

Rola magazynów energii w transformacji energetycznej

Arkadiusz Marat
Patryk Jeż
Elmech ASE Sp. z o.o.

Wstęp

Transformacja energetyczna to hasło, które w ostatnich latach jest używane przez polityków, spółki energetyczne, ekologów, specjalistów zajmujących się bezpieczeństwem i przedsiębiorców. Jest postrzegana w wielu aspektach, jednak chcąc uchwycić jej sedno należy podać jej najprostszą definicję. Zatem, idąc za Marcinem Marszałkiem należy stwierdzić, że mianem transformacji energetycznej zazwyczaj określa się proces odchodzenia gospodarek państw od wykorzystywania w procesach wytwarzania energii paliw kopalnych i zastępowania ich źródłami nieemisyjnymi (np. odnawialnymi źródłami energii) lub niskoemisyjnymi (np. wysokosprawną kogeneracją), któremu towarzyszą działania ukierunkowane na podnoszenie efektywności energetycznej, oszczędzanie energii, preferowanie wytwarzania rozproszonego, które to działania łącznie pozostają zgodne z zasadą zrównoważonego rozwoju (także w ujęciu terytorialnym). W owej definicji należy zwrócić szczególną uwagę na elementy odnawialnych źródeł energii, efektywności energetycznej i wytwarzania rozproszonego, które w wysokim stopniu łączą się z zarządzaniem i magazynowaniem energii.

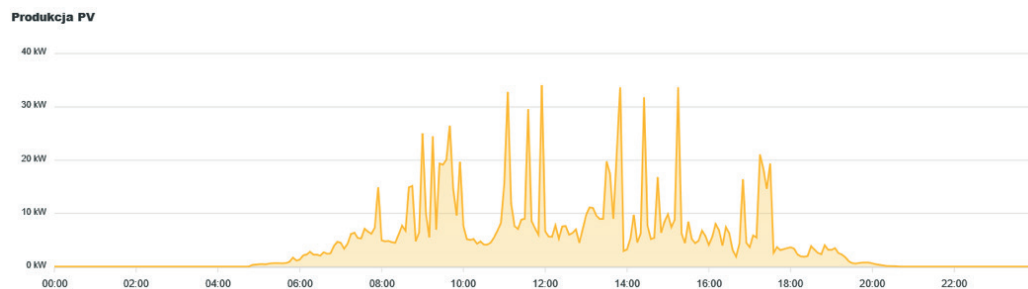
Magazyny energii znajdują szerokie zastosowanie w Stanach Zjednoczonych, Niemczech czy Francji w różnych obszarach gospodarki i polityki energetycznej. W Polsce można wyznaczyć cztery obszary, które w realny sposób wpływają na tempo przebiegu transformacji energetycznej, a są nimi:

- energetyka zawodowa i rynek mocy,
- przedsiębiorstwa i biznes,
- elektromobilność,
- szeroko pojęte bezpieczeństwo.

Bez implementacji magazynów energii do systemu energetycznego, pełne przeprowadzenie transformacji w tych obszarach będzie niemożliwe ze względów technologicznych lub finansowych. Jednocześnie może nie zostać zrealizowany plan osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku, co ma być zwieńczeniem całego procesu transformacji energetycznej.

Magazyny energii w zarządzaniu energią

Transformacja energetyczna to również zmiana i modernizacja infrastruktury energetycznej, iż jej znaczna większość powstała w latach 70 i 80-tych, kiedy nie przewidywano, że zapotrzebowanie na energię w następnych latach tak znacząco wzrośnie. Wypieranie paliw kopalnych na rzecz rozproszonych odnawialnych źródeł energii wymaga przystosowania infrastruktury nie tylko do większych zdolności przesyłowych ale również zmienia charakter/sposób działania infrastruktury energetycznej, co jest procesem szalenie drogim i czasochłonnym. W wielu miejscowościach i miastach dochodzi do częstych wyłączeń instalacji OZE, w szczególności ze względu na za wysokie napięcie w sieci wynikające z za dużej ilości energii oddawanej do sieci przez prosumentów. W warunkach dużego zagęszczenia rozproszonych instalacji PV i dużego nasłonecznienia praca instalacji jest wysoko niestabilna i często przerywana, co pokazuje rys. 1. Ta sytuacja pokazuje, że pomimo znacznego wzrostu mocy przyłączeniowej z OZE i jej rozproszonego charakteru proces transformacji jest wstrzymywany przez niewystarczające możliwości infrastrukturalne.



Rysunek 1. Wykres przedstawiający niestabilność produkcji energii w mikroinstalacji fotowoltaicznej. (Źródło: własne)

Magazynowanie energii przez Operatora Sieci Dystrybucyjnej (OSD) pozwala bilansować sieć i zwiększać bezpieczeństwo całego systemu na poziomie stacji zasilających i poszczególnych linii zasilania. Z jednej strony prosumenci, otrzymują ciągłości pracy fotowoltaiki, a z drugiej strony Operatorzy Sieci Dystrybucyjnych, realizują obowiązek dostarczania energii do odbiorców, z zachowaniem jakości i niezawodności dostaw energii.

Drugim zastosowaniem magazynów energii, które jest szeroko wykorzystywane to uzupełnienie zapotrzebowania na moc, które przewyższa możliwości źródeł wytwórczych. W artykule „California’s giant new batteries kept the lights on during the heat wave” opublikowanym w Los Angeles Times czytamy, że bateryjne magazyny energii uratowały Kalifornię przed blackoutu podczas największej fali upałów w historii tego regionu. Stan zagrożenia miał miejsce 5 września 2022 roku i trwał od godziny 17 do 21. Sytuacja podobna stanu zagrożenia rynku mocy jakie ogłosiły Polskie Sieci Elektroenergetyczne 23 września, jednak w przypadku Kalifornii całe dodatkowe zapotrzebowanie zostało pokryte przez magazyny energii. Było to możliwe ze względu na wprowadzenie w 2010 roku obowiązku budowy magazynów energii przez dostawców energii, a stało się tak z dwóch powodów. Pierwszy, to konieczność ustabilizowania sieci elektroenergetycznej, która w głównej mierze jest uzależniona od odnawialnych źródeł. Drugim powodem, było zabezpieczenie sieci na wypadek niemożliwości pokrycia zapotrzebowania na energię przez posiadane źródła energii. Obecnie, kalifornijskie magazyny energii

generują moc 3360 MW, to znacznie więcej niż najmocniejsza w stanie elektrownia Diablo Canyon, która jest w stanie wygenerować maksymalnie 2250 MW. Ten przykład pokazuje w dobitny sposób, że zarządzanie zieloną energią i budowa nowoczesnego, niskoemisyjnego systemu energetycznego wymaga implementacji magazynów energii.

Kolejnym powodem dlaczego powinno się stosować magazyny energii w sieciach elektroenergetycznych jest konieczność utrzymania odpowiednich parametrów jakościowych energii. W przypadku dużego nagromadzenia jednofazowych instalacji PV może dochodzić do zwiększenia efektu niesymetrycznego obciążenia faz, co prowadzi do niesymetrii prądowo napięciowej. Dodatkowo w obszarach przemysłowych nagminnie pojawia się niekorzystne zjawisko wyższych harmonicznych, które powodują częste przegrzewanie się transformatorów i finalnie ich awarie oraz uszkodzenia urządzeń wrażliwych.

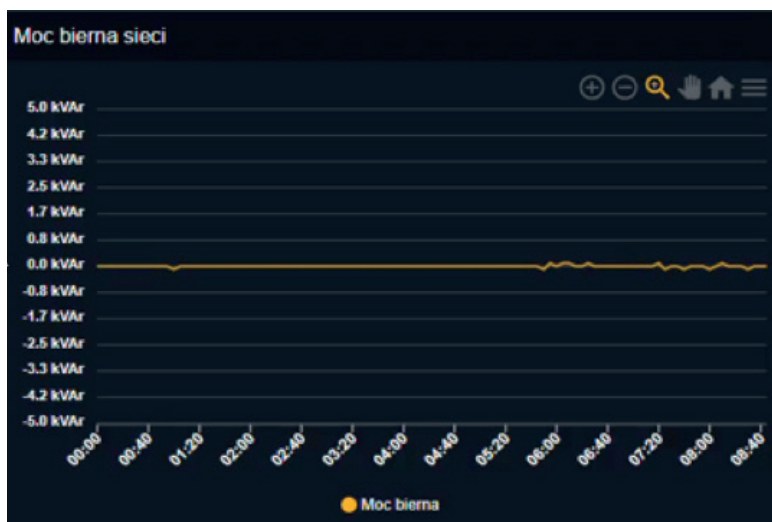
W Grupie Technologicznej Automatic Systems Engineering, gdzie we wrześniu 2021 roku powstało Laboratorium Magazynowania Energii, jednym z wyzwań stojącym przed magazynem energii była poprawa jakości energii. Problemy związane z niską jakością energii zostały zidentyfikowane podczas audytu efektywności energetycznej i pomiarów sieci wewnętrznej. Występowanie wyższych harmonicznych prądowych pokazuje rys. 2.



Rysunek 2. Przebieg wyższych harmonicznych THDI na kampusie Grupy Technologicznej ASE (Źródło: własne)

Laboratorium magazynowania energii, zrealizowane przez Elmech-ASE Sp. z o.o., bazuje na systemie zarządzania energią wyposażonym w filtr aktywny. To rozwiązanie, z natury swojej funkcjonalności, nadążnie kompensuje moc bierną pojemnościową i indukcyjną oraz filtruje wyższe harmoniczne. Efektem tego rozwiązania jest całkowita kompensacja poboru mocy biernej, co pokazuje rys. 3.

Kwestia jakości energii elektrycznej jest znacznie ważniejsza w kontekście całego systemu przesyłowego i jego elementów. Niska jakość energii przyczynia się do mniejszych zdolności przesyłowych i większej awaryjności podzespołów sieci a także wpływa na wszystkich odbiorców których instalacje są przyłączane do wspólnej sieci dystrybucyjnej.



Rysunek 3. Pobór mocy biernej po zainstalowaniu magazynu energii na kampusie Grupy Technologicznej ASE. (Źródło: własne)

Rachunek ekonomiczny

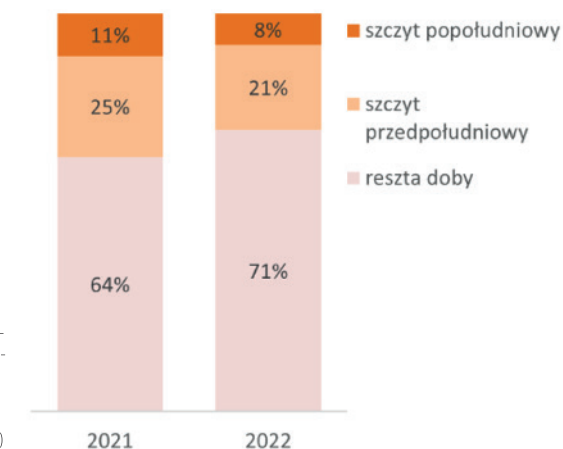
Każda rewolucja przemysłowa i energetyczna oprócz zmiany technologii oraz większych zdolności produkcyjnych przynosiła większe zyski. Zmiana nie wydarzy się w pełni, jeśli nie będzie opłacalna dla uczestników rynku. Kwestie opłacalności transformacji energetycznej wyraźnie wspierają magazyny energii, które pozwalają na optymalizację ceny zakupu energii elektrycznej przez przedsiębiorstwa. Tutaj dobrym przykładem jest Grupa Technologiczna ASE, która podała do wiadomości informację o poczynionych oszczędnościach w okresie od stycznia do kwietnia 2022 roku.

Na terenie kampusu Grupy zainstalowano magazyn o mocy 48 kW i pojemności 192 kWh, a oszczędności we wspomnianym terminie wyniosły 34 tys. zł. W swoim raporcie Grupa Technologiczna w pierwszej kolejności zwraca uwagę na zmianę cen energii w stosunku do 2021 roku. Wtedy, obiekt był rozliczany wg taryfy B21, a koszt energii elektrycznej był stały przez całą dobę i wynosił 338 zł. W 2022 roku Grupa zmieniła sposób zakupu energii na strefowy, z cenami:

- 451,59 zł/MWh – reszta doby, wzrost ceny o 34% w stosunku do ceny z 2021 roku,
- 621,59 zł/MWh – szczyt przedpołudniowy, wzrost ceny o 84 % w stosunku do ceny z 2021 roku,
- 821,59 zł/MWh – szczyt popołudniowy, wzrost ceny o 143% w stosunku do ceny z 2021 roku.

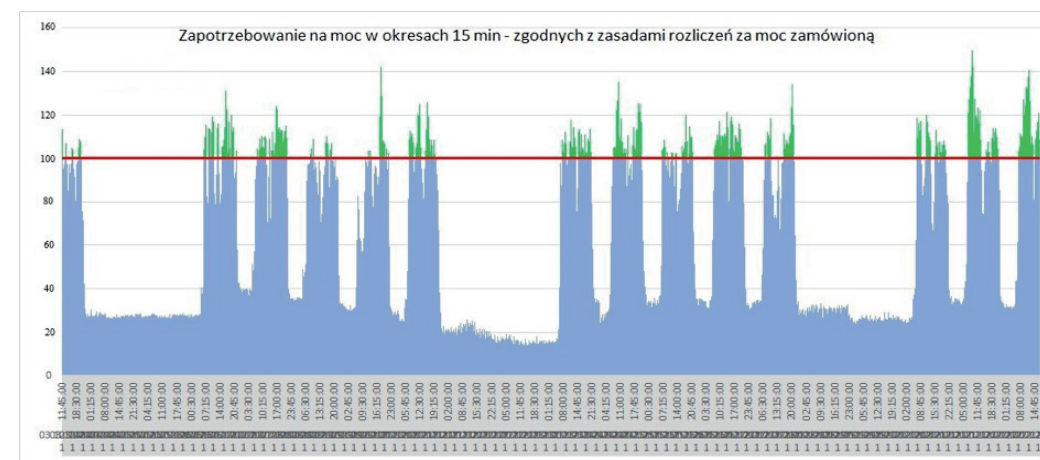
Zmiana sposobu zakupu energii na uzależniony od obowiązującej strefy, dała możliwość zakupu taniej energii w czasie tzw. „reszty doby” i wykorzystywaniu jej w czasie szczytów, kiedy zapotrzebowanie na energię jest największe, a jej cena najwyższa. Przez to zmienił się profil zużycia obiektu, co przedstawia rys. 4.

Struktura zużycia energii



Rysunek 4. Struktura zużycia energii w obiekcie Grupy Technologicznej ASE w latach 2021 i 2022 wg okresów rozliczeniowych w taryfie B23. (Źródło: Grupa Technologiczna ASE)

Drugim sposobem optymalizacji kosztów przez magazyn energii było zmniejszenie zapotrzebowania na moc pobieraną z sieci energetycznej, co przełożyło się na zmniejszenie mocy zamówionej i opłat z tytułu stawki sieciowej stałej. Magazyn energii dostarcza energię w chwili szczytowego obciążenia, co przedstawia rys. 5.



Rysunek 5. Zapotrzebowanie na moc w okresach 15-minutowych z uwzględnieniem mocy zamówionej w kampusie Grupy Technologicznej ASE (Źródło: własne).

W tym aspekcie istotną kwestią jest rola „strażnika mocy”, którą pełni magazyn energii. Magazyn energii jako źródło natychmiastowej mocy może dostarczyć moc w chwili zwiększonego zapotrzebowania, pozwalając uniknąć opłat za przekroczenie mocy zamówionej, które są bardzo kosztowne.

Instalacja magazynu energii w sieci wewnętrznej całkowicie wyeliminowała przekroczenia poboru mocy z sieci zakładu energetycznego, a nawet pozwoliła na obniżenie mocy zamówionej.

Wspomniane powyżej zabiegi miały widoczny wpływ na zmianę struktury poboru energii z sieci dystrybucyjnej, w efekcie której nastąpiło obniżenie tzw. opłaty mocowej, która została zredukowana do 17% opłaty bazowej, czyli ze 102,6 zł/MWh do 17,4 zł/MWh.

Studium przypadku pokazuje, że magazyn energii pozwolił w tym przypadku wygenerować 30% oszczędności. Obecnie w celu zwiększenia oszczędności Grupa podjęła decyzję o zwiększeniu mocy i pojemności magazynu prognozując wzrost oszczędności o kolejne 10%. Dodatkowo warto zauważyć, iż dzięki magazynowi energii Grupa Technologiczna ASE zużywa 100% energii produkowanej przez panele fotowoltaiczne. Co byłoby niemożliwe, bez magazynu energii gdyż nadwyżka z produkcji energii z PV w weekendy i święta musiałaby zostać odprowadzona do sieci energetycznej.

Większy udział magazynów energii w infrastrukturze energetycznej przedsiębiorstw może być również źródłem oszczędności dla zakładów energetycznych. Stanie się tak przez zwiększone zapotrzebowanie na energię elektryczną w czasie tzw. doliny nocnej, kiedy elektrownie są zmuszane do wyłączeń bloków produkcyjnych, a następnie uruchamiania ich w ciągu dnia, aby pokryć zapotrzebowanie energetyczne gospodarki. Częstsze rozruchy kotłów są dodatkowym źródłem wydatków dla zakładów energetycznych, a ich uniknięcie przełoży się na mniejsze koszty. Jak widać, magazyny energii zwiększają opłacalność transformacji energetycznej zarówno dla odbiorców energii, jak i jej producentów.

Wyzwanie elektromobilności

Trzecim obszarem transformacji energetycznej jest zasilanie transportu. Jednym z etapów drogi do neutralności klimatycznej jest rezygnacja ze sprzedaży samochodów spalinowych. Polski rząd zadeklarował, że to wydarzy się do 2035 roku. Naturalną konsekwencją stopniowego wycofywania pojazdów emisyjnych z transportu będzie wzrost zapotrzebowania na moc i samą energię elektryczną przez rozwój infrastruktury, a w szczególności tzw. szybkich ładowarek prądu stałego.

W styczniu 2021 roku Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych i Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego opublikowali raport statystyczny nazwany „Licznikiem elektromobilności”. Raport podsumowuje rozwój elektromobilności w Polsce. Pokazuje, że liczba EV (z ang. electric vehicle) w 2021 roku wzrosła o 120% w porównaniu do roku 2020, co sumarycznie daje łączną liczbę 40 tys. samochodów.

Z drugiej strony jeśli spojrzymy na liczbę ładowarek, to licznik podaje, że w styczniu 2022 roku wynosiła 1992, a jedynie 600 z nich to ładowarki DC, czyli tzw. szybkie. Pozostała część to stacje ładowania AC o mocy 22 kW lub niższej. W 2021 roku łączna liczba stacji ładowania wzrosła o ok. 50%. Porównując to do 100% wzrostu liczby EV widać znaczne dysproporcje we wzroście liczby pojazdów i infrastruktury, bez której nie mogą funkcjonować. Dane pokazują, że na jedną stację ładowania przypada aż 20 samochodów.

Przepisy wprowadzone przez ustawodawcę w ostatnich latach mają za zadanie zachęcić przedsiębiorców do budowy szybkich ładowarek, które odgrywają najistotniejszą rolę w infrastrukturze ogólnodostępnych punktów ładowania. Niestety inwestorzy często napotykają problemy związane z infrastrukturą przesyłową, która uniemożliwia instalację szybkich ładowarek. Takimi ograniczeniami są m.in.:

- brak możliwości zamówienia odpowiednio wysokiej mocy, która zasili szybkie ładowarki,
- możliwe zapady napięcia podczas szczytów obciążeń,
- brak gwarancji stabilnego zasilania,
- wysokie koszty zakupu energii, które przekładają się na wysokie ceny usługi ładowania i wyższe koszty operacyjne obiektów.

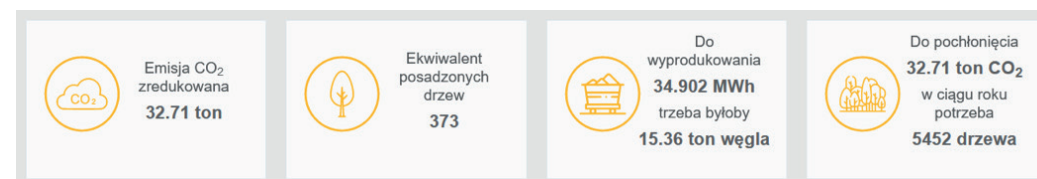
Rozwiązaniem powyższych ograniczeń i problemów jest łączenie stacji ładowania z magazynami energii. Takie rozwiązanie może być stosowane nie tylko na stacjach benzynowych, które z czasem będą przekształcane w huby ładowania pojazdów elektrycznych, ale również w przedsiębiorstwach logistycznych, salonach samochodowych, czy firmach posiadających flotę samochodów elektrycznych.

Proekologiczny aspekt magazynów energii

Sednem transformacji energetycznej jest zwiększenie udziału zielonej energii w miksie całej gospodarki, a finalnie wyparcie emisyjnych źródeł energii. Coraz częstszym, a wręcz obowiązkowym staje się raportowanie przez spółki o czynnikach związanych z polityką ESG (z ang. Environmental, Social responsibility, Corporate governance) czy redukcją emisji CO₂. W politykę ESG idealnie wpisują się elementy efektywności energetycznej, zrównoważonego rozwoju i niskoemisyjności, które łączą się OZE i magazynami energii.

Odnosząc się do studium przypadku Grupy Technologicznej ASE i jej profilu pracy, magazyn energii w dużym stopniu zwiększa autokonsumpcję produkowanej energii. Grupa Technologiczna pracuje od poniedziałku do piątku w okolicach godzin od 8.00 do 17.00. W weekendy i dni wolne od pracy zapotrzebowanie energetyczne obiektu jest znacznie niższe niż w dni robocze o ok. 80%. Wtedy produkcja energii jest większa niż zapotrzebowanie budynku, a produkowana nadwyżka jest magazynowana. W skali roku jest to ok. 120 dni. Przeprowadzone liczne analizy sieci przedsiębiorstw pokazały, że autokonsumpcja zielonej energii przy udziale magazynu energii jest ok. 20-30% wyższa w zależności od wielkości instalacji, zapotrzebowania energetycznego obiektu w dni wolne od pracy i pojemności magazynu energii.

Na przykładzie magazynu energii umieszczonego na kampusie Grupy Technologicznej ASE można wykazać skalę ograniczenia emisji gazów cieplarnianych przy użyciu zestawu magazynu energii połączonego z instalacją fotowoltaiczną, co pokazuje rys. 6.



Rysunek 6. Wskaźniki redukcji emisji CO₂, stan na 27.10.2022 r. (Źródło: Aplikacja Elmech-ASE służąca do kontroli pracy magazynu energii)

Świadomość ekologiczna rośnie nie tylko w kręgach naukowców i aktywistów, ale również biznesie, gdzie jest zakładane najwięcej tzw. małych instalacji o mocy powyżej 50 kWp do 1MWp. Porównując ilość mocy przyłączonej w ostatnich latach, w takich instalacjach widać niemal dwukrotny wzrost, co pokazuje wykres sku-

mulowanej mocy zainstalowanej w fotowoltaice zgodnie z nową definicją MIOZE, stan na koniec I kw. 2022, opublikowany w raporcie „Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2022” przez Instytut Energii Odnawialnej. Istotnym jest również zanotowany wzrost w zakresie instalacji powyżej 1MWp, które coraz częściej są budowane przy wysoko energochłonnych zakładach produkcyjnych.



Rysunek 7. Skumulowana moc zainstalowana w fotowoltaice zgodnie z nową definicją MIOZE, stan na koniec I kw. 2022 (Źródło: Instytut Energii Odnawialnej)

Analizując dokładniej lata 2019-2021 widać, że moc małych instalacji wzrosła z ok. 500 MW do 1500 MW w 2021 roku. Obserwując aktualne trendy i coraz większy nacisk na redukcję emisji gazów cieplarnianych, widać wzrost zainteresowania instalacjami tego typu. Jest to dowód na to, iż przedsiębiorcy nie tylko starają się dostosować do wymagań prawnych, ale również odpowiedzialnie planują swój rozwój w obszarze energetyki przyczyniając się do przyspieszenia procesu transformacji energetycznej.

System bezpieczeństwa

W ostatnich latach temat polskiej polityki bezpieczeństwa energetycznego powracał wielokrotnie. Początkowo mówiono o dywersyfikacji źródeł wytwarzania energii, następnym krokiem było uniezależnienie się od dostaw rosyjskiego gazu, a trzecim etapem debaty publicznej była i wciąż jest dyskusja nad samowystarczalnością energetyczną. W świetle rosyjskiej agresji na Ukrainę ceny energii, a w szczególności gazu i prądu znacząco wzrosły, przyczyniając się również do wzrostu poziomu inflacji, osłabiając złotówkę na międzynarodowym rynku finansowym. Przedstawiony ciąg przyczynowo skutkowy to jeden z wielu przykładów, które można przytoczyć w kontekście związku energetyki z bezpieczeństwem państwa. Jednak najdoskonalszym przykładem tej relacji jest art. 3 ust. 2, który w definicji infrastruktury krytycznej jako pierwszym jej elementem składowym podaje „zaopatrzenia w energię, surowce energetyczne i paliwa”. Nie bez przyczyny się tak dzieje, ponieważ bez energii, surowców energetycznych i paliw państwo nie jest w stanie funkcjonować.

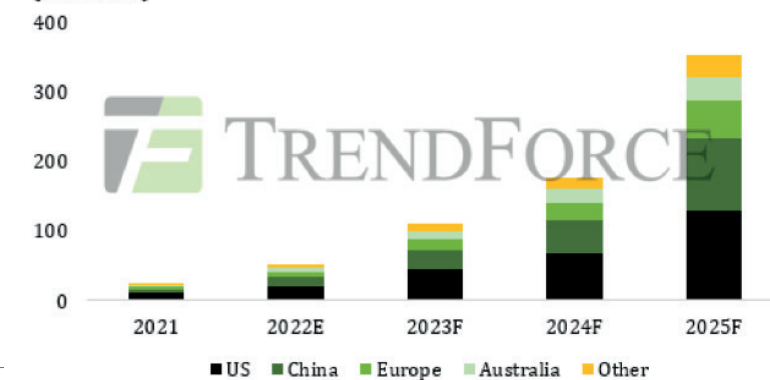
Paraliż systemu energetycznego przekłada się na wszystkie aspekty życia gospodarczego i społecznego, np.: na przerwanie procesów produkcyjnych, a także wzrost przestępczości w czasie tzw. blackout'ów. To pokazuje, że awarie systemu elektroenergetycznego wpływają na bezpieczeństwo państwa, instytucji, biznesu, ale również jednostek społecznych. Dlatego budowanie niezależności energetycznej oraz długofalowej polityki bezpieczeństwa energetycznej jest kluczowe nie tyl-

ko pod kątem bezpieczeństwa – pierwotnie pojmowanego – jako nienaruszalności granic lub państwowości, ale również procesów gospodarczych i społecznych.

Magazyny energii odegrają ogromną rolę w budowaniu stabilnego i wydolnego systemu energetycznego. Bilansowanie sieci elektroenergetycznej, zapewnienie dostaw energii, tworzenie rezerwy mocy na wypadek większego zapotrzebowania lub konieczności odbioru jej z sieci. To tylko kilka sytuacji, kiedy magazyny energii uratują system elektroenergetyczny przed jego niewydolnością.

Liderem pod kątem wspierania bezpieczeństwa energetycznego magazynami energii są Stany Zjednoczone i Chiny. Ich inwestycje kilkukrotnie przewyższają moc zainstalowaną w magazynach energii w Europie, a eksperci prognozują, że w kolejnych latach ta przepaść będzie tylko rosła, co pokazuje poniższy wykres.

Figure 1: Global Energy Storage Market Installation Forecast, 2021~2025 (Unit: GWh)



Rysunek 8. Prognoza mocy zainstalowanej magazynów energii na świecie (Źródło: TrendForce)

Source: TrendForce, Jun. 2022

Czy w tej sytuacji można powiedzieć, że magazyny energii staną się swojego rodzaju soft power w relacjach międzynarodowych? Same magazyny energii zapewne będą traktowane jako część infrastruktury krytycznej, jednak już możliwości, które dają z pewnością będą pojmowane w granicach soft power. Z jednej strony uniezależnienie od zewnętrznych źródeł energii i jej importu zredukują pola oddziaływań i nacisków przez instytucje i państwa trzecie na politykę wewnętrzną, a z drugiej strony w określonych warunkach mogą dawać możliwość eksportu energii, która będzie kartą przetargową w grze na arenie międzynarodowej i stanowić o interesach państw i jego bezpieczeństwie.

Wnioski

Rozpatrując transformację energetyczną na poziomie operacyjnym, czyli wykonawczym, zauważamy, że w polskim systemie energetycznym istnieje wiele ograniczeń i barier, które powodują wolniejszy przebieg tego procesu. Chcąc go optymalizować i przyspieszać system musi implementować rozwiązanie, które to umożliwi. Powyższe przykłady i argumenty pokazują, iż magazyny są niezbędnym elementem do przeprowadzenia transformacji. Zmniejszają ograniczenia stawiane przez stan polskiej infrastruktury energetycznej, zwiększają opłacalność inwestycji w zieloną energię, umożliwiają rozwój elektromobilności, która w wyraźny sposób przyczyni się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i w końcu,

zwiększają poziom bezpieczeństwa podmiotów państwowych i prywatnych.

W celu sprawnego przeprowadzenia transformacji energetycznej implementacja magazynów energii powinna mieć miejsce zarówno przez podmioty państwowy lub spółki z udziałem skarbu państwa, ale także przez podmioty prywatne, stawiające na zrównoważony rozwój i odpowiedzialne budowanie swojego otoczenia. Bodźcem motywującym do tego powinny być dotacje wspierające inwestycje w przemysłowe magazyny energii, których aktualnie jest niewiele. W aspekcie produkcji zielonej energii polska energetyka z roku na rok wygląda coraz lepiej, a najwyraźniej widać to po zwiększającej się mocy zainstalowanej w OZE. Jednak w przypadku magazynów energii wciąż wygląda to źle, a są one niezbędne do zarządzania produkowaną energią i ustabilizowania odnawialnych źródeł energii.

Bibliografia

- [1] Marszałek M.: Normatywne uwarunkowania procesu wdrażania transformacji energetycznej w Polsce na podstawie polityk energetycznych UE i Polski oraz wobec zagrożeń i wyzwań unijnego wewnętrznego rynku, w: Polityka i Społeczeństwo nr 1 (16), 2008, 66.
- [2] Ferry M.: California's giant new batteries kept the lights on during the heat wave, <https://www.latimes.com/opinion/story/2022-09-13/california-electric-grid-batteries-heat-wave-september-2022>.
- [3] Ceny prądu a magazyn energii, <https://grupaase.com.pl/pl/ceny-pradu-a-magazyn-energii-czyli-jak-zaoszczedzilismy-przy-wzroscie-cen>.
- [4] Żuchowski M.: Koniec aut spalinowych w Polsce po 2035 roku, <https://autokult.pl/koniec-aut-spalinowych-w-polsce-po-2035-roku-to-bedzie-zmiana-namiare-rewolucji-przemyslowej,6807689061857409a>.
- [5] Licznik elektromobilności, <https://pspa.com.pl/2022/informacja/licznik-elektromobilnosci-liczba-samochodow-z-napedem-elektrycznym-w-polsce-przekroczyla-50-tys/>.
- [6] Instytut Energii Odnawialnej: Rynek fotowoltaiki w Polsce, maj 2022, s. 27, <https://ieo.pl/pl/raport-rynek-fotowoltaiki-w-polsce-2022>.
- [7] Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. z 2017 r. poz. 209, 1566).