Rozptýlené zdroje ťažšie zasiahnuť

Energetický systém s tisíckami malých zdrojov ako súčasť národnej stratégie

Poučenia zo skúseností Ukrajiny

GREENPEACE

Rozptýlené zdroje ťažšie zasiahnuť
Energetický systém s tisíckami malých zdrojov
ako súčasť národnej stratégie. Poučenia zo skúseností Ukrajiny.

Dátum publikácie: máj 2026

Autorka: Anna Meres, Dorota Osvaldová

Jazyková redakcia: Magdalena Majewska, Miroslava Ábelová

Grafická úprava: miazgastudio.com, Magdaléna Mackovičová

GREENPEACE

Obsah

1. ÚVOD 4

2. KĽÚČOVÉ ZISTENIA 6

3. VÝVOJ RUSKÝCH ÚTOKOV NA ENERGETICKÝ SYSTÉM UKRAJINY 8

4. SCENTRALIZOVANÝ SYSTÉM ZALOŽENÝ NA VEĽKÝCH BLOKOCH KONVENČNÝCH ELEKTRÁRNÍ AKO FAKTOR PRISPIEVAJÚCI K DESTABILIZÁCII ŠTÁTU V PODMIENKACH VOJNY 10

5. OBNOVITEĽNÉ ZDROJE ENERGIE V PODMIENKACH VOJNY – ODOLNOSŤ, OBNOVA A DECENTRALIZÁCIA 18

6. ZHRNUTIE A ZÁVERY PRE SLOVENSKO 20

1. Úvod

Európa prechádza procesom hlbokej transformácie energetického sektora. Niektoré krajiny, vrátane našich susedov z V4, ako sú Česko alebo Poľsko, plánujú odstavenie časti uhoľných blokov a ich nahradenie výstavbou veľkých plynových blokov či nových jadrových elektrární. Aj na Slovensku sa hovorí o desaťmiliardových investíciách do novej jadrovej elektrárne. Rozhodnutia, ktoré sa prijímajú v súčasnosti, budú určovať štruktúru elektrickej sústavy na celé desaťročia. Model založený na veľkých výrobných jednotkách bol dlhodobo dominantným spôsobom organizácie elektroenergetických systémov v Európe. Jeho návrh však nezohľadňoval scenáre dlhodobého ozbrojeného konfliktu či vojny. Dnes v jednej zo susedných európskych krajín prebieha vojna, v ktorej sa energetická infraštruktúra stala hlavným cieľom vojenských operácií. Z výrobnej a distribučnej energetickej infraštruktúry sa zo dňa na deň stali nástroje a ciele vojenskej mašinérie a energia, ktorá umožňuje každodenný chod našej krajiny, sa stala vojenskou zbraňou. Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že veľké elektrárne, rozvodne a prenosové siete môžu byť systematicky ničené s cieľom destabilizovať štát.

O zraniteľnosti súčasného centralizovaného systému výroby a rozvodu energie píše vo svojej štúdii aj NATO[1], ktoré volá po podpore obnoviteľných zdrojov energie a iných zdrojov energie, ktoré nie sú založené na fosílnych palivách, ako po kľúči k bezpečnosti aliancie, a to napriek súčasnému vedeniu jeho najsilnejšieho člena, USA, ktorý podkopáva snahy o odklon od ropy a fosílneho plynu.

V tomto kontexte sa oprávnene vynára otázka odolnosti energetického systému – teda toho, ako štruktúra výroby a rozloženie výkonu ovplyvňujú schopnosť štátu fungovať v podmienkach dlhodobej krízy.

Slovensko sa v súčasnosti nebezpečne spolieha na zraniteľný energetický systém založený na niekoľkých centralizovaných zdrojoch. Tie sú čoraz viac ohrozené eskalujúcou klimatickou krízou. Jadrové elektrárne musia pri zvyšujúcej sa teplote vody určenej na chladenie znižovať svoj výkon a zároveň ich ohrozuje sucho či nedostatok vody, čo sa týka aj vodných elektrární.

Okrem klimatických rizík vojna na Ukrajine ukazuje, že centralizované energetické zdroje predstavujú jednoduché vojenské ciele, pričom ich vyradenie môže ochromiť fungovanie celej krajiny, vrátane civilistov.

Zraniteľný je aj plyn, ktorý stále tvorí približne 10 % výroby elektriny. Jeho dostupnosť a cena sú citlivé na geopolitický vývoj a konflikty, ktoré nemusia priamo súvisieť s dodávkami na Slovensko. Vidíme to aj na súčasnej Hormuzskej kríze vyvolanej americko-izraelským útokom voči iránskemu režimu.

Naopak, decentralizované zdroje energie ako slnko, vietor či geotermálna energia, sú výrazne odolnejšie voči klimatickým aj geopolitickým rizikám, napriek tomu dnes na Slovensku produkujú len malé množstvo energie. Okrem vodnej energie (17 %) a biomasy (5 %) pochádza iba 2,4 % výroby elektriny zo slnka, geotermálna energia sa na výrobe elektriny nepodieľa vôbec, hoci má značný potenciál, a veterná energia napriek európskym snahám o jej rozvoj prakticky neexistuje, s výnimkou niekoľkých turbín v Cerovej[2].

[1] Politico: *NATO backs renewables as solution to energy security, despite US skepticism,* 10.5.2026

[2] OKTE: *Národný energetický mix (2024),* 31.3.2025

Táto analýza predstavuje syntetické zhrnutie skúseností Ukrajiny z rokov 2022 – 2026, teda od začiatku absolútnej ruskej inváze. Popisuje **proces postupnej degradácie ukrajinského energetického systému, opisuje mechanizmy, ktoré umožňujú jeho fungovanie napriek veľkým** stratám a analyzuje strategický posun smerom k viac decentralizovanej štruktúre výroby energie počas vojny. Zároveň ukazuje, aké závery by z týchto skúseností malo vyvodiť Slovensko.

2. Kľúčové závery

Absolútna inváziа Ruska na Ukrajinu, ktorá trvá od začiatku roka 2022, sa stala **bezprecedentným testom doterajšej koncepcie energetickej bezpečnosti Ukrajiny** a priniesla množstvo zásadných poznatkov o fungovaní a degradácii energetického systému v podmienkach dlhotrvajúcej vojny. Početné analýzy, ktoré v tomto období vznikli a opisujú vplyv vojnových operácií na ukrajinský energetický sektor, jednoznačne ukazujú, že cieľom útokov boli – a naďalej sú – nielen elektrárne a teplárne, ale aj prenosová infraštruktúra, vysokonapäťové rozvodne, sklady palív a ťažobná infraštruktúra. Výrazné straty výrobného výkonu a škody spôsobené systematickým ostreľovaním prenosových uzlov odhalili štrukturálnu slabosť systémov založených na koncentrácii výkonu vo veľkých výrobných jednotkách.

Analýza tejto situácie a smerovania plánovanej transformácie európskeho energetického sektora umožňuje formulovať nasledujúce závery:

1

Skúsenosti Ukrajiny jednoznačne ukazujú, že elektroenergetický systém založený na koncentrácii výkonu vo veľkých konvenčných blokoch predstavuje v podmienkach vojny vážne riziko. Sústreďovanie významnej časti výrobnej kapacity do malého počtu lokalít spôsobuje, že jediný zásah môže vyvolať neprimerane veľký systémový efekt. V podmienkach súčasnej vojny to znamená štrukturálnu náchylnosť k destabilizácii.

2

Napriek týmto skúsenostiam súčasný slovenský energetický systém do veľkej miery reprodukuje model vysokej koncentrácie výkonu. Jadrové elektrárne vo dvoch lokalitách doplnené výrobou vodných elektrární sú zraniteľné v kontexte možných útokov. Nová jadrová elektráreň, rovnako ako plánovaná vodná elektráreň Málinec, nemenia štruktúru systému – naopak, ju upevňujú. To nevylučuje zachovanie obmedzeného počtu objektov kľúčových pre národnú energetickú bilanciu, ktoré sa v podmienkach vojny môžu stať prioritnými cieľmi útokov. Vo svetle skúseností Ukrajiny znamená pokračovanie v budovaní systému založeného na veľkých, centralizovaných výrobných jednotkách udržiavať náchylnosť k destabilizácii, čo môže mať počas vojny vážne dôsledky pre bezpečnosť štátu.

3

Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že opakované útoky na zariadenia s veľkým inštalovaným výkonom spôsobujú najväčšie straty v systéme. Ukrajina stratila takmer 90 % kapacity konvenčných elektrární (spaľujúcich uhlie a plyn) a v podmienkach vojny ich nedokáže efektívne obnoviť. Obzvlášť zraniteľné sú teplárne, ktorých zničenie znamená súčasný výpadok elektriny aj tepla pre veľké mestá.

4

Slovensko zároveň zvyšuje závislosť od dovážaného plynu. Rôzne podporné mechanizmy pre kombinovanú výrobu elektriny a tepla z plynu, rovnako ako aj súčasné cenové regulácie týkajúce sa plynu (zastropovanie ceny plynu na výrobu tepla, cenová regulácia ceny tepla), či investičná podpora z modernizačného fondu na teplárenstvo zvýhodňujúca kombinovanú výrobu elektriny a tepla (KVET) zvyšuje závislosť Slovenska od plynu. V prípade vojenskej eskalácie sa plynová infraštruktúra môže stať cieľom raketových útokov, dronov, sabotáže alebo hybridných operácií. **Predpoklad, že moderné systémy proti-**

vzdušnej obrany zabezpečia úplnú ochranu takejto infraštruktúry, skúsenosti Ukrajiny nepotvrdzujú. Aj pri medzinárodnej podpore zostáva ich účinnosť obmedzená – najmä pri vlnách dronov a rakiet, taktikou opakovaných úderov a pri obmedzených zásobách munície. Každý úspešný zásah veľkého energetického objektu má dlhodobé systémové dôsledky.

5

Naopak, systém založený na obnoviteľných zdrojoch energie, akumulácii energie a lokálnych výrobných riešeniach zvyšuje odolnosť vďaka územnému rozptýleniu a modularite infraštruktúry. Veľký počet zdrojov s malým inštalovaným výkonom znamená, že výpadok jednej jednotky nevedie k okamžitej destabilizácii celého systému. Pre potenciálneho útočníka to znamená nutnosť vykonávať množstvo rozptýlených operácií s vysokými nákladmi a obmedzeným strategickým efektom. **Rozptýlenie síce neeliminuje riziko škôd, ale výrazne zvyšuje náklady na efektívny útok.**

6

Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že štruktúra energetického systému má priamy vplyv na schopnosť štátu zabezpečiť nepretržité fungovanie verejnej správy, zdravotníctva, systémov zásobovania vodou a kanalizácie, dopravy a priemyslu. V tomto zmysle by sa energetika mala považovať za integrálnu súčasť národnej bezpečnosti.

Vybudovanie rozptýlenejšieho systému – založeného na tisícoch zdrojov výroby, skladovania energie, energetickej efektívnosti, vysokej kapacity cezhraničnej výmeny, flexibilného riadenia dopytu a schopnosti kritickej infraštruktúry fungovať v ostrovnom režime – nie je výlučne klimatickým alebo ekonomickým rozhodnutím. Je to strategické rozhodnutie, ktoré ovplyvňuje odolnosť štátu v krízových a vojnových situáciách.

Rozvoj tejto architektúry musia sprevádzať systémové opatrenia, ktoré posilnia celú štruktúru kritickej infraštruktúry. Patria medzi ne:

1

zvýšenie energetickej nezávislosti kľúčových objektov (nemocníc, vodovodných sietí, centier krízového riadenia, priemyselnej infraštruktúry) od centrálnej prenosovej siete prostredníctvom rozvoja schopnosti fungovať v ostrovnom režime;

2

posilnenie kybernetickej bezpečnosti energetickej infraštruktúry, pretože v podmienkach hybridnej vojny sú telekomunikačné a informačné systémy rovnako dôležitým cieľom ako fyzická infraštruktúra;

3

posilnenie pasívnej ochrany kľúčových prvkov siete – najmä vysokonapäťových rozvodní, ktoré predstavujú uzly strategického významu;

4

rozvoj inteligentných sietí (smart grids), ktoré umožňujú dynamické riadenie dopytu po energii (Demand Side Response, DSR) a rýchle izolovanie poškodených častí systému bez odpojenia celých regiónov;

5

zabezpečenie kvalifikovaných pracovníkov schopných riadiť energetický systém a vykonávať opravy v krízových podmienkach.

3. Vývoj útokov Ruska na energetický systém Ukrajiny

Od začiatku absolútnej invázie na Ukrajinu vo februári 2022 prechádzali ruské útoky zamerané na energetickú infraštruktúru viacerými fázami, ktoré odzrkadľovali zmenu taktiky a operačných cieľov agresora. Analýza týchto fáz umožňuje pochopiť mechanizmy poškodzovania energetického systému v podmienkach vojnového stavu.

Fáza 1: február 2022 – september 2022

FYZICKÉ OBSADZOVANIE INFRAŠTRUKTÚRY

V počiatočnej fáze vojny sa Rusko sústredilo na obsadzovanie kľúčových častí ukrajinskej energetickej infraštruktúry, ktoré sa nachádzali v dosahu pozemných operácií. Najvýznamnejšou udalosťou bolo obsadenie Záporožskej jadrovej elektrárne (ZNPP), čo znamenalo stratu približne 6 GW stabilného základného výkonu. Rusko zároveň prevzalo kontrolu nad významnou časťou ukrajinských veterných elektrární.

Fáza 2: október 2022 – marec 2023

DRONOVÁ A RAKETOVÁ KAMPAŇ PROTI PRENOSOVEJ SIETI A VÝROBNÝM ZARIADENIAM

Dňa 10. októbra 2022 Rusko spustilo masívnu kampaň útokov s využitím dronov a rakiet zameranú na ukrajinský energetický systém[3]. Cieľom sa stali predovšetkým prvky prenosovej siete, ale aj výrobné jednotky. Taktika spočívala vo vyvolávaní kaskádových porúch a spôsobovaní výpadkov elektrickej energie, najmä v zimnom období. Kľúčovými faktormi pre obranu ukrajinského energetického systému sa v tom čase ukázali protivzdušná obrana a dostupnosť munície.

Fáza 3: marec 2024 – august 2024

ESKALÁCIA A FYZICKÁ LIKVIDÁCIA VÝROBNÝCH KAPACÍT

V roku 2024 Rusko výrazne zmenilo taktiku. Útoky sa sústredili na priame ničenie konvenčných a vodných elektrární. V priebehu šiestich mesiacov Rusko uskutočnilo deväť koordinovaných útokov[4].

V období od marca do júla 2024 Ukrajina stratila približne 9,2 GW výrobnej kapacity[5]. V lete 2024 dosiahol deficit kapacity približne 2,5 GW a Kyjev čelil pravidelným výpadkom elektrickej energie[6].

Celkovo v období od októbra 2022 do septembra 2024 Rusko napadlo ukrajinskú energetickú infraštruktúru viac než tisíckrát (1024 zdokumentovaných prípadov)[7].

[3] EESC: *Lessons of War: Ukraine's Energy, Infrastructure Damage, Resilience and Future, Opportunities,* 10.05.2024.

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

[5] IEA: *Empowering Ukraine Through a Decentralised Electricity System,* 17.12.2024.

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

[7] Tamtiež

Fáza 4: rok 2025 - začiatok 2026

KOMPLEXNÉ OPAKOVANÉ ÚTOKY

V roku 2025 sa útoky stali komplexnejšími a lepšie koordinovanými. Rusko kombinovalo masové nasadenie dronov typu Shahed (s cieľom preťažiť protivzdušnú obranu) s presnými útokmi balistických a riadených striel. Osobitným cieľom sa stali teplárne zabezpečujúce vykurovanie veľkých miest.

V novembri 2025 Rusko v rámci jediného rozsiahleho útoku vypustilo smerom na Ukrajinu viac než 450 dronov a 45 rakiet rôznych typov, vrátane 32 balistických rakiet. Väčšina z nich zasiahla svoj cieľ[8]. Útoky boli zamerané aj na infraštruktúru obnovenú v roku 2024[9], ako aj na rozvodne napájajúce jadrové elektrárne (Chmelnycká a Rivnenská)[10], čo viedlo k dočasnému obmedzeniu ich výkonu[11]. V období od marca do novembra 2025 bolo zaznamenaných viac než 4400 útokov na energetické zariadenia[12].

Ďalšie masívne útoky sa uskutočnili v januári 2026. V januári bolo približne 60 % Kyjeva dočasne bez elektriny a tisíce domácností bez vykurovania[13]. Najväčšie škody spôsobovali balistické rakety, ktoré je obzvlášť ťažké zachytiť[14].

Systémové dôsledky

Postupom času sa výpadky elektriny stávali častejšími a dlhšími – aj v priemysle. Ukrajina zaviedla harmonogramy plánovaných odstávok, aby umožnila opravy a stabilizáciu sytstému. Približne 6,3 milióna ľudí denne zažíva výpadky elektriny, ktoré trvajú 8 až 16 hodín[15].

Zároveň výrazne vzrástol dovoz elektriny z krajín Európskej únie. V januári 2026 dosiahol rekordnú úroveň. Kapacita cezhraničného prepojenia medzi EÚ a blokom Ukrajina–Moldavsko sa zvýšila na 2,45 GW[16].

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

[9] Business Insider Polska: *Najsilniejszy dotąd atak Rosji na elektrownie cieplne Ukrainy. „Produkcja energii wynosi zero",* 8.11.2025.

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

[11] Energetyka24: *Rosja ostrzelała podstacje zasilające elektrownie jądrowe na Ukrainie,* 31.10.2025.

[12] XYZ: *ReBuild Ukraine. Wiceminister energii: Ukraina utraciła 6,8 GW mocy i 40 proc. produkcji gazu,* 13.11.2025.

[13] Gazeta Prawna: *Kryzys energetyczny na Ukrainie: 60 proc. Kijowa bez prądu i ogrzewania. W całym kraju awaryjne wyłączenia,* 23.01.2026.

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

[15] XYZ: *ReBuild Ukraine. Wiceminister energii: Ukraina utraciła 6,8 GW mocy i 40 proc. produkcji gazu,* 13.11.2025.

[16] Dixi Group: *Electricity imports to Ukraine reached a historic high in January,* 4.02.2026.

4. Centralizovaný systém založený na veľkých konvenčných blokoch ako faktor prispievajúci k destabilizácii štátu v podmienkach vojny

Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že počas vojny je kľúčové nielen to, akým výkonom energetický systém disponuje, ale aj to, ako rýchlo oň môže v dôsledku útokov prísť. Z tohto hľadiska centralizovaný systém založený na veľkých konvenčných elektrárňach odhaľuje svoju štrukturálnu slabosť a prispieva k urýchlenej destabilizácii štátu. Koncentrácia výkonu v obmedzenom počte výrobných zdrojov spôsobuje, že jediný zásah môže vyvolať systémový efekt, ktorého dôsledky presahujú energetický sektor. Každé obsadenie alebo zničenie veľkého zariadenia priamo obmedzuje schopnosť štátu vyrábať elektrinu, vyrovnávať bilanciu systému a udržiavať stabilitu siete. Čím rýchlejšia je strata výkonu, tým vyššie je riziko kaskádových porúch, rozsiahlych výpadkov a hospodárskej i spoločenskej destabilizácie. Rýchlosť degradácie systému sa priamo prejavuje na rozsahu finančných strát (náklady na obnovu alebo výstavbu nových energetických zariadení), narušení priemyselnej výroby a znížení schopnosti štátu zabezpečiť základné verejné služby, fungovanie kritickej infraštruktúry a vedenie obranných operácií.

Rovnako dôležitá je schopnosť obnoviť zničené kapacity. V podmienkach vojny ju ovplyvňujú: možnosť technickej opravy zariadenia, dĺžka realizácie a riziko opakovaných útokov. Čas obnovy závisí od technológie zdroja, dostupnosti špecializovaných komponentov, logistiky ich dodávky a dostupnosti kvalifikovaných pracovníkov. Významný vplyv má aj taktika nepriateľa, najmä opakované ostreľovanie tých istých objektov. Obnova veľkých konvenčných jednotiek je zložitá, zdĺhavá a drahá. V čase vojny to znamená pretrvávanie deficitu energie po mnoho mesiacov alebo dokonca rokov. Model založený na veľkých, centralizovaných výrobných blokoch teda zvyšuje rozsah dôsledkov jediného útoku a predlžuje obdobie destabilizácie po jeho výskyte. V podmienkach vojny to znamená urýchlenie procesu oslabovania štátu prostredníctvom úderov na jeho energetické základy.

Rýchlosť straty výkonu prevyšuje možnosti jeho obnovy

V systéme založenom na veľkých výrobných jednotkách znamená výpadok jedného zariadenia okamžitý a výrazný pokles výkonu na úrovni celej krajiny. To môže rýchlo viesť k nedostatku výroby, problémom s vyvažovaním systému a zvýšenému riziku výpadkov dodávky elektrickej energie.

Pred začiatkom absolútnej ruskej invázie v roku 2022 disponoval ukrajinský energetický systém inštalovaným výkonom približne 56 GW[17]. Opieral sa najmä o veľké jadrové elektrárne (štyri zariadenia s celkovým výkonom približne 14 GW[18]) a uhoľné a plynové elektrárne (približne 25 GW). Jadrové elektrárne dodávali približne 50 % elektrickej energie v krajine.

[17] ACAPS: *Ukraine: Energy infrastructure attacks: updated outlook and impact during the 2024–2025 cold season,* 19.02.2025.

[18] International Energy Charter: *Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – I (*k augustu 24, 2022*).*

Od roku 2022 Ukrajina v dôsledku zničenia, poškodenia alebo zabavenia infraštruktúry stratila približne dve tretiny kapacity systému[19]. Napriek intenzívnej obrane sa nepodarilo zabrániť takýmto veľkým stratám.

Rozsah strát kapacity do roku 2024 v rozdelení podľa zdrojov energie znázorňuje nasledujúca tabuľka.

Tabuľka 1. Rozsah strát kapacity v ukrajinskom energetickom systéme podľa zdrojov

Zdroje	Inštalovaný výkon v GW		Odhadovaná strata v %
	pred inváziou 2021/2022	2024	
Jadrové elektrárne	**13,8**	**7,8**	**43 %***
Konvenčné elektrárne a teplárne spolu	**25,1**	**3,5**	**86 %**
Z toho: konvenčné elektrárne spaľujúce uhlie a plyn	**21,6**	**1,9**	**91 %**
Z toho: tepelné elektrárne	**3,5**	**1,6**	**54 %**
Vodná energetika (vrátane prečerpávacích elektrární)	**6,4**	**3,4**	**47 %**
OZE – vietor	**1,9**	**0,5**	**74 %****
OZE – fotovoltika	**8,3**	**7,1*****	**14 %**

* Strata ZNPP – jednej jadrovej elektrárne.

** Strata v dôsledku územnej koncentrácie a okupácie území.

*** Údaje sú k roku 2024, aby bola zachovaná porovnateľnosť. V prípade fotovoltiky časť nových inštalácií (vo veľkej miere prosumerských) čiastočne kompenzovala straty (viac na túto tému v kapitole 5). Zdroj: vlastná analýza na základe analýzy Instrat a iných zdrojov[20].

Napriek snahám o obnovenie stratenej kapacity bol systém v januári 2026 schopný pokryť len približne 60 % celkovej spotreby elektrickej energie v krajine, čo viedlo k niekoľkohodinovým výpadkom dodávok elektriny v celej krajine[21].

Koncentrácia výkonu urýchľuje destabilizáciu

Pred ruskou inváziou tvorili konvenčné uhoľné a plynové elektrárne a teplárne veľkú časť kapacity systému a zodpovedali za značnú časť výroby elektrickej energie a tepla. Práve ony utrpeli najväčšie straty.

[19] **Instrat** (v správe „*Ukraine against darkness*“ z novembra 2024) uvádza 60 % k polroku 2024. Iné zdroje (*The Kyiv Independent: „As Ukrainians freeze, donated energy equipment sits unused“*, 4. 2. 2026) dodávajú, že len od októbra 2025 došlo v systéme k úbytku 8,5 GW výkonu. Na druhej strane IEA vo svojej správe Empowering Ukraine Through a Decentralised Electricity System (17.12.2024) odhaduje, že už na jar 2024 Ukrajina stratila dve tretiny disponibilného výkonu energetického systému. Portál Russia Matters (*The Russia-Ukraine War Report Card*, 4. 2. 2026) uvádza, že na jeseň 2025 Ukrajina prevádzkovala len tretinu výkonu energetického systému v porovnaní s obdobím pred absolútnou inváziou. Aj Euromaidan Press informuje o strate dvoch tretín výkonu ukrajinského energetického systému (*Ukraine completes first phase of power grid armor*, 5.9.2025).

[20] **Zdroje údajov:**
1) **Instrat:** *Ukraine against darkness;*
2) **International Energy Charter:** *Ukrainian energy sector evaluation and damage assessment – I* **(k augustu 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**.

[21] **CSIS:**
Russia's Grinding War in Ukraine, **27.01.2026**.

Výpadok dodávky elektrickej energie spoločnosti Centrenergo

Dňa 11. apríla 2024 ruské sily uskutočnili raketový útok na elektráreň Trypilská v Kyjevskej oblasti s výkonom 1,8 GW. Na objekt vypálili 11 rakiet – sedem z nich zachytila ukrajinská protivzdušná obrana, zatiaľ čo štyri zasiahli cieľ po vyčerpaní zásob munície. Požiar a zničenie turbínovej haly vyradili elektráreň z prevádzky na celé roky.

Podobný osud postihol aj Zmijivskú elektráreň v marci 2024 v Charkovskej oblasti. V kombinácii s obsadením elektrárne Vuhlehirsk v Doneckej oblasti ruskými silami v júli 2022 to viedlo k strate 100 % výrobnej kapacity štátneho koncernu Centrenergo. Napriek pokusom o obnovu sa stratenú kapacitu nepodarilo obnoviť v dôsledku zintenzívnených útokov dronmi[22].

Tento prípad jasne ukazuje zraniteľnosť veľkých, centralizovaných konvenčných objektov s presne známou polohou voči raketovým útokom a útokom dronov. Obnova takýchto zariadení je zdĺhavá a nákladná, navyše sú vystavené riziku opakovaných útokov.

Práve táto asymetria – rýchle zničenie a pomalá alebo nemožná obnova – spôsobuje, že centralizovaný model zvyšuje riziko dlhodobej destabilizácie energetického systému.

Problém rýchlej straty výkonu sa však netýka len konvenčných elektrární. Vodná energetika, ktorá na Ukrajine zohráva dôležitú úlohu pri vyrovnávaní siete a pokrývaní špičiek spotreby, sa tiež stala terčom opakovaných masívnych útokov a stratila približne 50 % svojho výkonu. Najväčšie straty postihli vodnú Kachovskú vodnú elektráreň (cca 350 MW), ktorá bola úplne zničená tým, že priehradu na Dnepri v júni 2023 vyhodili do vzduchu, a Dneperskú vodnú elektráreň – najväčšiu vodnú elektráreň v krajine (cca 1,6 GW) – vyradenú z prevádzky po masívnych ruských útokoch v marci 2024. Doba jej opravy sa odhaduje najmenej na niekoľko rokov[23].

V prípade jadrových elektrární znamenalo pre systém najväčšiu stratu obsadenie Záporožskej jadrovej elektrárne ruskými silami. Aj keď ostatné jadrové elektrárne neboli priamo bombardované, stali sa nástrojom nátlaku a jadrového vydierania. Rusko sa vyhýbalo priamym úderom na reaktory, systematicky však ničilo rozvodne pri jadrových elektrárňach, čo malo za cieľ vynútiť núdzové odstavenie blokov a odpojenie ich od prenosovej siete. Útoky smerovali na rozvodne, čo viedlo k núdzovým odstávkam blokov a riziku odpojenia od siete[24]. Keďže jadrové elektrárne potrebujú nepretržité napájanie, vznikalo riziko radiačnej havárie.

[22] 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.

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

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

Dlhotrvajúca obnova a opakované útoky

Oprava poškodenej konvenčnej uhoľnej elektrárne alebo teplárne môže trvať niekoľko rokov – a to za predpokladu, že je možné vykonávať stavebné a opravné práce bez prerušenia. Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že za vojnových podmienok je to nerealizovateľné.

Rusko používa taktiku opätovného ostreľovania poškodených alebo čiastočne obnovených objektov – niekedy už po niekoľkých desiatkach minút od prvého úderu, inokedy až po dlhšom čase. To predstavuje priamu hrozbu pre opravárske tímy, hasičov a inžinierov a zároveň zvyšuje riziko, že čas a prostriedky investované do obnovy vyjdú nazmar. Harmonogram realizácie výrazne predlžujú aj prestávky v práci spôsobené protileteckými poplachmi.

Energetické koncerny poukazujú na to, že obnova veľkých elektrární si vyžaduje zabezpečenie ochrany vo forme systémov protivzdušnej obrany chrániacich pred dronmi a raketami. Chýbajúce systémy alebo nedostatok munície priamo sťažujú vykonávanie opravných prác. Proces obnovy teda závisí nielen od finančných prostriedkov a technických kompetencií, ale aj od dostupnosti vojenských zdrojov.

Taktika opakovaného ostreľovania je obzvlášť účinná voči veľkým, centralizovaným objektom. Z ekonomického a operačného hľadiska by bola oveľa menej efektívna, keby cieľom boli tisíce menších, rozptýlených zdrojov energie a sieťových uzlov. Koncentrácia výkonu znamená koncentráciu rizika – a to aj vo fáze obnovy.

Veľkou výzvou zostáva aj dostupnosť náhradných dielov. Komponenty pre veľké energetické bloky sa nevyrábajú sériovo vo veľkých množstvách a často nie sú ihneď k dispozícii. V prípade Ukrajiny je ďalšou prekážkou špecifickosť elektrární, ktorých kľúčové prvky boli navrhnuté a vyrobené ešte v časoch Sovietskeho zväzu. Obmedzená kompatibilita s modernými komponentmi a prerušené dodávateľské reťazce výrazne sťažujú rýchle získanie náhradných dielov[25].

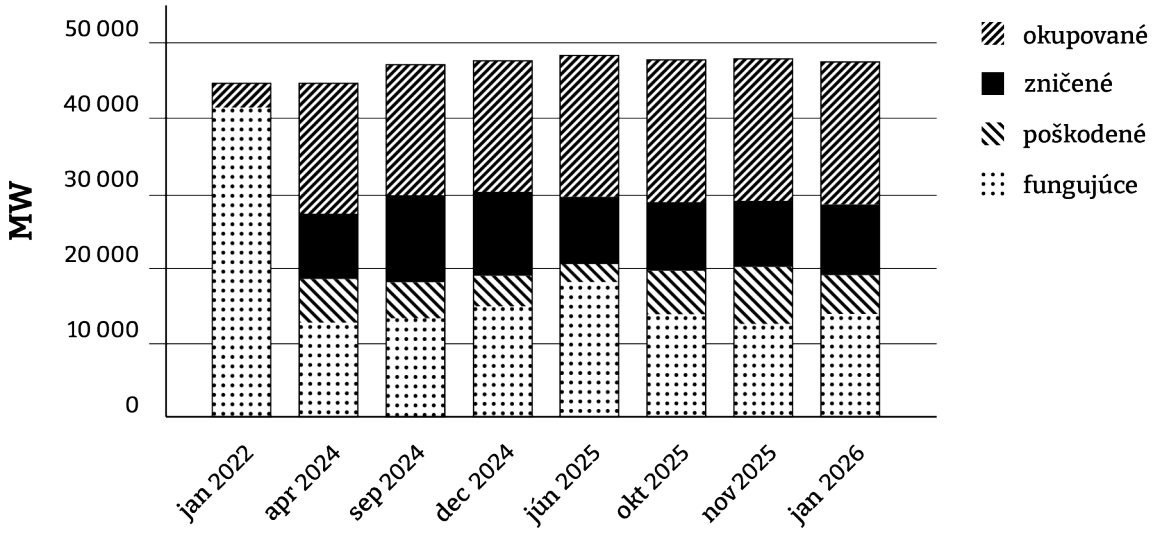
V dôsledku toho je obnova veľkej konvenčnej elektrárne v podmienkach vojny dlhým a nákladným procesom, ktorý so sebou nesie vysoké riziko neúspechu. Ide o ďalší mechanizmus, ktorým centralizovaný model zvyšuje pravdepodobnosť dlhodobej destabilizácie energetického systému.

Prenosová sieť ako kritický bod

Súčasťou zraniteľnosti energetického systému voči destabilizácii sú nielen veľké výrobné jednotky, ale aj s nimi spojené vysokonapäťové prenosové siete.

[25] **AP.** *Ukrainian energy workers carry out repairs despite Russia's pounding of the country's power grid,* 29.11.2024.

Graf 1. Inštalovaný výkon konvenčných elektrární podľa schopnosti využívať tento výkon v ukrajinskom systéme v priebehu času.



Z uvedeného grafu vyplýva, že Ukrajine sa za vojnových podmienok nepodarilo obnoviť veľké výrobné kapacity energetického systému.

Zdroj grafu: *Green Deal Ukrajina: Dodávky elektriny a plynu na Ukrajine: Zima 2025/26,* aktualizácia z januára 2026.

Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že prenosová infraštruktúra sa stala terčom systematických a opakovaných útokov. Útoky na vysokonapäťové rozvodne boli využívané na odrezanie dodávok energie vo veľkom meradle a vynútenie odstávok výrobných blokov. Odhaduje sa, že až približne 50 % rozvodní bolo zničených alebo vážne poškodených[26].

Rozsah poškodenia odhalil kľúčovú úlohu vysokonapäťových transformátorov (330 a 750 kV[27]) a transformátorov distribučných sietí (35–110 kV). Ich výroba je časovo náročná, nákladná a závislá od globálnych dodávateľských reťazcov. Vo vojnových podmienkach sa nedostupnosť týchto prvkov prenosovej siete priamo prejavuje na rýchlosti obnovy dodávok elektrickej energie.

S cieľom chrániť prenosovú infraštruktúru pred útokmi zaviedol prevádzkovateľ siete Ukrenergo trojstupňový systém pasívnej ochrany[28], teda zabezpečenia, ktoré útok nezastaví, ale spôsobuje menšie škody, napr. betónové ochranné konštrukcie či protiraketové kryty[29] pre kľúčové transformátory. Samotná nutnosť výstavby krytov pre prvky siete ukazuje rozsah ohrozenia a náklady na udržiavanie silne centralizovaného systému.

Kybernetická bezpečnosť ako súčasť odolnosti systému

Zraniteľnosť energetického systému voči útokom sa neobmedzuje len na fyzickú infraštruktúru. Súčasné energetické systémy sú vo veľkej miere závislé od informačno-komunikačných systémov, ktoré predstavujú rovnako dôležitý cieľ útokov.

Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že útoky na riadiace systémy môžu viesť

[26] Kyiv School of Economics: *Damages and losses to Ukraine's energy sector due to Russia's full-scale invasion exceeded $56 billion – odhadol KSE Institute* k máju 2024.

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

[28] Euromaidan Press: *Ukraine completes first phase of power grid armor,* 05.09.2025

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

k reálnym prerušeniam dodávok energie bez fyzického poškodenia objektov. Už v roku 2015 došlo ku kybernetickému útoku na prevádzkovateľov distribučných sietí, v dôsledku ktorého – prostredníctvom prevzatia systémov SCADA a diaľkového vypnutia elektroenergetických staníc – došlo k prerušeniu dodávky elektriny pre státisíce odberateľov[30]. V nasledujúcich rokoch Rusko rozvíjalo nástroje určené na útoky na energetický sektor (napr. škodlivý softvér typu Industroyer) a v roku 2022 podniklo pokusy o koordinované kybernetické útoky na energetickú infraštruktúru súbežne s vojenskými operáciami.

V tomto kontexte mení rastúci význam obnoviteľných zdrojov energie charakter rizika. Systém založený na rozptýlených zdrojoch znižuje význam jednotlivých kritických bodov a obmedzuje riziko systémového výpadku, zároveň však zvyšuje počet zariadení pripojených do siete, ktoré môžu predstavovať potenciálne ciele kybernetických útokov. Rozptýlenie teda zvyšuje fyzickú odolnosť systému, ale vyžaduje súbežné posilnenie štandardov kybernetickej bezpečnosti v celej infraštruktúre.

[30] BiznesAlert:
Ukrenergo: Blackout w Kijowie to skutek cyberataku, 18.01.2017.

Asymetria nákladov a efektívnosti útoku na centralizovanú energetickú infraštruktúru a jej obranu

Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že energetická infraštruktúra je jedným z hlavných cieľov vojenských operácií. Rusko na útoky využíva bezpilotné lietadlá aj rôzne typy rakiet, vrátane riadených striel a balistických rakiet. V posledných rokoch sa pozoruje rastúci podiel balistických rakiet, ktoré sú pre systémy protivzdušnej obrany ťažšie zachytiteľné.

Cena takýchto rakiet sa odhaduje na až niekoľko desiatok miliónov USD za kus. Napriek vysokej jednotkovej hodnote tejto výzbroje je jej použitie pri útokoch na energetickú infraštruktúru pre agresora ekonomicky výhodné, pretože zásah veľkých výrobných zariadení alebo kľúčových rozvodní môže mať významné systémové dôsledky pre fungovanie ukrajinskej energetickej siete a prispieť k destabilizácii štátu. Ochrana veľkých energetických zariadení si vyžaduje pokročilé systémy protivzdušnej obrany. V prípade balistických rakiet je jednou z mála technológií s vysokou účinnosťou zachytávania systém Patriot, ktorého cena dosahuje približne 1 miliardu USD za jednu batériu[31]. Jeho použitie závisí od dodávok rakiet zo Spojených štátov.

Podľa ukrajinských odhadov by si účinná ochrana vzdušného priestoru vyžadovala približne 25 systémov Patriot (každý so šiestimi až ôsmimi odpaľovacími zariadeniami[32]), zatiaľ čo v súčasnosti Ukrajina disponuje ôsmimi.

Aj pri vysokej účinnosti systémov protivzdušnej obrany – na úrovni približne 80 % zachytených dronov a rakiet[33] – môžu zvyšné zásahy spôsobiť vážne poškodenie kritickej infraštruktúry. Pri masových útokoch zahŕňajúcich desiatky rakiet a stovky dronov súčasne ani rozsiahly obranný systém nezaručuje úplnú ochranu.

V energetickom systéme založenom na malom počte veľkých výrobných jednotiek môže poškodenie niekoľkých kľúčových inštalácií viesť

[31] Bankier.pl:
Cena systemu Patriot to ok. miliard dolarów. Ukraina „domknie niebo" z 25 zestawami, 06.05.2025.

[32] Tamtiež.

[33] Tamtiež.

k vážnym narušeniam prevádzky celej siete. V systéme založenom na mnohých rozptýlených zdrojoch energie by na dosiahnutie podobného efektu bolo treba oveľa väčšie množstvo zásahov na rôznych miestach.

V podmienkach vojny sa spôsob organizácie energetického systému stáva dôležitým prvkom strategickej odolnosti štátu voči narušeniam a útokom na kritickú infraštruktúru.

Prečo je systém založený na koncentrácii výkonu vo veľkých výrobných jednotkách náchylný na destabilizáciu – zhrnutie

Tabuľka 2: Analýza slabín centralizovaného energetického systému v podmienkach vojnového stavu

Prvok analýzy	Centralizovaný systém (veľké bloky)	Systémový dôsledok
Rozsah jednorazovej straty	Strata jedného bloku alebo zariadenia znamená výpadok výkonu v rozsahu stoviek MW až niekoľkých GW.	Okamžitý deficit výkonu v celoštátnom meradle.
Zraniteľnosť architektúry systému	Silná závislosť systému od centralizovanej prenosovej infraštruktúry vysokého napätia a od kľúčových prvkov s dlhým časom obnovy.	Rozsiahle výpadky dodávok energie, nútené odstavenie výrobných jednotiek a dlhodobá obnova systému v dôsledku obmedzenej dostupnosti komponentov a vysokých nákladov na ich obnovu.
Systémy riadenia a správy prevádzky elektrickej siete	Koncentrácia funkcií riadenia a správy elektrickej siete v centralizovaných systémoch (napr. dispečerské centrá, systémy SCADA), ktoré predstavujú jednotlivé kritické body.	Kybernetický útok na kľúčové riadiace systémy môže viesť k strate kontroly nad veľkou časťou elektrickej siete naraz, čo spôsobí rozsiahle poruchy alebo prerušenia dodávok energie bez nutnosti fyzického poškodenia infraštruktúry.
Tempo výpadku	Rýchle – v krátkom čase môže dôjsť k výpadku veľkej časti systému. Cieľom útoku sú veľké objekty so známou polohou. Vlny dronov a balistických rakiet pri súčasne obmedzených zásobách munície na obranu infraštruktúry spôsobujú významné škody.	Riziko reťazových porúch a výpadku elektrickej energie.
Možnosť vyrovnávania	Obmedzená – chýbajú rovnocenné rezervy.	Problémy so stabilitou frekvencie a napätia.
Čas obnovy	Dlhý (mesiace – roky). Skúsenosti Ukrajiny poukazujú na absenciu reálnych možností obnovy v podmienkach vojny (okrem iného v dôsledku opakovaných útokov).	Predĺžená destabilizácia systému.
Závislosť od komponentov	Vysoká – nevyhnutné sú špecializované turbíny a transformátory. Problémom je aj dlhý dodávateľský reťazec.	Obmedzená rýchlosť opráv.
Riziko opakovaných útokov	Vysoké – veľké objekty, ktoré sa dajú ľahko opakovane ostreľovať.	Oprava môže byť prerušovaná.
Náklady	Náklady na ostreľovanie (dronmi a raketami) zo strany agresora sú relatívne nízke a prinášajú merateľný výsledok v podobe poškodenia bloku/elektrárne a nákladov na prípadnú obnovu.	Napadnutá krajina v krátkom čase utrpí vysoké finančné straty. Agresorovi sa oplatí útočiť na centralizovaný energetický systém.
Vplyv na hospodárstvo	Veľké jednotkové straty výkonu.	Obmedzenia priemyselnej výroby, prerušenia dodávok energie.
Strategický efekt	Vysoká koncentrácia rizika.	Urýchlená destabilizácia štátu.

5. Obnoviteľné zdroje energie v podmienkach vojny – odolnosť, obnova a decentralizácia

Pred absolútnou ruskou inváziou na Ukrajinu sa viac ako 40 % kapacity z obnoviteľných zdrojov energie (fotovoltika a veterné turbíny) nachádzalo na územiach, ktoré sú dnes okupované Ruskom. Zdroje OZE boli teda relatívne geograficky koncentrované. Platilo to najmä pre veternú energetiku, ktorej hlavné kapacity sa nachádzali v Chersonskej a Záporožskej oblasti[34]. Okupácia týchto území preto priamo viedla k výraznej strate výkonu, aj keď samotné veterné turbíny neboli vždy fyzicky zničené.

Vojnový rozmach fotovoltiky

Fotovoltika sa v podmienkach vojnového stavu ukázala ako jeden z najdynamickejšie sa rozvíjajúcich segmentov ukrajinského energetického sektora. Do roku 2024 Ukrajina stratila približne 14 % kapacity fotovoltiky (z úrovne približne 8,3 GW pred inváziou), pričom straty sa týkali najmä veľkých komerčných zariadení[35]. Bola to neporovnateľne nižšia strata než v prípade konvenčných uhoľných a plynových elektrární.

V nasledujúcom období nastal dynamický rozvoj a nárast nových kapacít. Podľa Solar Energy Association of Ukraine bolo v roku 2025 inštalovaných 1,5 GW nových fotovoltických kapacít – takmer dvojnásobok oproti približne 800 MW vybudovaným v roku 2024. V januári 2026 celkový výkon fotovoltiky prekročil úroveň 8,5 GW, čo je viac ako pred absolútnou inváziou. Súčasný rast je do veľkej miery poháňaný aktívnymi zákazníkmi, tzv. prosumermi[36]. Medzinárodná energetická agentúra odhaduje, že do roku 2030 môže výkon elektriny vyrobenej slnkom na Ukrajine vzrásť približne na 31 GW[37].

Experti označujú fotovoltiku za jeden z kľúčových prvkov pokrývania energetického deficitu Ukrajiny[38]. Fotovoltické systémy, ktoré nie sú primárnym cieľom ostreľovania, sa ukázali ako cenný zdroj. Z pohľadu agresora je výrazne lacnejšie a efektívnejšie destabilizovať systém útokmi na veľké centralizované energetické bloky než na tisíce malých fotovoltických inštalácií.

Modulárne fotovoltické panely používané na Ukrajine vykazujú relatívne vysokú odolnosť. Príkladom môžu byť panely vyrobené z polymérov, ktoré si zachovávajú funkčnosť aj po zásahu strelou a v prípade výbuchu nevytvárajú nebezpečné úlomky[39]. Ich malé rozmery uľahčujú ukrytie a rozmiestnenie. Dron môže vyradiť niekoľko modulov, ale ich výmena je rýchla a vychádza zo štandardných komponentov, často bez potreby ťažkej techniky. Umiestnenie panelov na strechách mnohých budov vytvára decentralizovaný systém zásobovania energiou, ktorého systematické ničenie je pre agresora logisticky aj ekonomicky neefektívne40. Strata jednej inštalácie má neporovnateľne menší vplyv na systém než strata veľkej výrobnej jednotky[41].

Fotovoltické zariadenia sa čoraz častejšie využívajú ako lokálne zdroje napájania kritickej infraštruktúry. Medzi príklady patrí projekt fotovoltického zariadenia s výkonom 340 kW v meste Čortkiv (Chortkiv) a zariadenie s výkonom 30 kW so systémom akumulácie energie v obci

[34] 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.

[35] IEA: *Policy Options to Accelerate Distributed Solar PV in Ukraine,* november 2025.

[36] PV Magazine: *Ukraine deploys 1.5 GW of solar in 2025,* 26.01.2026.

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

[38] Instrat: *Ukraine against darkness,* 26.11.2024.

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

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

[41] IEA: *Empowering Ukraine Through a Decentralised Electricity System.*

Doneć, ktoré napája miestnu vodárenskú infraštruktúru a zabezpečuje prístup k vode aj v prípade prerušenia dodávok energie, nemocnica v Slobožanskom[42] či ambulancia v obci Horenka[43]. Fotovoltika v kombinácii so zásobníkmi energie je v súčasnosti technológiou, ktorú možno najrýchlejšie zaviesť – a čas obnovy v podmienkach vojny má kľúčový význam.

Veterná energetika - vysoké straty v dôsledku okupácia

V dôsledku absolútnej ruskej invázie Ukrajina stratila približne 74 % kapacity pevninských veterných elektrární. Hlavnou príčinou bola koncentrácia veterných elektrární v Chersonskej a Záporožskej oblasti, ktoré sú v súčasnosti z veľkej časti okupované.

Veterné farmy nie sú primárnym cieľom útoku – ich zničenie si vyžaduje zasiahnutie desiatok stožiarov rozptýlených na veľkej ploche. Sú však náchylné na prevzatie v prípade okupácie územia[44]. To jasne naznačuje, že regionálna koncentrácia výrobných kapacít zvyšuje náchylnosť systému na destabilizáciu bez ohľadu na technológiu.

Napriek vojnovým podmienkam sa Ukrajine do polovice roka 2024 podarilo vybudovať 230 MW nových veterných kapacít a ďalšie projekty s celkovým výkonom viac ako 7 GW sú v rôznych fázach realizácie (v roku 2024 bolo inštalovaných 20 MW)[45].

Distribuovaný energetický systém s tisíckami zdrojov, vrátane OZE, zvyšuje v podmienkach vojny odolnosť systému

Skúsenosti Ukrajiny ukazujú, že o odolnosti energetického systému rozhoduje nielen typ technológie, ale aj architektúra samotného systému. Distribuovaný systém založený na OZE a skladovacích zariadeniach energie, ako aj na vysokej kapacite cezhraničnej výmeny, znižuje riziko destabilizácie krajiny a skracuje čas potrebný na obnovu.

Distribuované zdroje, umiestnené v blízkosti centier spotreby, znižujú závislosť systému od vysokonapäťových prenosových vedení. Výroba energie bližšie k odberateľovi obmedzuje rozsah potenciálnych prerušení dodávok v prípade poškodenia jediného uzla siete.

Zásah do jedného zariadenia – napríklad fotovoltickej farmy – nemá významné systémové dôsledky, pretože ostatné zdroje môžu prevziať časť zaťaženia. Distribuovaný systém tiež umožňuje použitie dodatočných foriem pasívnej ochrany a rýchlejšiu obnovu infraštruktúry vďaka menšiemu rozsahu poškodenia a väčšej dostupnosti komponentov.

Distribuovaný charakter síce neodstraňuje hrozby, ale výrazne zvyšuje prah účinnej destabilizácie systému. To jasne ukazuje, že rozhodnutia týkajúce sa štruktúry budúcich výrobných kapacít majú priamy vplyv na národnú bezpečnosť.

[42] PV Magazine:
Ukrainian city switches on solar arrays for local water utility, 25.09.2025.

[43] Greenpeace Ukraine:
Building Ukrainian resilience: the green reconstruction of Horenka hospital, 01.02.2023.

[44] 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.

[45] Energy Partnership Ukraine--Germany:
Ukraine wind energy market analysis, 07.2025.

6. Zhrnutie a závery pre Slovensko

Skúsenosti Ukrajiny z rokov 2022–2026 dokazujú, že odolnosť energetického systému v podmienkach vojny závisí predovšetkým od jeho štruktúry. Najväčšie straty utrpeli veľké, centralizované konvenčné elektrárne na uhlie a plyn, ako aj vysokonapäťová prenosová infraštruktúra. Strata jednotlivých blokov s veľkým výkonom spôsobila okamžitý deficit v systéme, narušenie vyrovnávania a zvýšenie rizika výpadku. Obnova týchto jednotiek sa ukazuje ako dlhoročný, nákladný proces, ktorý je náchylný na opätovné útoky, a teda je do veľkej miery neefektívny.

Distribuované obnoviteľné zdroje energie – najmä fotovoltika podporená úložiskami energie – vykazujú oveľa väčšiu odolnosť a ich obnova a výstavba nových je možná aj za vojnových podmienok. To ukazuje, že systém založený na mnohých menších výrobných jednotkách môže byť potenciálne ťažšie rýchlo destabilizovať ako systém sústredený okolo niekoľkých veľkých objektov energetickej infraštruktúry.

Pri plánovaní národného energetického systému by sa preto mali zohľadňovať nielen náklady a klimatické ciele, ale aj štrukturálna odolnosť voči vojenským a hybridným scenárom. Jeho založenie na veľkej koncentrácii výkonu v obmedzenom počte lokalít znamená zachovanie vysokého efektu jediného zásahu, ako aj silnú závislosť od hlavnej prenosovej infraštruktúry, ktorej poškodenie môže mať celonárodné dôsledky.

Skúsenosti Ukrajiny jednoznačne ukazujú, že projektovanie energetického systému bez zohľadnenia rôznych vojenských scenárov je vážnou strategickou chybou. Slovensko by malo naliehavo obmedziť koncentráciu výkonu v jednotlivých lokalitách, zabrániť ďalšiemu upevňovaniu modelu založeného na veľkých blokoch a urýchliť rozvoj decentralizovaných OZE podporených úložiskami energie, ako aj zvyšovať energetickú efektívnosť a možnosti riadenia dopytu. Je nevyhnutné posilniť schopnosť kritickej infraštruktúry fungovať v ostrovnom režime, geograficky diverzifikovať nové kapacity a rozvíjať siete tak, aby boli primerane chránené a schopné rýchlo pripájať nové kapacity. Každá investícia do nových kapacít by sa mala posudzovať nielen z hľadiska nákladov a emisií, ale aj z hľadiska koncentrácie rizík v prípade možnej vojny. Národný energetický systém sa nemôže opierať o ďalšie veľké plynové a jadrové projekty a musí sa prepracovať tak, aby prípadná strata jedného prvku nemala celonárodné dôsledky – dnes je to otázka národnej bezpečnosti, a nielen energetickej transformácie.

Tabuľka 3. Zhrnutie: centralizovaný systém vs. decentralizovaný systém (na základe skúseností Ukrajiny v rokoch 2022–2026)

Kritérium	Centralizovaný systém (veľké bloky, málo zariadení)	Decentralizovaný systém (s veľkým podielom OZE a úložísk energie, tisíce zdrojov)
Následok jedného útoku	Veľmi vysoký – výpadok jedného bloku znamená stratu stoviek MW alebo výkonu v GW.	Nízky – výpadok jedného zariadenia má na systém len marginálny vplyv.
Riziko výpadku prúdu (blackout)	Vysoké – v centralizovanom systéme je väčšia pravdepodobnosť reťazových porúch.	Nižšie – rozptýlenie a schopnosť fungovať v režime energetického ostrova obmedzujú domino efekt.
Závislosť od prenosovej siete	Vysoká – centralizovaný systém vyžaduje rozsiahlu sieť vysokého napätia (220–400 kV). Vo vojnových podmienkach sa rozvodne a transformátory stávajú cieľmi.	Nižšia – výroba energie prebieha bližšie k odberateľom; zdroje sú pripojené k miestnej distribučnej sieti.
Možnosti obrany	Obrana prvkov centralizovaného systému je drahá a nie je úplne účinná. Vyžaduje si pokročilé systémy protivzdušnej obrany AA (napr. Patriot) a dostupnosť munície pre tieto systémy.	Veľký počet a rozptýlenie objektov sťažuje súčasný útok na všetky z nich. Možnosť pasívnej ochrany a rozloženia rizika.
Doba opravy	Roky – sú potrebné veľké špecializované komponenty a zložitá logistika. V podmienkach vojnového stavu neexistujú reálne možnosti obnovy.	Mesiace – modulárnosť, štandardizácia a jednoduchšia preprava uľahčujú obnovu.
Flexibilita financovania energetických investícií	Vysoké investičné riziko sa prejavuje ťažším prístupom k financovaniu a vyššími nákladmi na získanie kapitálu.	V prípade mnohých menších projektov je ľahšie získať financovanie z rôznych zdrojov.
Štrukturálna odolnosť voči destabilizácii celého systému	Nízka – koncentrácia výkonu v malom počte zariadení predstavuje vysoké systémové riziko.	Vyššia – rozptýlenie a značný počet zariadení, z ktorých časť môže pracovať v ostrovnom režime a je rýchlo obnoviteľná, obmedzuje možnosti účinnej destabilizácie celého systému.

Rozptýlené zdroje ťažšie zasiahnuť

Energetický systém s tisíckami malých zdrojov ako súčasť národnej stratégie. Poučenia zo skúseností Ukrajiny.

GREENPEACE