



Rozproszone trudniej trafić

System energetyczny z tysiącami małych źródeł
jako element polskiej racji stanu

Lekcje z doświadczeń Ukrainy

GREENPEACE

Rozproszone trudniej trafić

System energetyczny z tysiącami małych źródeł jako element polskiej racji stanu. Lekcje z doświadczeń Ukrainy.

Termin publikacji: kwiecień 2026 r.

Autorka: Anna Meres

Redakcja językowa: Magdalena Majewska

Skład i opracowanie graficzne: miazgastudio.com

GREENPEACE

Spis treści

1. WSTĘP	3
2. KLUCZOWE WNIOSKI	4
3. EWOLUCJA ATAKÓW ROSJI NA SYSTEM ENERGETYCZNY UKRAINY	6
4. SYSTEM SCENTRALIZOWANY OPARTY NA DUŻYCH BLOKACH KONWENCJONALNYCH JAKO CZYNNIK SPRZYJAJĄCY DESTABILIZACJI PAŃSTWA W WARUNKACH WOJNY	8
5. ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII W WARUNKACH WOJNY – ODPORNOŚĆ, ODBUDOWA I DECENTRALIZACJA	16
6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI DLA POLSKI	18

1. Wstęp

Polska znajduje się w procesie głębokiej transformacji sektora energetycznego. W najbliższych latach planowane jest wycofywanie części bloków węglowych, a ich miejsce mają zająć nowe jednostki wytwórcze – w tym duże bloki gazowe. Decyzje podejmowane obecnie będą determinować strukturę systemu elektroenergetycznego na dekady. Model oparty na dużych jednostkach wytwórczych był przez długi czas dominującym sposobem organizacji systemów elektroenergetycznych w Europie. Jego projektowanie nie uwzględniało jednak scenariuszy długotrwałego konfliktu zbrojnego na terytorium państwa. Obecnie w jednym z europejskich krajów toczy się wojna, w której infrastruktura energetyczna stała się głównym celem działań militarnych. Doświadczenia Ukrainy pokazują, że duże elektrownie, podstacje i sieci przesyłowe mogą być systematycznie niszczone w celu destabilizacji państwa.

W tym kontekście zasadne staje się pytanie o odporność systemu energetycznego – o to, jak struktura wytwarzania i rozmieszczenie mocy wpływają na zdolność państwa do funkcjonowania w warunkach długotrwałego kryzysu.

Niniejsza analiza stanowi syntetyczne ujęcie doświadczeń Ukrainy z lat 2022–2026, czyli od początku pełnoskalowej rosyjskiej inwazji na to państwo. Przedstawia proces stopniowej degradacji ukraińskiego systemu energetycznego, opisuje mechanizmy umożliwiające jego funkcjonowanie mimo znacznych strat oraz analizuje zachodzący w trakcie wojny strategiczny zwrot w kierunku bardziej rozproszonej struktury wytwarzania energii. Pokazuje też, jakie wnioski z tych doświadczeń powinna wyciągnąć Polska.

2. Kluczowe wnioski

Pełnoskalowa inwazja Rosji na Ukrainę, trwająca od początku 2022 roku, stała się bezprecedensowym **testem dla dotychczasowej koncepcji bezpieczeństwa energetycznego** Ukrainy i dostarczyła wielu istotnych lekcji dotyczących funkcjonowania oraz degradacji systemu energetycznego w warunkach długotrwałej wojny. Powstałe w tym czasie liczne opracowania opisujące wpływ działań wojennych na ukraiński sektor energetyczny wyraźnie pokazują, że celem ataków były – i nadal pozostają – nie tylko elektrownie i elektrociepłownie, lecz również infrastruktura przesyłowa, podstacje wysokiego napięcia, magazyny paliw oraz infrastruktura wydobywcza. Poważne straty mocy wytwórczych oraz szkody powodowane przez systematyczne ostrzały węzłów przesyłowych uwiarydliły strukturalną słabość systemów opartych na koncentracji mocy w dużych jednostkach wytwórczych. Analiza tej sytuacji oraz kierunku planowanej transformacji polskiego sektora energetycznego pozwala na sformułowanie poniższych wniosków:

Doświadczenia Ukrainy wskazują jednoznacznie, że system elektroenergetyczny oparty na koncentracji mocy w dużych blokach konwencjonalnych stanowi poważne ryzyko w warunkach wojny. Skupienie znacznej części zdolności wytwórczych w niewielkiej liczbie lokalizacji sprawia, że pojedyncze trafienie może wywołać nieproporcjonalnie duży efekt systemowy. W realiach współczesnej wojny oznacza to strukturalną podatność na destabilizację.

1

Mimo tych doświadczeń Polska w planowaniu transformacji energetycznej w dużej mierze powieliła model wysokiej koncentracji mocy. Zastępowanie dużych bloków węglowych dużymi blokami gazowymi nie zmienia struktury systemu, przeciwnie – utrwala ją. Oznacza to utrzymanie ograniczonej liczby obiektów o kluczowym znaczeniu dla bilansu krajowego, które w warunkach wojny mogą stać się priorytetowymi celami ataków. W świetle doświadczeń Ukrainy dalsze opieranie systemu na dużych, scentralizowanych jednostkach wytwórczych oznacza utrwalanie podatności na destabilizację, co podczas wojny może mieć poważne konsekwencje dla bezpieczeństwa państwa.

2

Doświadczenia Ukrainy pokazują, że powtarzalne ataki na obiekty o dużej mocy zainstalowanej przynoszą największe straty w systemie. Ukraina utraciła blisko 90% mocy elektrowni konwencjonalnych (spalających węgiel i gaz) i w warunkach wojennych nie jest w stanie ich skutecznie odbudować. Szczególnie wrażliwe są elektrociepłownie, których zniszczenie oznacza jednoczesny brak energii elektrycznej i ciepła dla dużych miast.

3

Polska zwiększa zależność od importowanego gazu. Infrastruktura gazowa – w tym terminal LNG w Świnoujściu, planowana jednostka FSRU (Floating Storage Regasification Unit), gazociąg Baltic Pipe oraz duże elektrownie gazowe – stanowią skoncentrowane węzły infrastruktury krytycznej. W przypadku eskalacji militarnej obiekty te mogą stać się przedmiotem ataków z użyciem rakiet i dronów, sabotażu lub działań hybrydowych. **Zakładanie, że zaawansowane systemy obrony powietrznej zapewnią pełną ochronę takiej infrastruktury, nie znajduje potwierdzenia w doświadczeniach Ukrainy.** Nawet przy wsparciu międzynarodowym w postaci dostaw sprzętu skuteczność

4

obrony pozostaje ograniczona w zderzeniu z falami dronów i rakiet, taktyką powtarzalnych uderzeń oraz w obliczu ograniczonego zapasu amunicji. Każde skuteczne trafienie w duży obiekt energetyczny generuje długotrwałe konsekwencje systemowe.

System oparty na odnawialnych źródłach energii, magazynach energii oraz lokalnych rozwiązaniach wytwórczych zwiększa odporność poprzez rozproszenie terytorialne i modularność infrastruktury.

5

Duża liczba źródeł o niewielkiej mocy zainstalowanej oznacza, że utrata pojedynczej jednostki nie prowadzi do natychmiastowej destabilizacji systemu krajowego. Dla potencjalnego agresora oznacza to konieczność prowadzenia licznych rozproszonych operacji o wysokim koszcie operacyjnym i ograniczonym efekcie strategicznym. **Rozproszenie nie eliminuje ryzyka zniszczeń, ale znacząco podnosi koszty skutecznego ataku.**

Doświadczenia Ukrainy pokazują, że struktura systemu energetycznego ma bezpośrednie przełożenie na zdolność państwa do utrzymania ciągłości funkcjonowania administracji, ochrony zdrowia, systemów zaopatrzenia w wodę i kanalizacji, transportu i przemysłu.

6

W tym sensie energetyka powinna być traktowana jako integralny element bezpieczeństwa narodowego.

Budowa bardziej rozproszonego systemu – opartego na tysiącach źródeł wytwórczych, magazynach energii, efektywności energetycznej, wysokich zdolnościach wymiany transgranicznej, elastycznym zarządzaniu popytem oraz zdolności pracy wyspowej infrastruktury krytycznej – nie jest wyłącznie decyzją klimatyczną czy ekonomiczną. To decyzja strategiczna, wpływająca na odporność państwa w sytuacjach kryzysowych i wojennych.

Rozwojowi takiej architektury muszą towarzyszyć działania systemowe wzmacniające całą strukturę infrastruktury krytycznej. Obejmują one:

zwiększenie energetycznej niezależności kluczowych obiektów (szpitali, systemów wodociągowych, centrów zarządzania kryzysowego, infrastruktury przemysłowej) od centralnej sieci przesyłowej poprzez rozwój zdolności pracy w trybie wyspowym;

1

wzmocnienie cyberbezpieczeństwa infrastruktury energetycznej, jako że w warunkach wojny hybrydowej systemy teleinformatyczne są celem równie istotnym jak infrastruktura fizyczna;

2

wzmocnienie ochrony pasywnej kluczowych elementów sieci – w szczególności podstacji wysokiego napięcia, które stanowią węzły o strategicznym znaczeniu;

3

rozwój inteligentnych sieci (smart grids) umożliwiających dynamiczne zarządzanie popytem na energię (Demand Side Response, DSR) oraz szybkie izolowanie uszkodzonych fragmentów systemu bez wyłączenia całych regionów;

4

zapewnienie wykwalifikowanych osób zdolnych do zarządzania systemem energetycznym i prowadzenia napraw w warunkach kryzysowych.

5

3. Ewolucja ataków Rosji na system energetyczny Ukrainy

Od rozpoczęcia pełnoskalowej inwazji na Ukrainę w lutym 2022 roku rosyjskie działania wymierzone w ukraińską infrastrukturę energetyczną przechodziły kolejne etapy, odzwierciedlające zmianę taktyki i celów operacyjnych agresora. Analiza poszczególnych faz pozwala zrozumieć mechanizmy degradacji systemu energetycznego w warunkach wojennych.

Faza 1: luty 2022 – wrzesień 2022

FIZYCZNE PRZEJMOWANIE INFRASTRUKTURY

W początkowym okresie wojny Rosja koncentrowała się na przejmowaniu kluczowych elementów ukraińskiej infrastruktury energetycznej znajdujących się w zasięgu działań lądowych. Najważniejszym wydarzeniem było zajęcie Zaporoskiej Elektrowni Jądrowej (ZNPP), co oznaczało utratę około 6 GW stabilnej mocy bazowej. Rosja przejęła także znaczną część ukraińskich elektrowni wiatrowych.

Faza 2: październik 2022 – marzec 2023

KAMPANIA DRONOWO-RAKIETOWA PRZECIWKO SIECI PRZESYŁOWEJ I JEDNOSTKOM WYTWÓRCZYM

10 października 2022 roku Rosja rozpoczęła zmasowaną kampanię dronowo-rakietową wymierzoną w system energetyczny Ukrainy¹. Celem ataków stały się przede wszystkim elementy sieci przesyłowej, a także jednostki wytwórcze. Taktyka polegała na wywoływaniu kaskadowych awarii i doprowadzaniu do blackoutu, szczególnie w okresie zimowym. Czynnikiem absolutnie kluczowymi dla obrony ukraińskiego systemu energetycznego okazały się wówczas obrona powietrzna oraz dostępność amunicji.

¹EESC:
Lessons of War: Ukraine's Energy, Infrastructure Damage, Resilience and Future, Opportunities, 10.05.2024.

²The Kyiv Independent:
Russia has destroyed all thermal power plants, nearly all hydroelectric capacity in Ukraine ahead of winter; Zelensky says, 25.09.2024.

Faza 3: marzec 2024 – sierpień 2024

ESKALACJA I FIZYCZNA LIKWIDACJA MOCY WYTWÓRCZYCH

W 2024 roku Rosja wyraźnie zmieniła taktykę. Ataki skoncentrowały się na bezpośrednim niszczeniu elektrowni konwencjonalnych i wodnych. W ciągu sześciu miesięcy przeprowadzono dziewięć skoordynowanych uderzeń².

³IEA:
Empowering Ukraine Through a Decentralised Electricity System, 17.12.2024.

W okresie marzec–lipiec 2024 roku Ukraina utraciła około 9,2 GW mocy wytwórczych³. Latem 2024 roku deficyt mocy sięgał 2,5 GW, a Kijów doświadczał regularnych blackoutu⁴.

⁴The Kyiv Independent:
Russia has destroyed all thermal power plants, nearly all hydroelectric capacity in Ukraine ahead of winter; Zelensky says, 25.09.2024.

Łącznie w fazach 2 i 3 (od października 2022 do września 2024 roku) infrastruktura energetyczna Ukrainy była atakowana ponad tysiąc razy (1024 udokumentowane przypadki⁵).

⁵Tamże

Faza 4: rok 2025 i początek 2026

ZŁOŻONE POWTARZALNE ATAKI

W 2025 roku ataki stały się bardziej złożone i skoordynowane. Rosja łączyła masowe uderzenia dronów typu Shahed (mające na celu przeciążenie obrony powietrznej) z precyzyjnymi atakami rakiet balistycznych i manewrujących. Szczególnym celem stały się elektrociepłownie zapewniające ogrzewanie dużych miast.

W listopadzie 2025 roku w ramach pojedynczego wielkoskalowego ataku Rosja wystrzeliła w kierunku Ukrainy ponad 450 dronów i 45 rakiet różnego typu, w tym 32 rakiety balistyczne. Większość rakiet dotarła do celu⁶. Atakowano obiekty energetyczne odbudowane w 2024 roku⁷, a także podstacje zasilające elektrownie jądrowe (Chmielnicką i Rówieńską⁸), co doprowadziło do czasowego ograniczenia mocy⁹. Od 25 marca do listopada 2025 roku odnotowano ponad 4400 ataków na obiekty energetyczne¹⁰.

Kolejne zmasowane ataki miały miejsce 9 i 20 stycznia 2026 roku. W styczniu około 60% Kijowa pozostawało okresowo bez energii elektrycznej, a tysiące gospodarstw domowych bez ogrzewania¹¹. Najbardziej dotkliwie skutki przyniosły liczne uderzenia raketami balistycznymi, które są szczególnie trudne do przechwycenia¹².

Skutki systemowe

Z biegiem czasu przerwy w dostawach energii elektrycznej stały się częstsze i dłuższe – również dla przemysłu. Ukraina wprowadziła harmonogramy planowych wyłączeń, aby umożliwić prowadzenie napraw i stabilizację systemu. Około 6,3 miliona osób dziennie doświadcza przerw w dostawach energii trwających w ciągu doby od 8 do 16 godzin¹³.

Jednocześnie znacząco wzrósł import energii z państw Unii Europejskiej do Ukrainy. Styczeń 2026 roku był rekordowym miesiącem pod tym względem. Również przepustowość wymiany transgranicznej między Unią Europejską a blokiem Mołdawia-Ukraina wzrosła do rekordowego poziomu 2,45 GW¹⁴.

⁶ Oko.press:

To nie apokalipsa, choć będzie ciężko. Skutki największego rosyjskiego ataku na ukraińską energetykę, 25.11.2025.

⁷ Business Insider Polska:

Najsilniejszy dotąd atak Rosji na elektrownie ciepłe Ukrainy. „Produkcja energii wynosi zero”, 8.11.2025.

⁸ Oko.press:

To nie apokalipsa, choć będzie ciężko. Skutki największego rosyjskiego ataku na ukraińską energetykę, 25.11.2025.

⁹ Energetyka24:

Rosja ostrzelała podstacje zasilające elektrownie jądrowe na Ukrainie, 31.10.2025.

¹⁰ XYZ:

ReBuild Ukraine. Wiceminister energii: Ukraina utraciła 6,8 GW mocy i 40 proc. produkcji gazu, 13.11.2025.

¹¹ Gazeta Prawna:

Kryzys energetyczny na Ukrainie: 60 proc. Kijowa bez prądu i ogrzewania. W całym kraju awaryjne wyłączenia, 23.01.2026.

¹² Oko.press:

To nie apokalipsa, choć będzie ciężko. Skutki największego rosyjskiego ataku na ukraińską energetykę, 25.11.2025.

¹³ XYZ:

ReBuild Ukraine. Wiceminister energii: Ukraina utraciła 6,8 GW mocy i 40 proc. produkcji gazu, 13.11.2025.

¹⁴ Dixi Group:

Electricity imports to Ukraine reached a historic high in January, 4.02.2026.

4. System scentralizowany oparty na dużych blokach konwencjonalnych jako czynnik sprzyjający destabilizacji państwa w warunkach wojny

Doświadczenia Ukrainy pokazują, że w czasie wojny kluczowe jest nie tylko to, ile mocy ma system energetyczny, ale także jak szybko może ją stracić w wyniku ataków. Z tego punktu widzenia system scentralizowany, oparty na dużych elektrowniach konwencjonalnych, w warunkach wojny ujawnia swoją strukturalną słabość i sprzyja przyspieszonej destabilizacji państwa. Koncentracja mocy w ograniczonej liczbie obiektów sprawia, że pojedyncze trafienie może wywołać efekt systemowy, którego konsekwencje wykraczają poza sektor energetyczny. Każde przejście lub zniszczenie dużego źródła wytwórczego bezpośrednio ogranicza zdolność państwa do produkcji energii, bilansowania systemu i utrzymania stabilności sieci. Im szybsza utrata mocy, tym większe ryzyko kaskadowych awarii, głębokich blackoutów oraz destabilizacji gospodarczej i społecznej. Tempo degradacji systemu przekłada się wprost na skalę strat finansowych (koszty odbudowy lub budowy nowych obiektów energetycznych), zakłóceń produkcji przemysłowej oraz obniżenie zdolności państwa do zapewnienia podstawowych usług publicznych, utrzymania funkcjonowania infrastruktury krytycznej i prowadzenia działań obronnych.

Równie istotna jest zdolność odbudowy zniszczonych mocy.

W warunkach wojny wpływają na nią: możliwość technicznej naprawy obiektu, czas realizacji oraz ryzyko ponownych ataków. Czas odbudowy uzależniony jest od technologii źródła, dostępności wyspecjalizowanych komponentów, logistyki ich dostarczenia oraz dostępności wykwalifikowanych pracowników. Znaczący wpływ ma także taktyka przeciwnika, szczególnie powtarzalne ostrzały tych samych obiektów. Odbudowa dużych jednostek konwencjonalnych jest skomplikowana, długotrwała i kosztowna. W czasie wojny oznacza to utrzymywanie się deficytu mocy przez wiele miesięcy lub nawet lat.

Model oparty na dużych, scentralizowanych blokach wytwórczych zwiększa więc skalę skutków pojedynczego ataku oraz wydłuża okres destabilizacji po jego wystąpieniu. W warunkach wojny oznacza to przyspieszenie procesu osłabiania państwa poprzez uderzenia w jego fundament energetyczny.

Tempo utraty mocy przewyższa możliwości jej odtworzenia

W systemie opartym na dużych jednostkach wytwórczych utrata pojedynczego obiektu oznacza natychmiastowy, znaczący ubytek mocy w skali kraju. Może to szybko doprowadzić do deficytu produkcji, problemów z bilansowaniem systemu oraz wzrostu ryzyka blackoutu.

Przed rozpoczęciem pełnoskalowej rosyjskiej inwazji w 2022 roku system energetyczny Ukrainy dysponował około 56 GW mocy zainstalowanej¹⁵. Opierał się głównie na dużych elektrowniach jądrowych (cztery obiekty o łącznej mocy ok. 14 GW¹⁶) oraz elektrowniach węglowych i gazowych (ok. 25 GW). Elektrownie jądrowe dostarczały około 50% energii elektrycznej w kraju.

¹⁵ ACAPS:

Ukraine: Energy infrastructure attacks: updated outlook and impact during the 2024–2025 cold season, 19.02.2025.

¹⁶International Energy Charter:

Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – I (as of August 24, 2022).

Od 2022 roku Ukraina utraciła – w wyniku zniszczeń, uszkodzeń lub przejścia infrastruktury – około dwóch trzecich potencjału systemu¹⁷. Mimo intensywnej obrony nie udało się zapobiec tak dużym stratom. Skalę utraty mocy do 2024 roku z podziałem na źródła energii obrazuje poniższa tabela.

Tabela 1. Skala utraty mocy w systemie energetycznym Ukrainy z podziałem na źródła

Źródła	Moc zainstalowana GW		Szacowana strata %
	przed inwazją 2021/2022	2024	
Elektrownie jądrowe	13,8	7,8	43%*
Elektrownie konwencjonalne i elektrociepłownie łącznie	25,1	3,5	86%
– W tym: elektrownie konwencjonalne opalane węglem i gazem	21,6	1,9	91%
– W tym: elektrociepłownie	3,5	1,6	54%
Hydroenergetyka (w tym elektrownie szczytowo-pompowe)	6,4	3,4	47%
OZE – wiatr	1,9	0,5	74%**
OZE – fotowoltaika	8,3	7,1***	14%

* Utrata ZNPP – jednej elektrowni atomowej.

** Utrata z powodu koncentracji terytorialnej i okupacji terenów.

*** Dane według stanu na 2024 roku w celach zachowania porównywalności. W przypadku fotowoltaiki część nowych instalacji (w dużej mierze prousmenckich) częściowo kompensowała straty (więcej na ten temat w rozdziale 5). Źródło: opracowanie własne na podstawie analizy Instrat i innych źródeł¹⁸.

Mimo wysiłków zmierzających do odtworzenia utraconej mocy w styczniu 2026 roku system był w stanie zaspokoić jedynie około 60% krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną, co skutkowało wielogodzinnymi przerwami w dostawach prądu w całym kraju¹⁹.

Koncentracja mocy jest czynnikiem przyspieszającym destabilizację systemu

Przed rosyjską inwazją konwencjonalne elektrownie na węgiel i gaz oraz elektrociepłownie stanowiły największą część mocy systemu i odpowiadały za znaczną część produkcji energii oraz ciepła. To właśnie one poniosły największe straty.

¹⁷Instrat (w raporcie *Ukraine against darkness* z listopada 2024 roku) podaje 60% według stanu na połowę roku 2024. Inne źródła (The Kyiv Independent: *As Ukrainians freeze, donated energy equipment sits unused*, 4.02.2026) dodają, że od samego tylko października 2025 roku w systemie ubyło 8,5 GW mocy. Z kolei IEA w swoim raporcie *Empowering Ukraine Through a Decentralised Electricity System* (17.12.2024) ocenia, że już wiosną 2024 roku Ukraina utraciła dwie trzecie mocy dyspozycyjnej systemu energetycznego. Portal Russia Matters (*The Russia-Ukraine War Report Card*, 4.02.2026) podaje, że jesienią 2025 roku Ukraina operowała jedną trzecią wielkości mocy systemu energetycznego z czasów przed pełnoskalową inwazją. Również Euromaidan Press informuje o utracie dwóch trzecich mocy systemu energetycznego Ukrainy (*Ukraine completes first phase of power grid armor*, 5.09.2025).

¹⁸ Źródła danych:

- 1) Instrat: *Ukraine against darkness*;
- 2) International Energy Charter: *Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – I (as of August 24, 2022)*;
- 3) Energy Partnership Ukraine-Germany: *Ukraine wind energy market analysis*;
- 4) ACAPS: *Ukraine: Energy infrastructure attacks: outlook and impact during 2024–2025 cold season*;
- 5) PV Magazine.

¹⁹ CSIS:

Russia's Grinding War in Ukraine, 27.01.2026.

Utrata mocy Centrenergo

11 kwietnia 2024 roku rosyjskie siły przeprowadziły atak raketowy na znajdującą się w obwodzie kijowskim Elektrownię Trypilską dysponującą mocą 1,8 GW. W kierunku obiektu wystrzelono 11 rakiet. Siedem zostało przechwyconych przez ukraińską obronę przeciwlotniczą, natomiast cztery trafiły w cel po wyczerpaniu zapasów amunicji. Pożar i zniszczenie hali turbin wyeliminowały elektrownię z eksploatacji na lata.

Podobny los spotkał w marcu 2024 roku Elektrownię Zmijewską w obwodzie charkowskim. W połączeniu z przejściem przez siły rosyjskie położonej w obwodzie donieckim Elektrowni Wuhłehirskiej w lipcu 2022 roku doprowadziło to do utraty 100% zdolności produkcyjnych państwowego koncernu Centrenergo. Pomimo podjętych prób odbudowy utraconej mocy nie udało się przywrócić ze względu na nasilone ataki dronowe²⁰.

Przypadek ten pokazuje podatność dużych, scentralizowanych obiektów konwencjonalnych o znanej lokalizacji na ataki raketowe i dronowe. Odbudowa takich jednostek jest długotrwała i kosztowna, ponadto są one narażone na ponowne ataki.

To właśnie ta asymetria – szybkie straty i powolna lub wręcz niemożliwa odbudowa – powoduje, że model scentralizowany zwiększa ryzyko długotrwałej destabilizacji systemu energetycznego.

Problem szybkiej utraty mocy dotyczy jednak nie tylko elektrowni konwencjonalnych. Hydroenergetyka, pełniąca w Ukrainie istotną rolę w bilansowaniu sieci i pokrywaniu szczytów zapotrzebowania, również stała się celem wielokrotnych, zmasowanych uderzeń i utraciła około 50% swojej mocy. Największe straty dotknęły Kachowską Elektrownię Wodną (ok. 350 MW), która została całkowicie zniszczona przez wysadzenie tamy na Dnieprze w czerwcu 2023 roku, oraz Dnieprzańską Elektrownię Wodną – największą elektrownię wodną w kraju (ok. 1,6 GW) – wyłączoną z eksploatacji po zmasowanych atakach rosyjskich w marcu 2024 roku. Czas jej naprawy szacowany jest na co najmniej kilka lat²¹.

W przypadku elektrowni jądrowych największą stratą dla systemu oznaczało zajęcie przez siły rosyjskie Zaporoskiej Elektrowni Jądrowej. Jeśli chodzi o pozostałe obiekty, mimo że co do zasady nie były bezpośrednio ostrzeliwane, stały się elementem presji i szantażu atomowego. Rosja unikała bezpośrednich uderzeń w reaktory, jednak systematycznie niszczone podstacje przy elektrowniach jądrowych, co miało na celu wymuszenie awaryjnego wyłączenia bloków i odcięcie ich od sieci przesyłowej. W związku z tym, że elektrownie atomowe wymagają ciągłego zasilania w energię elektryczną, generowało to ryzyko katastrofy radiacyjnej. W styczniu 2026 roku ukraiński wywiad informował o planach zmasowanych uderzeń w węzły przesyłowe łączące elektrownie jądrowe z systemem, co mogłoby doprowadzić do całkowitego blackoutu²². Dodatkowo Rosja wykorzystuje przejętą elektrownię atomową w Zaporoziu do składowania sprzętu wojskowego i prowadzenia ataków na inne miejsca w Ukrainie.

Case study

²⁰ **The Kyiv Independent:**
Ukraine's state-owned energy company says all of its power plants are down after Russia's 'largest-ever attack', 08.11.2025.

²¹ **The Kyiv Independent:**
Repair of Ukraine's largest hydroelectric power plant to take at least 3 years due to Russian attacks, 16.07.2024.

²² **Ukrainska Pravda:**
Russia considering strikes on substations serving Ukraine's nuclear power plants, Ukrainian intelligence says, 17.01.2026.

Długotrwała odbudowa i podatność na ponowne zniszczenie

Naprawa zniszczonej konwencjonalnej elektrowni lub elektrociepłowni na węgiel może trwać kilka lat – a i to pod warunkiem, że możliwe jest prowadzenie nieprzerwanych prac budowlano-naprawczych. Doświadczenia Ukrainy pokazują, że w warunkach wojennych jest to niewykonalne.

Rosja stosuje taktykę ponownego ostrzału uszkodzonych lub częściowo odbudowanych obiektów – czasem po kilkudziesięciu minutach od pierwszego uderzenia, czasem po dłuższym okresie. Stwarza to bezpośrednie zagrożenie dla ekip remontowych, strażaków i inżynierów, a także zwiększa ryzyko zniweczenia czasu i środków zainwestowanych w odbudowę. Harmonogram realizacji znacząco wydłużają też przerwy w pracach powodowane alarmami przeciwlotniczymi.

Koncerny energetyczne wskazują, że odbudowa dużych elektrowni wymaga zapewnienia osłony w postaci systemów obrony powietrznej chroniących przed dronami i raketami. Brak takich systemów lub niedobór amunicji bezpośrednio utrudniają prowadzenie prac naprawczych. Proces odbudowy uzależniony jest więc nie tylko od środków finansowych i kompetencji technicznych, lecz także od dostępności zasobów wojskowych.

Taktyka ponownego ostrzału jest szczególnie skuteczna wobec dużych, scentralizowanych obiektów. Byłaby znacznie mniej efektywna ekonomicznie i operacyjnie, gdyby celem były tysiące mniejszych, rozproszonych źródeł energii i węzłów sieciowych. Koncentracja mocy oznacza koncentrację ryzyka – również na etapie odbudowy.

Istotnym wyzwaniem pozostaje także dostępność części zamiennych. Komponenty dla dużych bloków energetycznych nie są produkowane seryjnie w dużych ilościach i często nie są dostępne natychmiast. W przypadku Ukrainy dodatkowym utrudnieniem jest specyfika elektrowni, których kluczowe elementy były projektowane i produkowane jeszcze w czasach Związku Radzieckiego. Ograniczona kompatybilność z nowoczesnymi komponentami oraz zerwane łańcuchy dostaw znacząco utrudniają szybkie pozyskanie zamienników²³.

W efekcie odbudowa dużej elektrowni konwencjonalnej w warunkach wojny jest procesem długim, kosztownym i obciążonym wysokim ryzykiem niepowodzenia. To kolejny mechanizm, przez który model scentralizowany zwiększa prawdopodobieństwo długotrwałej destabilizacji systemu energetycznego.

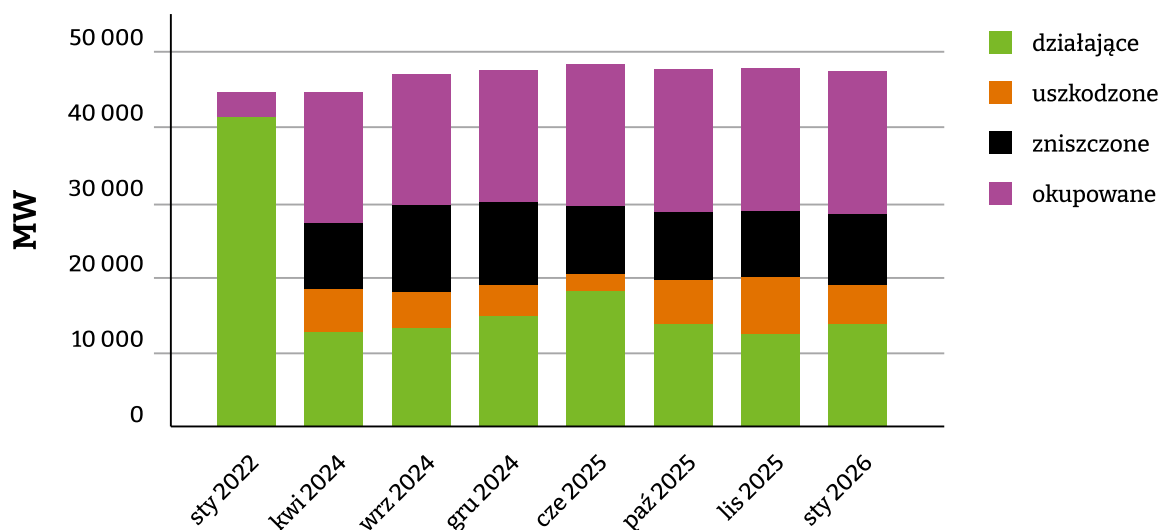
Sieć elektroenergetyczna – punkt krytyczny odporności państwa

Elementem podatności systemu energetycznego na destabilizację są nie tylko duże jednostki wytwórcze, lecz również związane z nimi sieci przesyłowe wysokiego napięcia.

²³ AP:

Ukrainian energy workers carry out repairs despite Russia's pounding of the country's power grid, 29.11.2024.

Wykres 1. Zainstalowana moc konwencjonalnych elektrowni według zdolności do operowania tą mocą w systemie ukraińskim na przestrzeni czasu.



Powyższy wykres wskazuje, że w warunkach wojennych Ukrainie nie udało się odbudować dużych mocy wytwórczych systemu energetycznego.

Doświadczenia Ukrainy pokazują, że infrastruktura przesyłowa stała się celem systematycznych, powtarzalnych ataków. Uderzenia w podstacje wysokiego napięcia były wykorzystywane do odcinania dostaw energii na dużą skalę oraz wymuszania wyłączeń bloków wytwórczych. Szacuje się, że nawet około 50% podstacji zostało zniszczonych lub poważnie uszkodzonych²⁴.

Skala uszkodzeń ujawniła newralgiczną rolę transformatorów wysokiego napięcia (330 i 750 kV²⁵) oraz transformatorów sieci dystrybucyjnych (35–110 kV). Ich produkcja jest czasochłonna, kosztowna i zależna od globalnych łańcuchów dostaw. W warunkach wojennych brak dostępności tych elementów sieci przesyłowej bezpośrednio przekłada się na tempo przywracania zasilania.

Aby chronić infrastrukturę przesyłową przed atakami, operator sieci Ukrenergo wdrożył trzystopniowy system ochrony pasywnej²⁶, czyli zabezpieczenia, które nie zatrzymują ataku, ale sprawiają, że wyrządza on mniejsze szkody – od koszy z siatki wypełnionych kamieniami, poprzez betonowe konstrukcje osłaniające, po schrony przeciwrakietowe²⁷ dla kluczowych transformatorów. Sama konieczność budowy schronów dla elementów sieci pokazuje skalę zagrożenia oraz koszt utrzymywania systemu silnie scentralizowanego.

Cyberbezpieczeństwo jako element odporności systemu

Podatność systemu elektroenergetycznego na ataki nie ogranicza się do infrastruktury fizycznej. Współczesne systemy energetyczne są w dużym stopniu zależne od systemów teleinformatycznych, które stanowią równorzędny cel ataków.

Źródło wykresu: Green Deal
Ukraina: Electricity and gas supply in Ukraine: Winter 2025/26 Update
January 2026.

²⁴ Kyiv School of Economics:
Damages and losses to Ukraine's energy sector due to Russia's full-scale invasion exceeded \$56 billion – KSE Institute estimate as of May 2024.

²⁵ Oko.press:
To nie apokalipsa, choć będzie ciężko. Skutki największego rosyjskiego ataku na ukraińską energetykę, **25.11.2025**.

²⁶ Euromaidan Press:
Ukraine completes first phase of power grid armor, **05.09.2025**.

²⁷ The Kyiv Independent:
Ukraine moves its power grid underground to shield it from Russian attacks, **10.02.2026**.

Doświadczenia Ukrainy pokazują, że ataki na systemy sterowania mogą prowadzić do realnych przerw w dostawach energii bez fizycznego zniszczenia obiektów. Już w 2015 roku doszło do cyberataku na operatorów sieci dystrybucyjnych, w wyniku którego – poprzez przejście systemów SCADA i zdalne wyłączenie stacji elektroenergetycznych – odcięto dostawy prądu dla setek tysięcy odbiorców²⁸. W kolejnych latach Rosja rozwijała narzędzia przeznaczone do atakowania sektora energetycznego (np. złośliwe oprogramowanie typu Industroyer), a w 2022 roku podjęła próby przeprowadzenia skoordynowanych ataków cybernetycznych na infrastrukturę elektroenergetyczną równoległe z działaniami militarnymi.

W tym kontekście rosnąca rola odnawialnych źródeł energii zmienia charakter ryzyka. System oparty na rozproszonych źródłach ogranicza znaczenie pojedynczych punktów krytycznych i zmniejsza ryzyko systemowego blackoutu, jednak zwiększa liczbę urządzeń podłączonych do sieci, które mogą stanowić potencjalne cele ataków cybernetycznych. Rozproszenie zwiększa więc odporność fizyczną systemu, ale wymaga równoległego wzmocnienia standardów cyberbezpieczeństwa w całej infrastrukturze.

Asymetria kosztów i efektywności ataku na scentralizowaną infrastrukturę energetyczną i jej obrony

Doświadczenia Ukrainy pokazują, że infrastruktura energetyczna jest jednym z głównych celów działań militarnych. Rosja wykorzystuje do ataków zarówno bezzałogowe statki powietrzne, jak i różne typy rakiet, w tym pociski manewrujące oraz rakiety balistyczne. W ostatnich latach obserwowany jest rosnący udział rakiet balistycznych, które są trudniejsze do przechwycenia przez systemy obrony powietrznej.

Koszt takich rakiet szacowany jest na kilka–kilkanaście milionów USD za sztukę. Pomimo wysokiej jednostkowej wartości tego uzbrojenia wykorzystywanie go w atakach na infrastrukturę energetyczną jest dla agresora opłacalne, ponieważ trafienie dużych obiektów wytwórczych lub kluczowych podstacji może wywoływać znaczące skutki systemowe dla funkcjonowania ukraińskiej sieci elektroenergetycznej i przyczynić się do destabilizacji państwa.

Ochrona dużych obiektów energetycznych wymaga zaawansowanych systemów obrony powietrznej. W przypadku rakiet balistycznych jedną z niewielu technologii zapewniających wysoką skuteczność przechwytywania pozostaje system Patriot, którego koszt wynosi około miliarda USD za baterię²⁹. Jego użycie zależy od dostaw pocisków ze Stanów Zjednoczonych.

Według ukraińskich szacunków skuteczna ochrona przestrzeni powietrznej wymagałaby około 25 systemów Patriot (z sześcioma–ośmioma wyrzutniami każdy³⁰), podczas gdy obecnie Ukraina dysponuje ośmioma. Dla porównania Polska posiada obecnie dwie baterie Patriot (zakup z 2018 roku za 4,75 mld USD), a kolejne sześć ma zostać dostarczonych w latach 2027–2029 (zakup z 2023 roku za 9,3 mld USD)³¹.

²⁸ BiznesAlert:

Ukrenergo: Blackout w Kijowie to skutek cyberataku, 18.01.2017.

²⁹ Bankier.pl:

Cena systemu Patriot to ok. miliard dolarów. Ukraina „domknie niebo” z 25 zestawami, 06.05.2025.

³⁰ Tamże.

³¹ Tamże.

Nawet przy wysokiej skuteczności systemów obrony powietrznej – rzędu około 80% przechwyconych dronów i rakiet³² – pozostałe uderzenia mogą powodować poważne zniszczenia infrastruktury krytycznej. Przy zmasowanych atakach obejmujących dziesiątki rakiet i setki dronów jednocześnie nawet rozbudowany system obrony nie gwarantuje pełnej ochrony.

W systemie elektroenergetycznym opartym na niewielkiej liczbie dużych jednostek wytwórczych zniszczenie kilku kluczowych instalacji może prowadzić do poważnych zakłóceń pracy całej sieci. W systemie opartym na wielu rozproszonych źródłach energii osiągnięcie podobnego efektu wymagałoby znacznie większej liczby uderzeń w różne lokalizacje.

W warunkach wojny sposób organizacji systemu energetycznego staje się więc istotnym elementem strategicznej odporności państwa na zakłócenia i ataki na infrastrukturę krytyczną.

Dlaczego system oparty na koncentracji mocy w dużych jednostkach wytwórczych jest podatny na destabilizację – podsumowanie

Tabela 2 na następnej stronie: Analiza słabości scentralizowanego systemu energetycznego w warunkach wojennych

³²Defence24:

Jak Ukraina broni nieba: wzór do naśladowania?, 08.02.2026.

Element analizy	System scentralizowany (duże bloki)	Skutek systemowy
Skala pojedynczej straty	Utrata jednego bloku lub obiektu oznacza ubytek setek MW do kilku GW.	Natychmiastowy deficyt mocy w skali kraju.
Podatność architektury systemu	Silna zależność systemu od scentralizowanej infrastruktury przesyłowej wysokiego napięcia oraz kluczowych elementów o długim czasie odtwarzania.	Wielkoskalowe przerwy w dostawach energii, wymuszone wyłączenia jednostek wytwórczych oraz długotrwała odbudowa systemu ze względu na ograniczoną dostępność komponentów i wysokie koszty ich odtworzenia.
Systemy sterowania i zarządzania pracą sieci elektroenergetycznej	Koncentracja funkcji sterowania i zarządzania systemem elektroenergetycznym w scentralizowanych systemach (np. centra dyspozytorskie, systemy SCADA) stanowiących pojedyncze punkty krytyczne.	Atak cybernetyczny na kluczowe systemy sterowania może prowadzić do utraty kontroli nad dużą częścią systemu elektroenergetycznego jednocześnie, wywołując rozległe zakłócenia lub przerwy w dostawach energii bez konieczności fizycznego uszkodzenia infrastruktury.
Tempo utraty mocy	Szybkie – możliwa utrata dużej części systemu w krótkim czasie. Celem ataku są duże obiekty o znanej lokalizacji. Fale dronów i rakiet balistycznych przy jednoczesnych ograniczonych zasobach amunicji do obrony infrastruktury powodują dotkliwe zniszczenia.	Ryzyko kaskadowych awarii i black-outu.
Możliwość bilansowania	Ograniczona – brak równoważnych rezerw.	Problemy ze stabilnością częstotliwości i napięcia.
Czas odbudowy	Długi (miesiące–lata). Doświadczenie Ukrainy wskazuje na brak realnych możliwości odbudowy w warunkach wojennych (m.in. z uwagi na powtarzalność ostrzałów).	Przedłużona destabilizacja systemu.
Zależność od komponentów	Wysoka – niezbędne są wyspecjalizowane turbiny i transformatory. Problemem jest również długi łańcuch dostaw.	Ograniczona szybkość napraw.
Ryzyko powtórnych ataków	Wysokie – duże obiekty łatwe do ponownego ostrzału.	Odbudowa może być przerywana.
Koszty	Koszty prowadzonego przez agresora ostrzału (dronów i rakiet) są relatywnie niewielkie, a przynoszą mierzalny rezultat w postaci uszkodzenia bloku/elektrowni i kosztów ewentualnej odbudowy.	Atakowane państwo w szybkim tempie ponosi wysokie straty finansowe. Agresorowi opłaca się atakować scentralizowany system energetyczny.
Wpływ na gospodarkę	Duże jednostkowe straty mocy.	Ograniczenia produkcji przemysłowej, przerwy w dostawach energii.
Efekt strategiczny	Wysoka koncentracja ryzyka.	Przyspieszona destabilizacja państwa.

5. Odnawialne źródła energii w warunkach wojny – odporność, odbudowa i decentralizacja

Przed pełnoskalową inwazją Rosji na Ukrainę ponad 40% mocy OZE (fotowoltaiki i turbin wiatrowych) znajdowało się na terenach, które obecnie są okupowane przez Rosję. Źródła OZE były więc względnie skoncentrowane geograficznie. W szczególności dotyczyło to energetyki wiatrowej, której główne moce zlokalizowane były w obwodach chersońskim i zaporoskim³³. Okupacja tych terenów przełożyła się więc bezpośrednio na wysoką utratę mocy, mimo że same turbiny wiatrowe nie zawsze były fizycznie niszczone.

Wojenny rozkwit fotowoltaiki

Fotowoltaika (PV) okazała się jednym z najbardziej dynamicznie rozwijających się segmentów ukraińskiej energetyki w warunkach wojennych. Do 2024 roku Ukraina utraciła ok. 14% mocy PV (z poziomu ok. 8,3 GW przed inwazją), przy czym straty dotyczyły głównie dużych, komercyjnych instalacji przemysłowych³⁴. Był to poziom nieporównywalnie niższy niż w przypadku konwencjonalnych elektrowni na węgiel i gaz.

W dalszym okresie nastąpiła dynamiczna odbudowa i przyrost nowych mocy. Według Solar Energy Association of Ukraine (SEAU) w 2025 roku zainstalowano 1,5 GW nowych mocy PV – niemal dwukrotnie więcej niż ok. 800 MW wybudowanych w 2024 roku. W styczniu 2026 roku łączna moc PV przekroczyła poziom 8,5 GW, czyli wynosi więcej niż przed pełnoskalową inwazją. Obecny wzrost jest w dużej mierze napędzany przez prosumentów³⁵. Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) szacuje, że do 2030 roku moc PV w Ukrainie może wzrosnąć do około 31 GW³⁶.

Eksperti wskazują fotowoltaikę jako jeden z kluczowych elementów pokrywania deficytu energetycznego Ukrainy³⁷. Systemy PV, które nie są pierwszym celem ostrzałów, okazały się cennym zasobem. Z punktu widzenia agresora znacznie tańszym i bardziej efektywnym sposobem destabilizacji systemu jest atakowanie dużych, scentralizowanych bloków energetycznych niż tysiące małych instalacji PV.

Stosowane w Ukrainie modułowe panele PV wykazują relatywnie wysoką odporność. Przykładem mogą być panele wykonane z polimerów, które zachowują funkcjonalność nawet po trafieniu pociskiem, a w przypadku eksplozji nie generują groźnych odłamków³⁸. Ich niewielkie rozmiary ułatwiają ukrycie i rozproszenie. Dron może wyeliminować kilka modułów, jednak ich wymiana jest szybka i opiera się na standardowych komponentach, często też nie wymaga ciężkiego sprzętu. Rozmieszczenie paneli na dachach licznych budynków tworzy zdecentralizowany system zasilania, którego systematyczne niszczenie jest logistycznie i ekonomicznie nieopłacalne dla agresora³⁹. Strata pojedynczej instalacji ma nieporównywalnie mniejszy wpływ na system niż utrata dużej jednostki wytwórczej⁴⁰.

Instalacje PV coraz częściej wykorzystywane są jako lokalne źródła zasilania infrastruktury krytycznej. Przykłady obejmują projekt 340 kW PV w mieście Czortków, instalację o mocy 30 kW z magazynami energii w miejscowości Donec, która zasila lokalną infrastrukturę wodną i umożliwia dostęp do wody nawet w warunkach przerw w dostawach

³³ European Union Institute for Security Studies: *Keeping the lights on: How Ukraine can build a resilient energy system (and why this matters to the EU)*, 28.03.2025.

³⁴ IEA: *Policy Options to Accelerate Distributed Solar PV in Ukraine*, listopad 2025.

³⁵ PV Magazine: *Ukraine deploys 1.5 GW of solar in 2025*, 26.01.2026.

³⁶ IEA: *Policy Options to Accelerate Distributed Solar PV in Ukraine*, listopad 2025.

³⁷ Instrat: *Ukraine against darkness*, 26.11.2024.

³⁸ Netherlands Enterprise Agency: *The road to sustainable energy is paved with solar panels*, 28.08.2025.

³⁹ The Crucial Years: *It's hard to drone a solar panel*, 04.10.2025.

⁴⁰ IEA: *Empowering Ukraine Through a Decentralised Electricity System*.

energii, szpital w Słobożańskim⁴¹ czy ambulatorium we wsi Horenka⁴². Fotowoltaika w połączeniu z magazynami energii jest obecnie najszybszą do wdrożenia technologią – a czas odbudowy w warunkach wojny ma znaczenie kluczowe.

Energetyka wiatrowa – wysokie straty w wyniku okupacji

W wyniku pełnoskalowej rosyjskiej inwazji Ukraina utraciła około 74% mocy z wiatru na lądzie. Główną przyczyną była koncentracja farm wiatrowych w obwodach chersońskim i zaporoskim, które obecnie w dużej mierze znajdują się pod okupacją.

Farmy wiatrowe nie stanowią pierwszego celu ataku – ich zniszczenie wymaga trafienia w dziesiątki masztów rozrzuconych na dużej powierzchni. Są natomiast podatne na przejęcie w przypadku okupacji terenu⁴³. Wskazuje to wyraźnie, że koncentracja regionalna mocy wytwórczych zwiększa podatność systemu na destabilizację niezależnie od technologii.

Pomimo warunków wojennych do połowy 2024 roku Ukraina zdołała wybudować 230 MW nowych mocy wiatrowych, a kolejne projekty o łącznej mocy ponad 7 GW znajdują się na różnych etapach realizacji (20 MW zainstalowano w 2024 roku)⁴⁴.

Rozproszony system energetyczny z tysiącami źródeł, w tym OZE, w warunkach wojny zwiększa odporność systemową

Doświadczenia Ukrainy pokazują, że o odporności systemu energetycznego decyduje nie tylko rodzaj technologii, lecz także architektura samego systemu. System rozproszony, oparty na OZE i magazynach energii oraz wysokich zdolnościach wymiany transgranicznej zmniejsza ryzyko destabilizacji kraju i skraca czas odbudowy.

Źródła rozproszone, zlokalizowane blisko centrów zapotrzebowania, zmniejszają zależność systemu od linii przesyłowych wysokiego napięcia. Produkcja energii bliżej odbiorcy ogranicza skalę potencjalnych przerw w dostawach w przypadku uszkodzenia pojedynczego węzła sieciowego.

Trafienie pojedynczej instalacji – na przykład farmy fotowoltaicznej – nie powoduje istotnych konsekwencji systemowych, ponieważ pozostałe źródła mogą przejąć część obciążenia. System rozproszony umożliwia również stosowanie dodatkowych form ochrony pasywnej oraz szybszą odbudowę infrastruktury dzięki mniejszej skali zniszczeń i większej dostępności komponentów.

Rozproszenie nie eliminuje zagrożeń, ale znacząco podnosi próg skutecznej destabilizacji systemu. Pokazuje to dobitnie, że decyzje dotyczące struktury przyszłych mocy wytwórczych mają bezpośrednie znaczenie dla bezpieczeństwa narodowego.

⁴¹ PV Magazine: *Ukrainian city switches on solar arrays for local water utility*, 25.09.2025.

⁴² Greenpeace Ukraine: *Building Ukrainian resilience: the green reconstruction of Horenka hospital*, 01.02.2023.

⁴³ European Union Institute for Security Studies: *Keeping the lights on: How Ukraine can build a resilient energy system (and why this matters to the EU)*, 28.03.2025.

⁴⁴ Energy Partnership Ukraine-Germany: *Ukraine wind energy market analysis*, 07.2025.

6. Podsumowanie i wnioski dla Polski

Doświadczenia Ukrainy z lat 2022–2026 udowadniają, że odporność systemu energetycznego w warunkach wojny zależy przede wszystkim od jego struktury. Największe straty poniosły duże, scentralizowane elektrownie konwencjonalne na węgiel i gaz oraz infrastruktura przesyłowa wysokiego napięcia. Utrata pojedynczych bloków o dużej mocy powodowała natychmiastowy deficyt w systemie, zaburzenia bilansowania i wzrost ryzyka blackoutu. Odbudowa tych jednostek okazuje się procesem wieloletnim, kosztownym i podatnym na ponowne ataki, a więc w dużej mierze nieskutecznym.

Rozproszone odnawialne źródła energii – w szczególności fotowoltaika wsparta magazynami energii – wykazują znacznie większą odporność, a ich odbudowa i budowa nowych jest możliwa także w warunkach wojennych. Pokazuje to, że system oparty na wielu mniejszych jednostkach wytwórczych może być potencjalnie trudniejszy do szybkiej destabilizacji niż system skoncentrowany wokół kilku dużych obiektów infrastruktury energetycznej.

Dla Polski oznacza to, że wybór między koncentracją a rozproszeniem nie jest wyłącznie decyzją technologiczną – to decyzja strategiczna dotycząca poziomu bezpieczeństwa państwa. Zastępowanie dużych bloków węglowych dużymi blokami gazowymi utrwała koncentrację mocy w kilku obiektach, a co za tym idzie – wysokie ryzyko destabilizacji systemu energetycznego. Odporność systemu zależy od stopnia koncentracji elementów krytycznych, zdolności do pracy wyspowej, poziomu rozproszenia źródeł oraz rozwoju magazynów energii i elastycznego zarządzania popytem.

Planowanie Krajowego Systemu Elektroenergetycznego powinno więc uwzględniać nie tylko koszty i cele klimatyczne, lecz także odporność strukturalną na scenariusze o charakterze militarnym i hybrydowym. Oparcie go na dużej koncentracji mocy w ograniczonej liczbie lokalizacji oznacza utrzymywanie wysokiego efektu pojedynczego uderzenia, a także silną zależność od magistralnej infrastruktury przesyłowej, której uszkodzenie może prowadzić do ogólnokrajowych konsekwencji.

Doświadczenia Ukrainy jednoznacznie pokazują, że projektowanie systemu energetycznego bez uwzględnienia różnych scenariuszy militarnych jest poważnym błędem strategicznym. Polska powinna pilnie ograniczyć koncentrację mocy w pojedynczych lokalizacjach, zahamować dalsze utrwalanie modelu opartego na dużych blokach i przyspieszyć rozwój rozproszonych OZE wspartych magazynami energii, a także zwiększać efektywność energetyczną oraz możliwości sterowania popytem. Konieczne jest wzmocnienie zdolności pracy wyspowej infrastruktury krytycznej, dywersyfikacja geograficzna nowych mocy oraz taki rozwój sieci, by były odpowiednio chronione oraz zdolne do szybkiego przyłączania nowych mocy. Każda inwestycja w nowe moce powinna być oceniana nie tylko pod kątem kosztu i emisji, lecz także pod kątem koncentracji ryzyka w scenariuszu możliwej wojny. Krajowy System Elektroenergetyczny nie może bazować na kolejnych dużych blokach gazowych i musi zostać przeprojektowany tak, aby ewentualna utrata jednego elementu nie prowadziła do ogólnokrajowych konsekwencji – dziś jest to kwestia bezpieczeństwa państwa, a nie wyłącznie transformacji energetycznej.

Tabela 3. Podsumowanie: system scentralizowany vs. system rozproszony (na bazie doświadczeń Ukrainy w latach 2022–2026)

Kryterium	System scentralizowany (duże bloki, niewiele obiektów)	System rozproszony (z dużym udziałem OZE i magazynów energii, tysiące źródeł)
Efekt pojedynczego trafienia	Bardzo wysoki – utrata jednego bloku oznacza ubytek setek MW lub mocy liczonej w GW.	Niski – utrata pojedynczej instalacji ma marginalny wpływ systemowy.
Ryzyko blackoutu	Wysokie – w systemie scentralizowanym większe jest prawdopodobieństwo awarii kaskadowych.	Niższe – rozproszenie i zdolność do pracy w trybie wyspy energetycznej ogranicza efekt domina.
Zależność od sieci przesyłowej	Wysoka – system scentralizowany wymaga rozbudowanej sieci wysokiego napięcia (w Polsce 220–400 kV). W warunkach wojennych podstacje i transformatory stają się celami.	Niższa – produkcja energii ma miejsce bliżej odbiorców; źródła są wpięte do lokalnej sieci dystrybucyjnej.
Możliwości obrony	Obrona elementów systemu scentralizowanego jest kosztowna i nie w pełni skuteczna. Wymaga zaawansowanych systemów obrony powietrznej AA (np. Patriot) oraz dostępności amunicji do tych systemów.	Mnogość i rozproszenie obiektów utrudnia jednoczesny atak na wszystkie z nich. Możliwość ochrony pasywnej i rozproszenia ryzyka.
Czas odbudowy	Lata – potrzebne są duże, specjalistyczne komponenty, skomplikowana logistyka. Brak realnych możliwości odbudowy w warunkach wojennych.	Miesiące – modułowość, standaryzacja, łatwiejszy transport ułatwiają odbudowę.
Elastyczność finansowania inwestycji energetycznych	Wysokie ryzyko inwestycyjne przekłada się na trudniejszy dostęp do finansowania oraz wyższy koszt pozyskania kapitału.	W przypadku wielu mniejszych projektów łatwiej pozyskać finansowanie z różnych źródeł.
Odporność strukturalna na destabilizację całego systemu	Niska – koncentracja mocy w niewielu obiektach generuje wysokie ryzyko systemowe.	Wyższa – rozproszenie i znacząca liczba obiektów, z których część może pracować w trybie wyspowym i jest szybka w odbudowie, ogranicza możliwości skutecznej destabilizacji całego systemu.

Rozproszone trudniej trafić

System energetyczny z tysiącami małych źródeł jako element polskiej racji stanu. Lekcje z doświadczeń Ukrainy.

GREENPEACE