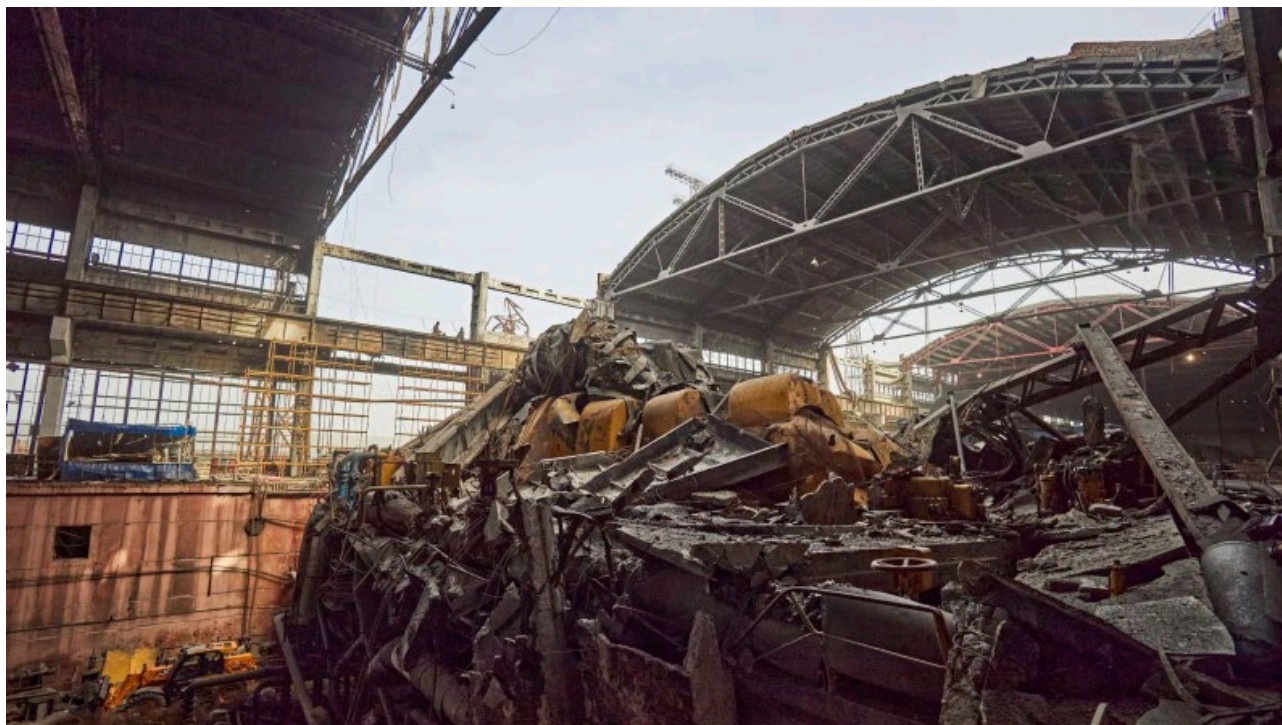


# Ukrainę ogarnia mrok. Jak zapobiec najczarniejszemu scenariuszowi dla ukraińskiej energetyki

Autor: Maciej Zaniewicz

## ANALIZA

*W porównaniu z zasobami sprzed rosyjskiej inwazji, Ukraina ma dziś do dyspozycji zaledwie jedną czwartą dawnej mocy wytwórczej w energetyce. Niewystarczające dostawy energii oznaczają, że najbliższej zimy nasi sąsiedzi przez znaczną część doby mogą być pozbawieni nie tylko prądu, ale i ciepła oraz bieżącej wody. Rosja konsekwentnie niszczy ukraińską energetykę, by sparaliżować gospodarkę i złamać wiarę społeczeństwa w sens obrony przed rosyjską inwazją, co ma zmusić władze w Kijowie do kapitulacji na rosyjskich warunkach. W niniejszym opracowaniu analizujemy obecny stan ukraińskiej energetyki i proponujemy rozwiązania zmniejszające ryzyko katastrofy humanitarnej w Ukrainie.*



Zniszczona elektrownia firmy DTEK. Źródło: <https://dtek.com/en/we-need-your-help/>.

### Operacja „Zniszczyć sieci”

Rosja zaczęła atakować ukraińską infrastrukturę energetyczną już w październiku 2022 roku. O ryzyku z tym związanym informowaliśmy w opinii „Przygotowania Ukrainy do wojennej zimy”. Rosyjskie ataki, przeprowadzone w kilkunastu falach, skutkowały koniecznością stosowania planowych wyłączeń prądu (stopni zasilania) przez krajowego operatora systemu przesyłowego Ukrenergo oraz doprowadziły do krótkotrwałego, fizycznego podzielenia ukraińskiego systemu elektroenergetycznego na dwie części.

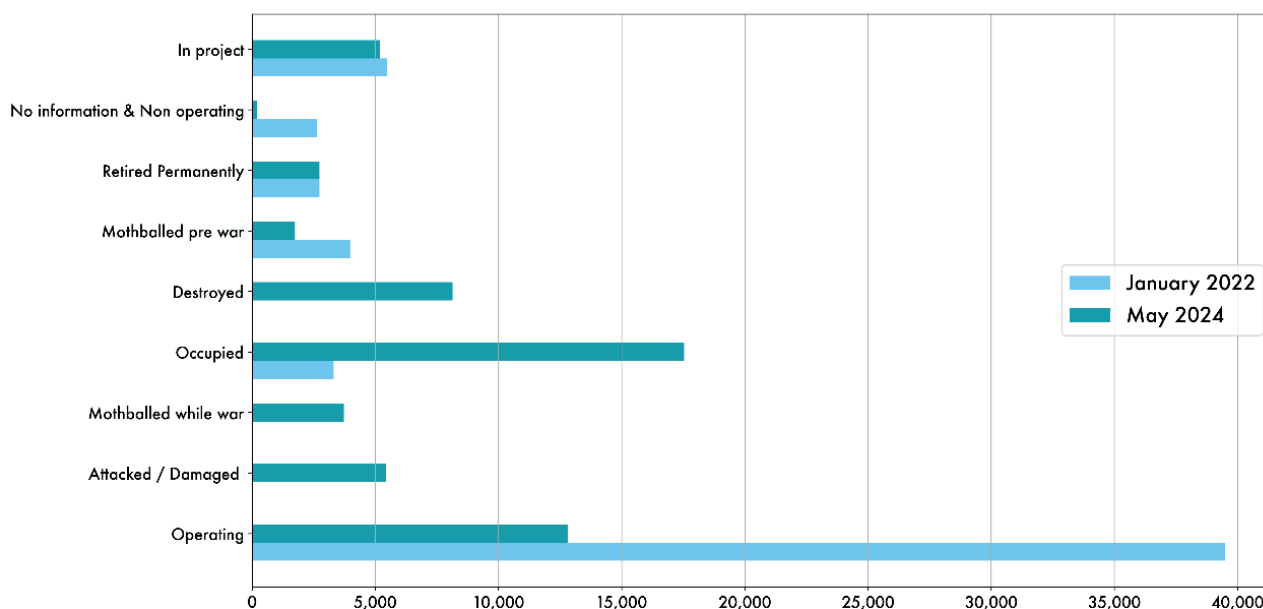
Głównym celem Rosji w tamtym czasie nie były elektrownie, ale stacje elektroenergetyczne, których niszczenie uniemożliwiało rozdział i przesył energii dla odbiorców.

Dzięki wsparciu zagranicznemu, w tym Polski<sup>1</sup>, Ukrainie udało się odbudować większość stacji elektroenergetycznych i część mocy wytwórczych, co pozwoliło przejść zimę 2023/24 bez większych utrudnień dla systemu elektroenergetycznego<sup>2</sup>. Dodatkowo Ukraina zabezpieczyła ponad 100 stacji fizycznymi umocnieniami chroniącymi przed dronami lub odłatkami.

### Operacja „Wyłączyć Ukrainę”

Drugą operację, mającą na celu zniszczenie ukraińskiej energetyki, Rosja rozpoczęła w marcu 2024 roku i trwa ona do tej pory (czerwiec 2024). Tym razem jednak głównym celem nie są stacje elektroenergetyczne, lecz bezpośrednio moce wytwórcze – elektrownie węglowe i wodne. Choć najważniejszym dla zaspokojenia zapotrzebowania źródłem energii w Ukrainie są elektrownie jądrowe (ok. 50% zapotrzebowania), a drugim OZE (ok. 30%)<sup>3</sup>, to jednak dla bilansowania systemu i pokrycia szczytowego zapotrzebowania na moc kluczowe są właśnie jednostki wodne i węglowe, które stały się celem obecnych rosyjskich ataków.

Wykres. 1. Moce wytwórcze w Ukrainie – według ich statusu



Źródło: Opracowanie własne Green Deal Ukraina na podstawie otwartych źródeł.

1 Energy Community, Ukraine Energy Support Activities, <https://www.energy-community.org/Ukraine/overview.html>.  
 2 DiXi Group, Проходження осінньо-зимових періодів 2022-2024 рр. Стан енергосистеми, <https://dixigroup.org/analytic/prohodzhennya-osinno-zimovyh-periodiv-2022-2024-rr-stan-energosystemy/>.  
 3 DTEK, Brief on key business issues, #18/2024, 5.06.2024, Kyiv.

Kolejne ataki realizowane od marca 2024 roku doprowadziły do wyeliminowania przede wszystkim bilansujących źródeł wodnych i węglowych o łącznej mocy ponad 8 GW<sup>4</sup>. Zmniejszeniu uległa również dostępna moc elektrowni jądrowych, pracujących w podstawie ukraińskiego systemu. Przyczyną jest realizacja planowanych remontów oraz ograniczenie pracy pozostałych bloków do ok. 70%.

Szacunkowe dane wskazują na to, że na koniec maja Ukraina dysponowała zaledwie ok. 10 GW mocy wytwórczej<sup>5</sup> (wobec ok. 40 GW przed wojną<sup>6</sup>). Obecnie około 7 GW zapewniają elektrownie jądrowe, pozostałe jednostki ciepłe (głównie węglowe) i elektrownie wodne. Kolejne ponad 2 GW to moce zainstalowane OZE, głównie fotowoltaika.

Skalę trudności w zaopatrzeniu kraju w energię elektryczną widać dopiero po zestawieniu tych liczb z zapotrzebowaniem. Obecnie letnie szczytowe zapotrzebowanie na moc wynosi około 12 GW (przed wojną ok. 16 GW<sup>7</sup>), a zimowe 16 GW (przed wojną 22 GW)<sup>8</sup>. Deficyt pokrywany jest głównie poprzez import energii elektrycznej z UE, który ma obecnie charakter niemal ciągły i stanowi drugie źródło energii – po elektrowniach jądrowych.

Z uwagi na to, że coraz częściej ani krajowe źródła, ani import nie są w stanie pokryć zapotrzebowania, ukraiński operator zmuszony jest do stosowania obszarowych wyłączeń/ograniczeń dostaw prądu do odbiorców, czyli tzw. stopni zasilania. Planowane wyłączenia dotyczą zarówno przedsiębiorstwa jak i odbiorców indywidualnych i obejmują ok. 66% godzin w skali tygodnia. Użytkownicy o godzinach planowych wyłączeń informowani są przez swojego OSD<sup>9</sup>.

Poniżej przedstawiony jest przykładowy grafik planowanych wyłączeń z aplikacji przygotowanej dla mieszkańców kraju. Niebieska przekreślona błyskawica oznacza godziny wyłączenia, a szara – możliwe godziny dodatkowych wyłączeń. Białe pole oznacza godziny zaopatrywania w energię.

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
<b>Понеділок</b>	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡		
<b>Вівторок</b>	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡
<b>Середа</b>	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡				⚡	⚡	⚡
<b>Четвер</b>	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡		
<b>П'ятниця</b>	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡
<b>Субота</b>	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡				⚡	⚡	⚡
<b>Неділя</b>	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡			⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡	⚡		

Źródło: [kyiv.yasno.com.ua](https://kyiv.yasno.com.ua).

- 4 A. Malenko, P. Polityuk, Russia's biggest airstrike in weeks piles pressure on Ukraine power grid, Reuters, 9 maja 2024, <https://www.reuters.com/world/europe/russia-targets-energy-facilities-air-attack-ukraine-officials-say-2024-05-08/>.
- 5 Ukraina nie podaje oficjalnie informacji nt. stanu systemu elektroenergetycznego. Dane podane w artykule są szacunkami autora opartymi na danych zgromadzonych z otwartych źródeł i deklaracji Ukrenergo oraz Ministerstwa Energetyki i mogą odbiegać od stanu faktycznego z uwagi na kolejne zniszczenia i postęp remontów.
- 6 Oficjalne dane mówią o 55 GW mocy zainstalowanej na koniec 2021 roku. Nigdy jednak moc zainstalowana nie jest równa mocy dostępnej z uwagi na remonty i awarie. Szacunki zostały przeprowadzone przez zespół GDU w oparciu o dostępne dane.
- 7 Spadek zapotrzebowania na moc spowodowany jest zniszczeniem części zakładów przemysłowych przez Rosję, załamaniem gospodarczym kraju i emigracją.
- 8 International Energy Agency, Ukraine Real-Time Electricity Data Explorer, <https://www.iea.org/articles/ukraine-real-time-electricity-data-explorer>.
- 9 Przykładowy grafik do sprawdzenia na stronie Yasno <https://kyiv.yasno.com.ua/schedule-turn-off-electricity>.

## Dwa czarne scenariusze...

Zniszczenia spowodowane przez trwającą obecnie fazę rosyjskich ostrzałów infrastruktury energetycznej Ukrainy są trudniejsze do usunięcia niż poprzednio. Obejmują one takie elementy elektrowni jak generatory, turbiny czy aparatura kontrolno-pomiarowa<sup>10,11</sup>. Do odbudowy najbardziej zniszczonych jednostek brakuje nie tylko produkowanych na zamówienie podzespołów, ale i sprzętu instalacyjnego. Jednocześnie ekipy remontowe muszą się liczyć z wysokim ryzykiem kolejnych ostrzałów w trakcie trwania naprawy, co skutecznie zniechęca zagranicznych podwykonawców. Z kolei ukraińskie firmy zmagają się z brakiem siły roboczej z uwagi na kolejne fale mobilizacji do wojska oraz emigrację<sup>12,13</sup>.

#	Item name and specification	Quantity	Unit price, mln \$	Costs, mln \$
1	Generator 300 MW	2	24	48
2	Turbine 300 MW	1	30	30
3	Power unit control system + TCS + turbine excitation system	2	2,1	4,2
4	Auxiliary transformer 40 MVA	1	0,8	0,8
1	Auxiliary transformer 35 MVA	5	0,55	2,75
2	Power unit transformer 250 MVA 220 kV / 15.75 kV	2	2,5	5
3	Power unit transformer 250 MVA 330 kV / 15.75 kV	1	2,5	2,5
4	Generator 200 MW	2	16	32
5	Other equipment to recover power unit #9	1	11,6	11,6
6	Autotransformer 240 MVA / 330 kV / 220 kV / Yauto/d-11	1	2,3	2,3
7	Autotransformer 210 MVA / 400 kV / 330 kV / Yauto/d-11	3	2,6	7,8
8	Autotransformer 133 MVA / 400 kV / 220 kV / Yauto/d-11	1	2,3	2,3
1	Equipment to recover power unit #8	1	4,83	4,83
2	Power transformer 200 MVA / 220 kV	1	1,95	1,95
1	Power transformer 250 MVA / 150 kV / 18 kV	1	2,9	2,9
2	Autotransformer 400 MVA / 330 kV / 150 kV	2	3,2	6,4
1	Autotransformer 250 MVA / 330 kV / 150 kV	2	3,5	7
2	Power transformer 400 MVA / 154 kV / 20 kV	1	3,4	3,4
3	Generator 300 MW	1	24	24
4	Turbine 300 MW	1	30	30
5	Auxiliary transformer 32 MVA / 20 kV / 6,3 kV	1	0,55	0,55
6	Start-up and backup transformer 32 MVA / 150 kV / 6,3 kV / 6,3 kV	1	0,55	0,55
7	Excitation transformer 20 kV / 0,4 kV	1	0,1	0,1
			<b>Subtotal:</b>	<b>230,93</b>
			Recovery works:	119,07
			<b>Total:</b>	<b>350</b>

Źródło: DTEK, *List of needed equipment to recover DTEK energy thermal power plants*, <https://dtek.com/en/we-need-your-help/>.

Brak dodatkowego wsparcia ze strony zagranicznych partnerów Ukrainy będzie skutkowało katastrofalną sytuacją dla jej systemu energetycznego. Zakładając umiarkowany scenariusz, w którym Rosja nie dokonuje kolejnych zniszczeń, deficyt mocy w okresie szczytowego zapotrzebowania zimowego może wynieść około 7 GW, co będzie skutkowało koniecznością jeszcze dotkliwszych wyłączeń dostaw energii w okresie niskich temperatur.

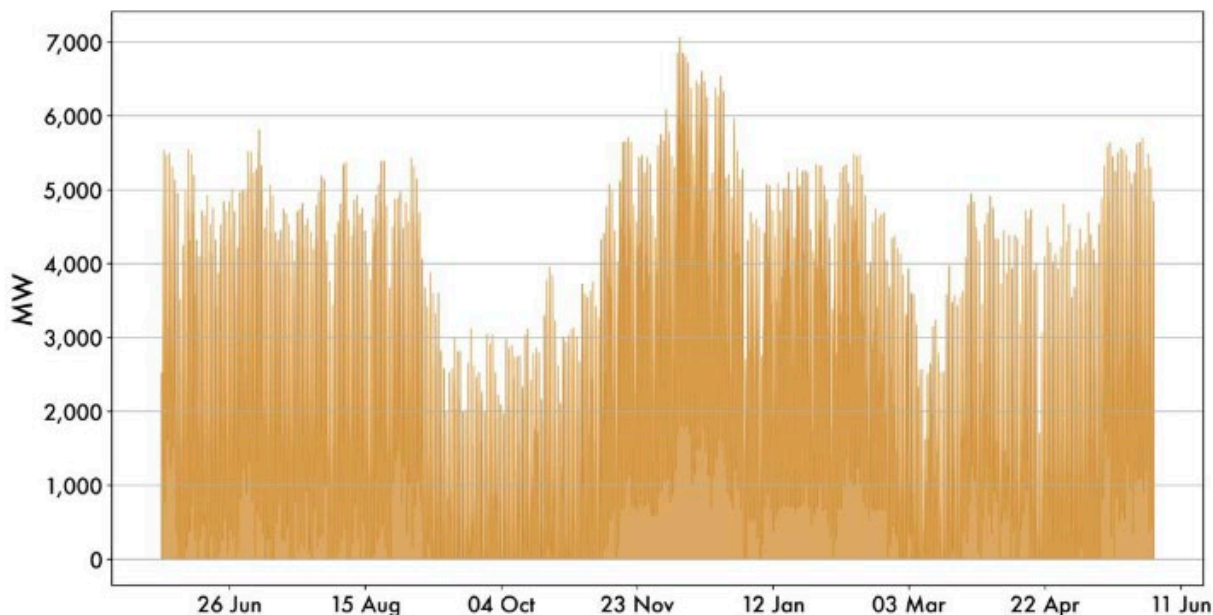
10 Dokumentacja fotograficzna jednej ze zniszczonych elektrowni: <https://www.radiosvoboda.org/a/foto-zruynovana-elektrostantsiya/32903994.html>.

11 Lista niezbędnych podzespołów opublikowała np. spółka DTEK: <https://dtek.com/en/we-need-your-help/>.

12 Urbis air, Що відбувається на будівельному ринку Львова, <https://urbisair.com.ua/news/shcho-vidbuvaetsia-na-budivelnomu-rynku-lvova/>.

13 CLC GROUP, Тенденції в будівельній галузі під час воєнного стану. Як війна впливає на будівельну галузь, <https://clcgroup.com.ua/blog/tendenciyi-v-budivelnij-galuzi-pid-chas-voyennogo-stanu/>.

Wykres 2. Scenariusz deficytu energii elektrycznej w Ukrainie w okresie czerwiec 2024-czerwiec 2025



Źródło: Frank Meissner, Robert Carr, Vladyslav Mikhnych, Georg Zachmann, *Modelling the Electricity Deficit in Ukraine and Potential Policy Responses for the period June 2024 – May 2025*, Green Deal Ukraina.

W wariantcie pesymistycznym, który jest obecnie bardziej prawdopodobny, Rosja będzie kontynuowała ataki na jednostki wytwórcze, a przed samym okresem grzewczym dodatkowo ponownie zaatakuje masowo stacje elektroenergetyczne. Może to spowodować nawet konieczność czasowego wyłączenia elektrowni jądrowych, a w rezultacie black-out (całkowity brak zasilania znaczącej części kraju) w środku zimy. Podobna sytuacja miała już miejsce 23 listopada 2022 roku w wyniku rosyjskich ostrzałów stacji elektroenergetycznych<sup>14</sup>. Wówczas, dzięki pracy operatora i sprawnym blokom węglowym i wodnym, stosunkowo szybko udało się przywrócić system do pracy synchronicznej. Obecnie, z uwagi na niewystarczające moce bilansujące, byłoby to dużo trudniejsze.

Realizacja powyższego scenariusza byłaby niekorzystna nie tylko dla Ukrainy, ale również dla Polski, prowadząc do trwałej destabilizacji naszego wschodniego sąsiada i zwiększając ryzyko jego porażki w wojnie z Rosją. Z tego względu pomoc Ukrainie w przygotowaniu do kolejnej zimy leży w interesie Polski i UE.

### ...i jeden jaśniejszy

W scenariuszu pozytywnym, z dodatkową pomocą zachodnich partnerów, Ukraina może odtworzyć część mocy wytwórczych i ograniczyć planowe wyłączenia.

Priorytetem jest zapewnienie skutecznej obrony powietrznej dla Ukrainy. Choć wykracza to poza ramy obszaru energetycznego, to w rzeczywistości wojennej żadne naprawy nie przyniosą długotrwałego skutku, jeśli Rosja będzie w stanie skutecznie niszczyć kolejne ukraińskie elektrownie i stacje elektroenergetyczne.

14 Energoatom, Президент ДП «НАЕК «Енергоатом» Петро Котін прокоментував ситуацію, що склалась в атомній енергетиці після вчорашніх обстрілів об'єктів енергетичної інфраструктури, <https://old.energoatom.com.ua/o-2411221.html>.



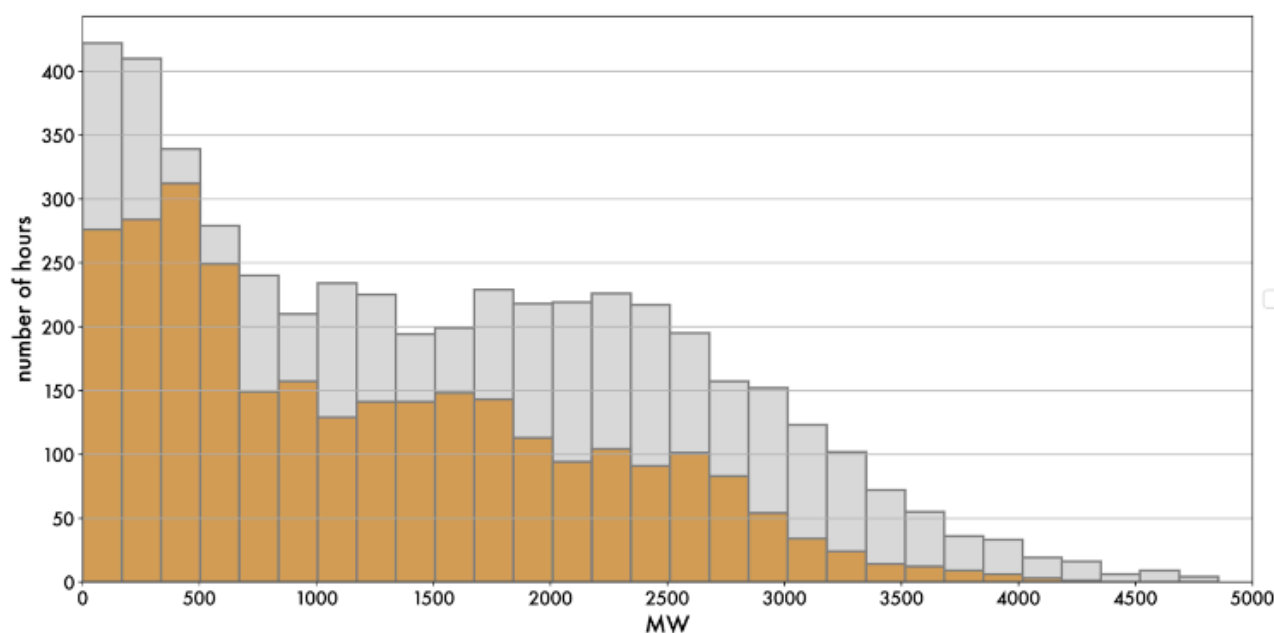
Zapobieżenie kolejnym atakom uchroni pozostałe elektrownie i stacje od zniszczeń i pozwoli na instalację nowych. Ponadto, takie kraje jak Polska czy Niemcy mogą przekazać Ukrainie niektóre elementy wyposażenia wycofywanych u siebie z użycia bloków węglowych. Skala zniszczeń ukraińskich jednostek węglowych i trudność w ich naprawie skłania jednak do poszukiwania optymalnego rozwiązania gdzie indziej.

Z modelowania przeprowadzonego przez zespół projektu Green Deal Ukraina<sup>15</sup>, którego partnerem jest Forum Energii, wynika, że najskuteczniejszym sposobem odtworzenia mocy bilansujących w Ukrainie jest instalacja małych i rozproszonych jednostek gazowych, blisko miejsc o wysokim zapotrzebowaniu, gdzie obecne są sieci gazowe<sup>16</sup>. Wśród możliwych (i już realizowanych m.in. przy wsparciu U.S. Agency for International Development<sup>17</sup>) jednostek są zarówno kontenerowe jednostki o mocy do 10 MW, jak i turbiny otwartego cyklu o mocy do 500 MW. Niektóre tego typu instalacje mogłyby zostać rozlokowane na terenie państw sąsiednich, w tym Polski. Dzięki takiemu rozwiązaniu oraz naprawom jednostek węglowych, udałooby się zredukować łączny czas planowanych wyłączeń energii elektrycznej o ponad 60% w stosunku do scenariusza umiarkowanego.

Głównym wyzwaniem w tym zakresie jest mobilizacja środków finansowych i zasobów do zainstalowania tego typu jednostek w Ukrainie oraz w dłuższej perspektywie – koszty zakupu gazu ziemnego.

**Wykres 3. Histogram deficytu mocy przy instalacji dodatkowych 1,5 GW jednostek gazowych.**

Szarym kolorem zaznaczono redukcję deficytu w stosunku do całkowitej jego wartości w scenariuszu bazowym.



Źródło: Frank Meissner, Robert Carr, Vladyslav Mikhnych, Georg Zachmann, *Modelling the Electricity Deficit in Ukraine and Potential Policy Responses for the period June 2024 – May 2025*, Green Deal Ukraina.

15 Forum Energii jest strategicznym partnerem Niemiecko-Polsko-Ukraińskiego projektu Green Deal Ukraina, którego celem jest wsparcie Ukrainy w akcesji do UE w obszarze energii i klimatu. <https://greendealukraina.org/>.

16 Frank Meissner, Robert Carr, Vladyslav Mikhnych, Georg Zachmann, *Modelling the Electricity Deficit in Ukraine and Potential Policy Responses for the period June 2024 – May 2025*, Green Deal Ukraina, <https://greendealukraina.org/products/analytical-reports/modelling-the-electricity-deficit-in-ukraine-and-potential-policy-responses-for-the-period-june-2024-may-2025>.

17 USAID, Energy Security Project, <https://energysecurityua.org/helping-ukraine/>.

Pożądaną jest również zwiększenie przepustowości interkonektorów elektroenergetycznych na granicy UE-Ukraina. Pierwszym krokiem może być usunięcie wąskich gardeł w UE i Ukrainie, które spowodowały, że w ramach ENTSO-E operatorzy wyznaczyli limit zdolności przesyłowych do 1,7 GW<sup>18</sup>. Dalsza rozbudowa połączeń, głównie odbudowa linii Pivdenoukraińska-Isaccea (z Rumunią), mogłaby zapewnić dodatkowe 1 GW mocy możliwej do zaimportowania.

W skali mikro, gdzie zaangażowanie Polski może być najbardziej przydatne ze względu na doświadczenie we współpracy z ukraińskimi samorządami, opcją jest zapewnienie kolejnych generatorów spalinowych oraz budowa instalacji PV wraz z akumulatorami, co zwiększy samodzielność infrastruktury krytycznej i publicznej, takiej jak szpitale, urzędy czy szkoły. Przeszkodą do realizacji takiego scenariusza może być jednak tendencja do centralizacji decyzji i przychodów budżetowych w Ukrainie i powiązane z tym zmniejszanie samodzielności finansowej samorządów, co ograniczyłoby ich możliwości finansowania tego typu inwestycji.

Ukraina stoi w obliczu katastrofy humanitarnej w związku z masowymi wyłączeniami energii elektrycznej. Brak energii elektrycznej oznacza również problemy w dostawach bieżącej wody. Najdotkliwsze mogą być jednak długotrwałe braki ogrzewania. Rosjanie niszczą również elektrociepłownie, które są ważnym źródłem ciepła, zwłaszcza w większych miastach. W rezultacie ludzie będą zmuszeni dogrzewać się źródłami elektrycznymi, które jeszcze bardziej obciążą osłabiony system elektroenergetyczny.

Rosji zależy na dalszej degradacji ukraińskiej energetyki do stopnia, w którym mieszkańcy Ukrainy będą pozbawieni zasilania przez większą część doby. Celem jest uniemożliwienie funkcjonowania gospodarki kraju i doprowadzenie do załamania wiary społeczeństwa w sens obrony przed rosyjską inwazją, zmuszając władze do negocjacji pokojowych na rosyjskich warunkach. Dodatkową konsekwencją tej polityki może być doprowadzenie do kolejnej fali uchodźców opuszczających Ukrainę w poszukiwaniu schronienia z dostępem do prądu i ogrzewania.

Z tych względów w interesie Polski i państw UE leży jak najszybsze wsparcie Ukrainy w odbudowie oraz zabezpieczeniu jej istniejącego systemu elektroenergetycznego przed dalszą destrukcją.

Czerwiec 2024

18 ENTSO-E, Continental European TSOs announce completion of synchronisation project with Ukrenergo and significant increase in export capacity from Continental Europe to Ukraine, <https://www.entsoe.eu/news/2023/11/28/continental-european-tsos-announce-completion-of-synchronisation-project-with-ukrenergo-and-significant-increase-in-export-capacity-from-continental-europe-to-ukraine/>.