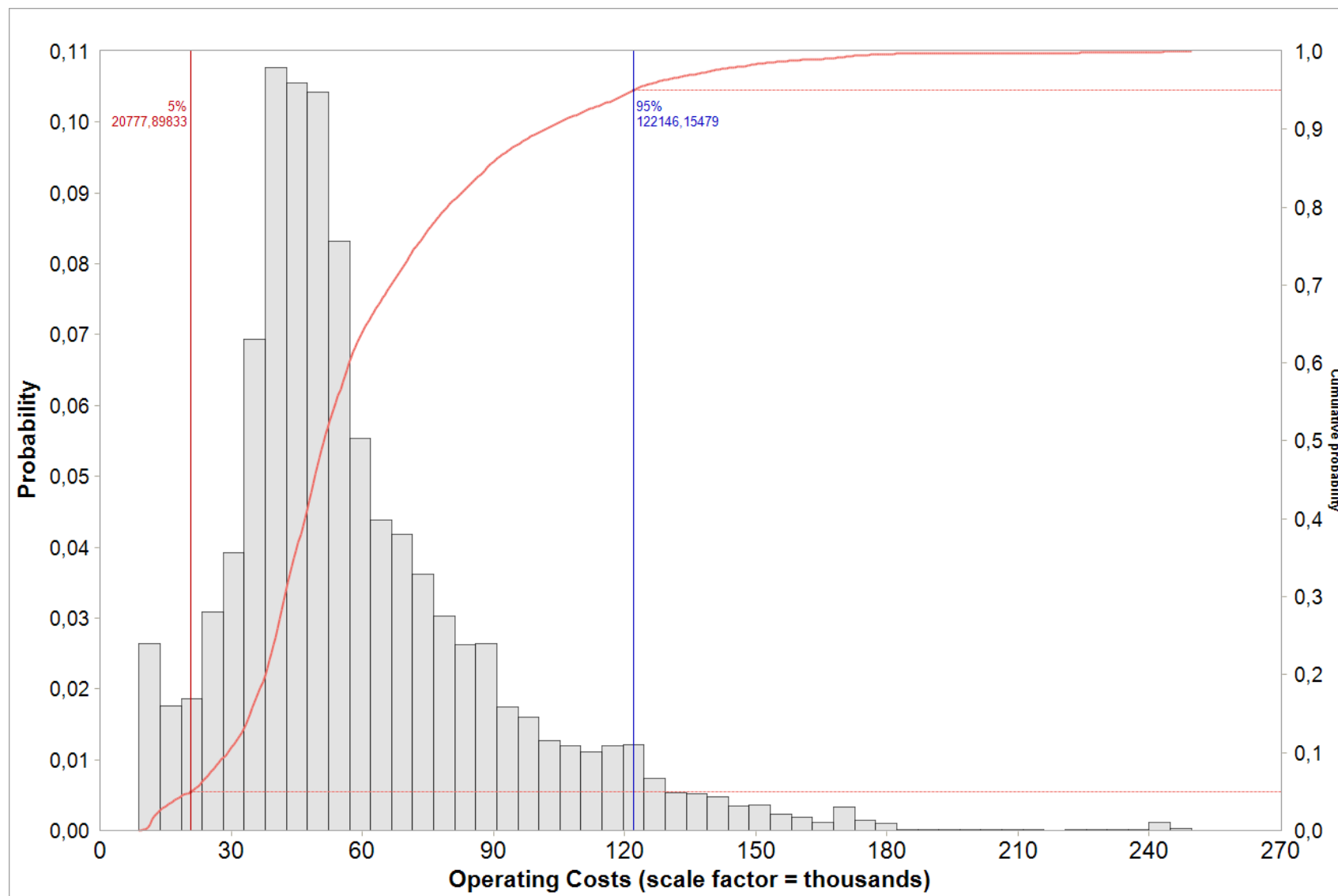
- Koszty zakupu energii elektrycznej na pompowanie wody do zbiornika górnego liczone na bazie rozkładu godzinowego pracy pomp [**MWh**], ceny energii elektrycznej [**€/MWh**],
- Pozostałe koszty zmienne liczone jako iloczyn obciążenie rzędu **0,6 €/MWh**.



# Ocena efektywności ekonomicznej ESP „Turów-Zatonie” - Założenia - KOSZTY

24 / 28

- Rozkład rocznych kosztów (MEuro):
- Wartości kosztów dla zakresu 0-90%: **21-122,**
- Wartość średnia: **59.**

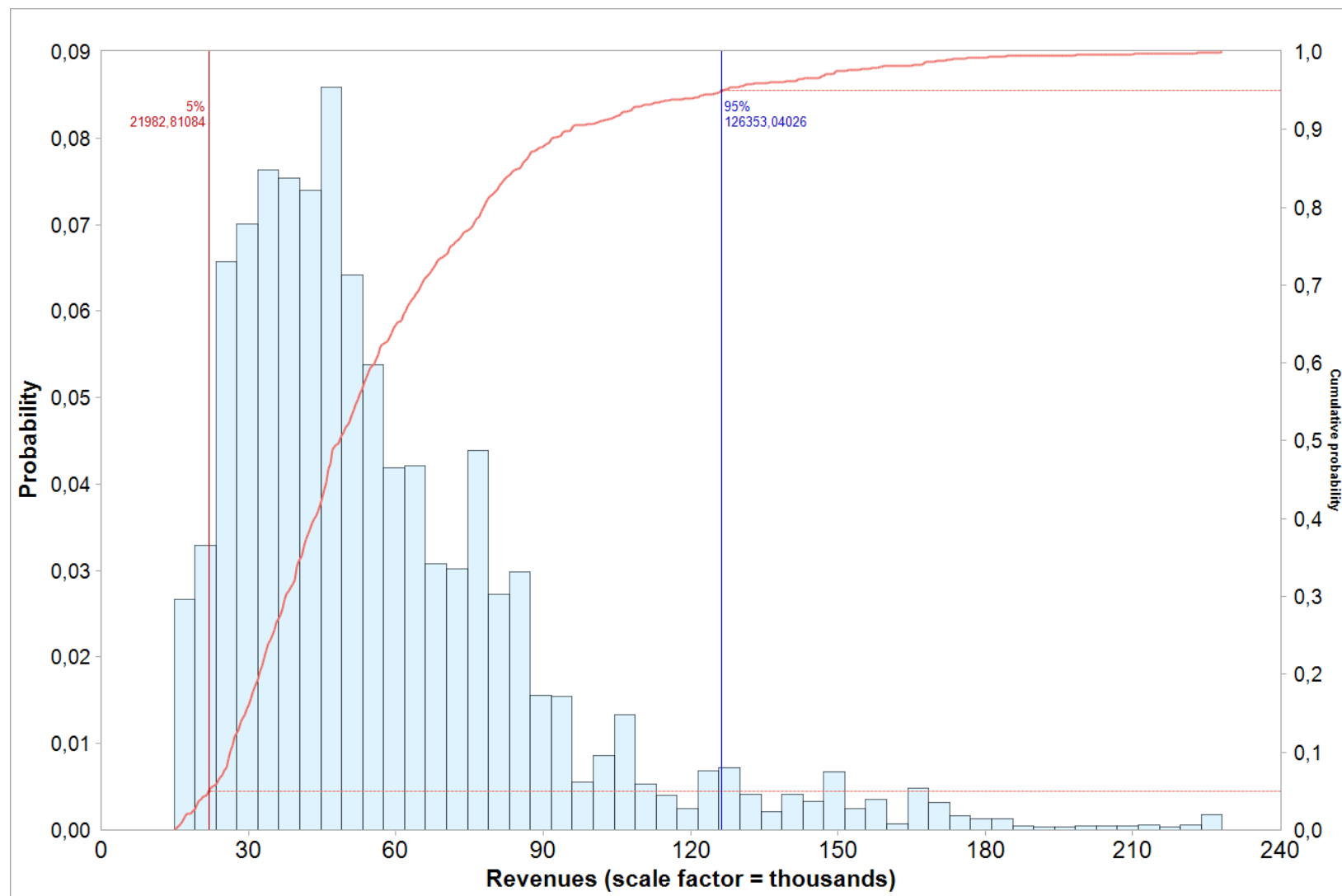




# Ocena efektywności ekonomicznej ESP „Turów-Zatonie” - Założenia - PRZYCHODY

25 / 28

- Rozkład rocznych przychodów (MEuro):
- Wartości przychodów dla zakresu 0-90%: **22-126,**
- Wartość średnia: **59.**



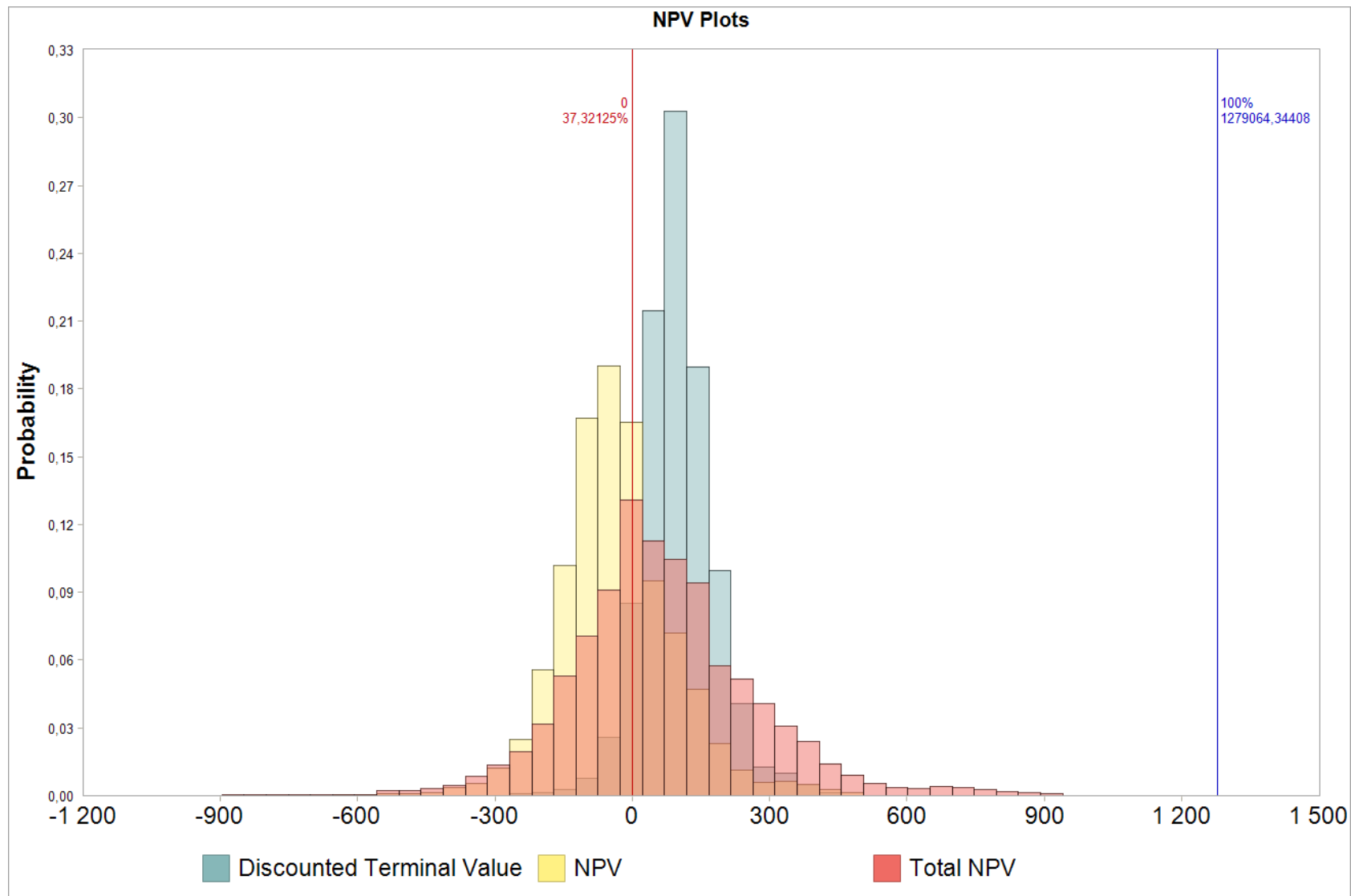


# Ocena efektywności ekonomicznej ESP „Turów-Zatonie” - Wyniki: Rozkład NPV

26 / 28

Całkowita wartość oczekiwana Total NPV (suma NPV oraz TV) wyniosła **65 mln Euro**, przy czym wartość NPV w okresie do 20 roku analizy była ujemna i wyniosła -35 mln Euro, a wartość zaktualizowana TV została oszacowana przy stopie dyskonta 8% na 100 mln zł.

Prawdopodobieństwo realizacji wartości Total NPV > 0 wyniosło **63%**.





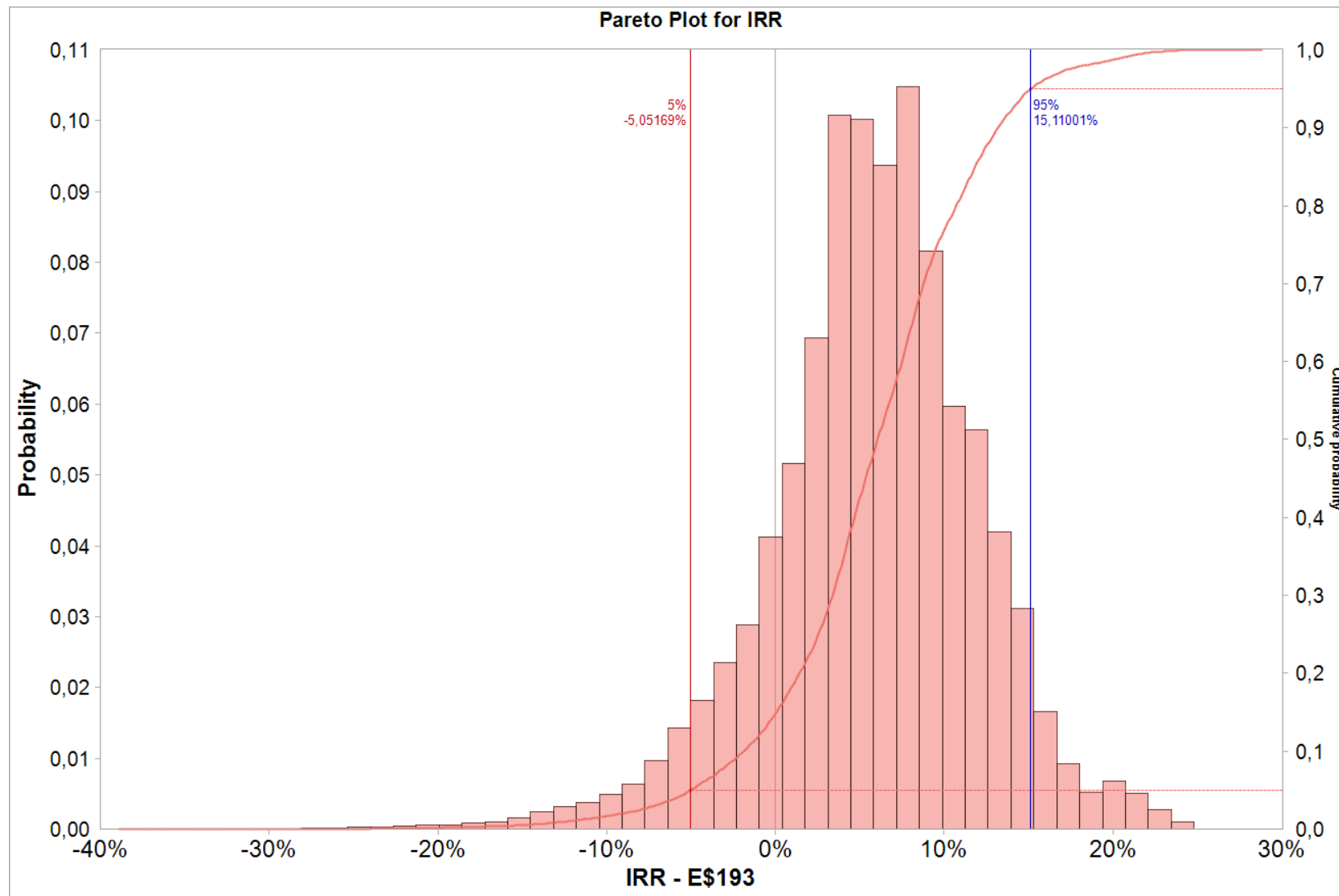


# Ocena efektywności ekonomicznej ESP „Turów-Zatonie” – Wyniki: Rozkład IRR

27 / 28

Oczekiwana wartość wewnętrznej stopy zwrotu ukształtowała się na **5,8%** (przy stopie dyskontowej 8%).

W 90% przedziale ufności dla IRR mieszczą się w obserwacje dla zakresu wartości **0-15,1%**. Rozkład cechuje lewostronna asymetria.





- Decyzja inwestycyjna jest zatem niejednoznaczna. Przy IRR niższym od stopy dyskonta, NPV ujemnym w pierwszym okresie analizy i znacząco dodatnim w drugim, celem rozjaśnienia zaistniałych wątpliwości należałoby rozważyć ocenę przedsięwzięcia w metodzie opcji rzeczowych i/lub
- Należałoby zoptymalizować założenia inwestycyjne dla odmiennych założeń, co do skali i modelu biznesowego funkcjonowania tej elektrowni (np. poprzez zabudowę własnego - odnawialnego źródła energii).
- Z tym zagadnieniem związany jest także kierunek dalszych badań tj. **wpływ zwiększania produkcji energii elektrycznej z OZE** na potencjalną opłacalność ekonomiczną budowy ESP.

**Dziękujemy za uwagę!**



**Jarosław Kulpa**  
**Michał Kopacz**  
**Piotr Olczak**

**Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi  
i Energią PAN**