

Magazyny energii w erze odnawialnych źródeł energii

- rozwiązania australijskie

*Ewa Mataczyńska**

Wprowadzenie

Generacja rozproszona, do której zaliczane są odnawialne źródła energii (OZE) jest uważana za uzupełnienie lub, przy szczególnych uwarunkowaniach, zastąpienie tradycyjnych metod wytwarzania opartych na dużych elektrowniach systemowych. Istnieją jednak poważne wyzwania związane z wykorzystywaniem energii ze źródeł odnawialnych, ze względu na ich sezonowy charakter produkcji uzależniony od czynników pogodowych, a w związku z tym dostępnych w różnych ramach czasowych nie gwarantujący jednakowego poziomu produkcji w każdej godzinie doby. Oznacza to, że w okresach, kiedy OZE produkują energię może występować na nią niskie zapotrzebowanie, bądź odwrotnie przy wysokim zapotrzebowaniu produkcja z OZE może być ograniczona ze względu na niesprzyjające dla produkcji warunki. Implikuje to problemy związane z niezawodnością dostaw, a w skrajnym przypadku może doprowadzić do zachwiania bezpieczeństwa energetycznego systemu. Istotną rolę w ograniczeniu niekorzystnych zjawisk towarzyszących produkcji energii ze źródeł odnawialnych mogą odegrać systemy magazynowania energii poprzez zapewnienie warunków służących poprawie wydajności pracy systemu w przypadku braku równowagi między podażą a popytem.

Proces magazynowania polega na przekształceniu i przechowywaniu energii elektrycznej z dostępnego źródła w inną formę energii, którą w razie potrzeby można zamienić na energię elektryczną. **Dodatkowo magazyny energii stanowią kluczowy element poprawy zarówno stabilności dostaw jak i parametrów dostarczanej energii.** Magazynowanie energii jest korzystne, gdy występuje niskie zapotrzebowanie, niskie koszty wytwarzania lub, gdy

* dr Ewa Mataczyńska – ekspert Instytutu Polityki Energetycznej im. Ignacego Łukasiewicza

dostępne źródła energii posiadają przerywaną charakterystykę produkcji. Ponadto zmagazynowana energia może być zużywana w okresach dużego zapotrzebowania, wysokich kosztów wytwarzania lub, gdy nie jest dostępne żadne alternatywne źródło generacji. **Jednocześnie ciągły wzrost zapotrzebowania na energię, wzrost cen energii, mała zdolność adaptacji tradycyjnych metod wytwarzania energii do gwałtownie zmieniających się potrzeb rynku, zaostrzają kwestie związane z deregulacją rynku, problemami z jakością energii i naciskami na ograniczenie emisji dwutlenku węgla.** Magazyny energii wydają się być rozwiązaniem wszystkich powyższych problemów oraz prowadzą do zaspokojenia zarówno istniejących jak i nowych potrzeb pojawiających się w wyniku transformacji energetyki.

Determinanty rozwoju technologii magazynowania energii w Australii

Od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku zmiany klimatu są już wyraźnie widoczne na całym świecie i należy się spodziewać, że będą coraz dotkliwiej odczuwalne przez społeczeństwa i gospodarki. Obserwacje i pomiary elementów klimatu prowadzone w różnych regionach świata potwierdzają, że klimat w skali globalnej ociepla się, a tendencja wzrostu temperatury powietrza przy powierzchni ziemi nasila się. Wzrost temperatury globalnej sprzyja wzrostowi intensywności i częstotliwości wielu zjawisk klimatycznych i ich pochodnych, które nie są obojętne dla rozwoju gospodarczego i społecznego świata. Należą do nich ekstremalne zjawiska pogodowe w tym: tornada, grad, błyskawice, burze piaskowe, fale upałów, ulewy i burze. W ostatnim stuleciu średnia temperatura powietrza przy powierzchni ziemi wzrosła o 0,74°C i ciągle notuje się jej wzrost².

Rosnące temperatury i zauważalny wpływ zmian klimatycznych dotyczą wszystkie kraje, w tym Australię, w której fale upałów są coraz gorętsze, trwają dłużej i występują częściej. Starzejące się elektrownie węglowe na tym kontynencie są podatne na ekstremalne upały. Rosnąca temperatura powierzchni morza, spowodowana zmianami klimatycznymi, zwiększa częstość występowania tzw. morskich fal upałów, które mogą przyczyniać się do występowania zjawisk związanych z bieleniem koralu (takie jak te obserwowane w 2016

² Góralski B., *Mechanizm Klimatyczny Ziemi i społeczne skutki zmian klimatu*, Jakuszowice, sierpień 2013.

i 2017 na Wielkiej Rafie Koralowej. Rafa jest skarbem środowiska, a także kluczowym bogactwem turystycznym i rybackim kontynentu, stąd wszelkie negatywne zjawiska powodujące jej niszczenie powinny być eliminowane, jeżeli jest taka możliwość, bądź przynajmniej łagodzone. Zmiany klimatyczne od lat 70 XX wieku spowodowały również wzrost ekstremalnej pogody sprzyjającej pożarom na południu i wschodzie Australii, zagrażając ludziom i ich własności. Jednocześnie, to właśnie zmianom klimatu przypisuje się występowanie rozległych susz w południowo-zachodniej i południowo-wschodniej Australii. Ponadto gwałtownie rosnący poziom mórz coraz częściej naraża infrastrukturę przybrzeżną na wzrost erozji wybrzeży i zwiększone ryzyko powodzi wywołane przez sztormy³.

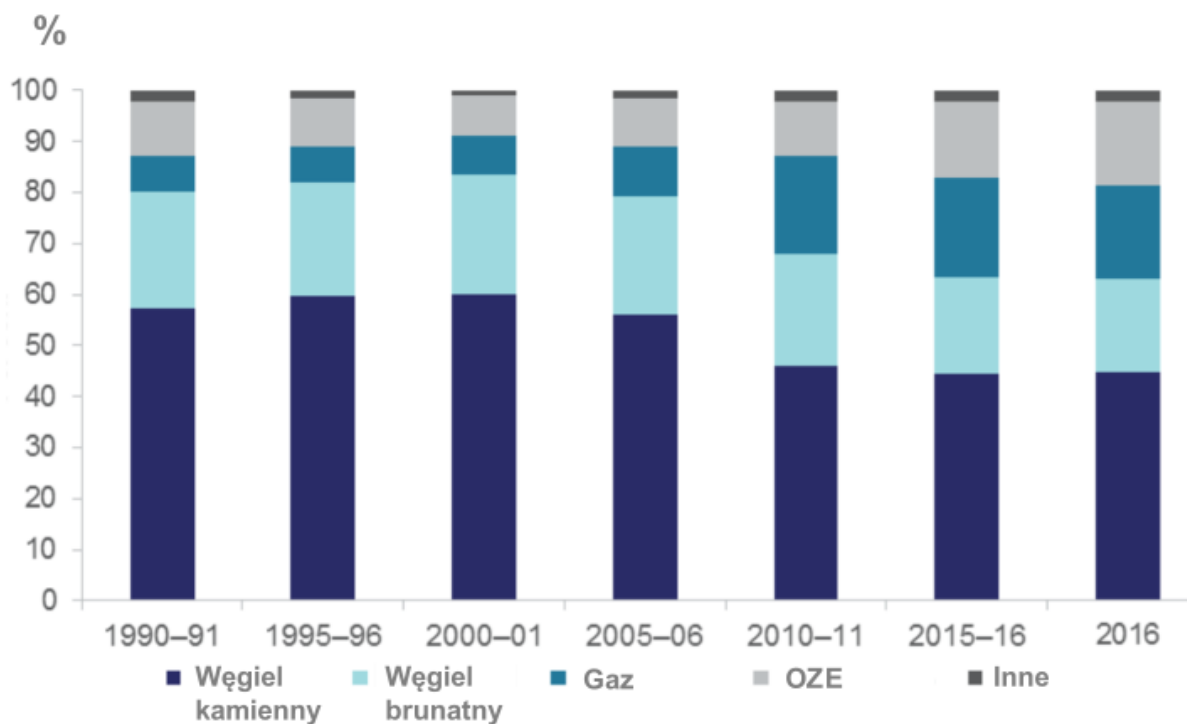
Australijski sektor energetyki zdominowanej przez kopalne źródła energii jest największym w kraju źródłem zanieczyszczenia gazem cieplarnianym, które stanowią jedną trzecią całkowitej emisji w Australii. Zgodnie ze statystykami, w miksie generowanej energii z poszczególnych źródeł ponad 60% generowanej energii pochodzi z węgla. Warto jednak zauważyć, że poziom ten zmniejszył się w latach 1990-2010 na rzecz przede wszystkim wzrostu znaczenia gazu. Natomiast lata 2015-2016 charakteryzuje już zwiększenie produkcji energii ze źródeł odnawialnych⁴.

Niemniej jednak zapotrzebowanie na wzrost udziału produkcji energii ze źródeł odnawialnych w miksie energetycznym, zgodnie z planami rządowymi, jest dużo większe. I o ile na koniec roku 2030 planuje się ich udział w miksie na poziomie 20%, to założenia na rok 2050 są niezwykle ambitnie ponieważ w zależności od stanów przewiduje się od 50% do 100%. Jako że, rozwiązanie problemu zmian klimatycznych upatruje się przede wszystkim w przejściu od paliw kopalnych do wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych, opracowano dla poszczególnych stanów Australii plany rozwoju tych źródeł. Plany te skorelowano z planem redukcji emisji zanieczyszczeń do atmosfery⁵.

³ *Australian Energy Update 2017*, Australian Government, Department of the Environment and Energy, August 2017.

⁴ Department of the Environment and Energy, *Australian Energy Statistics*, 2017.

⁵ Standards Australia, *Road Map for Energy Storage Standards*, Raport – February 2017.

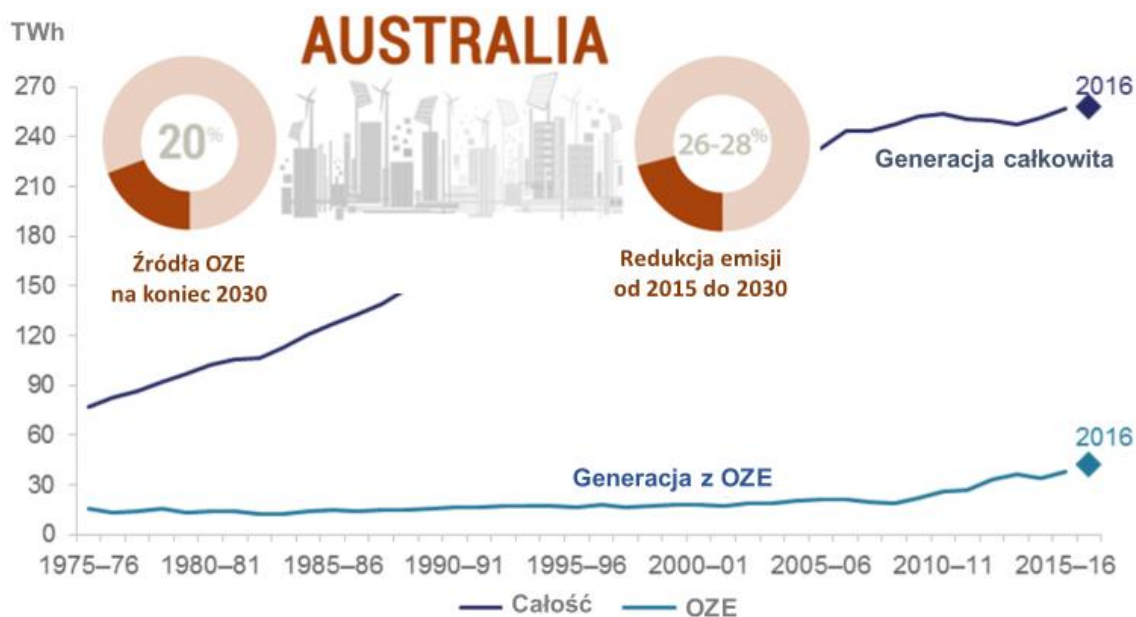


Rysunek 1 Miks energetyczny wytwarzania w Australii

Źródło: Department of the Environment and Energy (2017) Australian Energy Statistics, Table O

Zgodnie z tymi planami do 2025 roku Południowa Australia będzie produkowała 50% energii ze źródeł odnawialnych, natomiast Północna Australia czy Queensland osiągnął ten poziom do 2030 roku. Warto również zaznaczyć, że założenia dla Tasmanii wskazują na 100% produkowanej energii ze źródeł odnawialnych już w 2022 roku.

Powyższe plany są niezwykle ambitne, jednak możliwe do realizacji, przy założeniu ich właściwej koordynacji podczas przyłączania do sieci dystrybucyjnej, czy przesyłowej w sposób gwarantujący bezpieczeństwo całego systemu elektroenergetycznego. Należy bowiem mieć na uwadze, że Południowa Australia ma ograniczone połączenia liniami przesyłowymi wysokiego napięcia (międzysystemowe) łączące ją z innymi stanami (Rada ds. Czystej Energii 2017a). Oznacza to, że stabilność systemu elektroenergetycznego na tym obszarze może być zagrożona w przypadku, gdy główne połączenie ze stanem Wiktoria nie zadziała optymalnie.



Rysunek 2 Generacja całkowita i z OZE.

Źródło: Department of the Environment and Energy (2017) *Australian Energy Statistics*, Table O and L

Podobna sytuacja miała już miejsce podczas awarii w grudniu 2016⁶ roku, a następnie w lutym 2017. Zaledwie kilka miesięcy od utraty zasilania elektrycznego w prowincji Australia Południowa, spowodowanej przez problemy w działaniu farm wiatrowych, w lutym 2017 roku farmy wiatrowe w tej prowincji po raz kolejny zawiodły, utrzymując moc nominalną na poziomie 2%, przy braku wiatru podczas fali upałów, kiedy temperatury przekroczyły 40°C, a ponad 90 tysięcy domów i firm zostało pozbawionych światła i klimatyzacji. W wyniku tego, regulator Rynku Energetycznego Australii wprowadził blackout w tej prowincji, aby uchronić system przed zniszczeniem. Choć połączenie międzystanowe z prowincją Wiktoria dostarczające prąd z elektrowni węglowych pracowało na pełnym obciążeniu, to nie wystarczało ponieważ Australia Południowa nie miała dość własnych elektrowni, aby zapewnić dostawy na poziomie gwarantującym bezpieczeństwo⁷.

⁶ Lloid G., *Green Disaster: South Australian Blackout Due To Loss Of Wind Power*, The Australian, 5 October 2016

⁷ *Brak wiatru przyczyną blockoutu w Australii Południowej*, 10 luty 2017, www.electroonline.pl [dostęp:30.06.2018]

Aby osiągnąć możliwie najwyższy poziom realizacji założonych planów wydaje się być istotnym zainicjowanie programów rozwoju odnawialnych źródeł energii w połączeniu z magazynami energii. Przy czym co istotne, australijskie założenia rozwoju powyższych obydwu technologii przewidują nie tylko zmiany w zakresie magazynowania dużej ilości energii w specjalnie do tego projektowanych magazynach, ale również masowy rozwój technologii na poziomie klientów indywidualnych posiadających instalacje PV. Niemniej jednak powołując się na opracowaną przez CISRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) w 2017 roku analizę, jeżeli zasilanie energią z wiatru i słońca nie przekroczy 30% dostaw energii elektrycznej, australijski system elektroenergetyczny nie będzie zagrożony przyłączeniem nowych, sezonowych źródeł energii do sieci, w związku z tym nie są konieczne globalne inwestycje w magazyny energii o dużej pojemności⁸. Dodatkowo co istotne, Australijska Rada Naukowców (Australian Council of Learned Academics - ACOLA) udowodniła, że Australia może osiągnąć 50% energii ze źródeł odnawialnych, przy zachowaniu bezpieczeństwa systemu elektroenergetycznego, bez znaczących wymagań inwestycyjnych w magazyny energii⁹.

Teza powyższa nie zahamowała jednak rozpoczętego trendu implementacji w systemie elektroenergetycznym magazynów energii. Słusznie się bowiem zakłada, że oprócz przechowywania energii, technologie magazynowania mogą zapewniać szereg usług dla sieci energetycznej. Obejmują one między innymi zapewnienie równowagi podaży i popytu na energię elektryczną, magazynowanie nadwyżki energii i późniejsze rozładowywanie w razie potrzeby. Ponadto w istotny sposób mogą wpłynąć na zapewnianie kontroli częstotliwości w celu utrzymania stabilności sieci i bezpieczeństwa dostaw. Również mogą zapewnić wyrównanie niewielkich zmian w produkcji energii ze źródeł odnawialnych, a także pokrywać brakujące dostawy z generatorów działających przy wykorzystaniu paliw kopalnych, w czasie ich przestojów. Oznacza to, że staranne rozmieszczenie magazynów energii w australijskim systemie elektroenergetycznym wraz z rozwojem źródeł energii odnawialnej może przynieść poprawę bezpieczeństwa i niezawodność systemu

⁸ CSIRO, *Low Emissions Technology Roadmap*, Australia 2017. Report No. EP167885

⁹ ACOLA, *The Energy Role of Energy Storage in Australian's Future Energy Supply Mix*, Melbourne, November 2017

elektroenergetycznego oraz zmniejszenie prawdopodobieństwa występowania kolejnych blackoutów.

Magazyny energii w Australii – wybrane projekty i funkcjonujące rozwiązania

Bateryjne systemy magazynowania energii podzielić można ze względu na miejsce ich zainstalowania na dwie zasadnicze grupy. Pierwsza z nich określana jest jako behind-the-meter (BTM), czyli technologie wykorzystywane do konsumpcji na miejscu, umożliwiające konsumentom regulację podczas korzystania z wytworzonej energii elektrycznej i podczas jej wprowadzania do sieci. Druga natomiast identyfikowana jako front-of-the-meter (FTM), to magazyny tzw. sieciowe, czyli takie, które są przyłączane do sieci dystrybucyjnej bądź przesyłowej i stanowią wsparcie dla utrzymania bezpieczeństwa systemu i stabilizacji parametrów sieci. Między tymi grupami często wskazuje się jeszcze grupę pośrednią nazywaną magazynami do użytku komercyjnego bądź przemysłowego.

Federalne, stanowe i terytorialne rządy Australii, wraz z szeregiem prywatnych firm, inwestują w wiele rozwiązań do magazynowania energii, zwłaszcza na poziomie sieci, w tym elektrownie szczytowo pompowe wykorzystywane jako magazyny energii.

Tylko w 2016 roku zainstalowano 6 750 magazynów w gospodarstwach domowych o łącznej mocy 52 MW. Przewiduje się, że rynek magazynowania energii w Australii może wzrosnąć 37-krotnie do 2020 roku w porównaniu z poziomem z roku 2015, osiągając roczny wskaźnik zainstalowanych mocy na poziomie 244 MW. Przy czym zdecydowana większość tego wskaźnika wynikałaby z zainstalowanych magazynów przy domowych instalacjach systemów fotowoltaicznych. Ponadto pod koniec sierpnia 2017 Australia Południowa ogłosiła nabór wniosków dotyczących projektów w zakresie magazynowania energii dla urządzeń działających samodzielnie oraz jako uzupełnienie infrastruktury połączonej z wytwarzaniem energii ze źródeł odnawialnych. W tym programie zagwarantowano pomoc finansową z Funduszu Odnawialnych Technologii w wysokości 150 mln AUD. Rok 2017 przyniósł kolejny, duży wzrost ilości instalacji systemów magazynowania energii w gospodarstwach domowych, bowiem zainstalowano około 20 789 systemów, co stanowi trzykrotny wzrost w stosunku do 6 750 zainstalowanych w roku 2016. Ponadto 12% ze 172 tys inwestycji

w instalacje fotowoltaiczne w 2017 roku obejmowało również magazyn energii. Ostatecznie szacuje się, że w całej Australii jest zainstalowane w gospodarstwach domowych ponad 28 tys systemów magazynowania energii. Warto również wskazać, że dla roku 2018 przewiduje się, że zostanie zbudowanych 33 tys rozproszonych systemów magazynowania energii¹⁰.

Jak wskazano powyżej, rozwój magazynów z grupy BTM zachodzi w niezwykle dynamiczny sposób. Oczywiście zasadnicze pytanie brzmi, czy wszystkie instalacje magazynowania energii po stronie klienta są ewidencjonowane w sposób umożliwiający potwierdzenie powyższych danych. Teoretycznie skoro nie istnieją regulacje w tym zakresie, to można się spodziewać, że rynek australijski może być znacznie bardziej nasycony tego rodzaju urządzeniami.

Elektrownie szczytowo-pompowe jako magazyny energii

To co zasługuje na uwagę w dyskusjach na temat magazynowania energii na dużą skalę to przede wszystkim znaczący udział elektrowni szczytowo-pompowych w całkowitej mocy zainstalowanej. Australia posiada już trzy elektrownie szczytowo-pompowe, które działają od ponad 30 lat. Są to:

- Tumut 3 o mocy zainstalowanej 1 800MW działająca od 1973 roku¹¹,
- Shoalhaven o mocy zainstalowanej 240MW działająca od 1977 roku¹² oraz
- Wivenhoe o mocy zainstalowanej 500MW, działająca od 1984 roku¹³.

Dodatkowo w marcu 2017 roku Premier Malcolm Turnbull ogłosił plany dotyczące rozbudowy systemu Snowy Hydro 2.0, rozszerzając tym samym pierwszy program dla elektrowni szczytowo-pompowych o 2 000 MW. Zamierzeniem tego systemu, jest połączenie dwóch istniejących zbiorników Snowy Scheme Tantangara i Talbingo za pomocą podziemnych tuneli z elektrownią szczytowo-pompową. Przepompownia będzie działała jak konwencjonalny schemat hydroelektryczny, ale zamiast uwalniania wody po wygenerowaniu

¹⁰ IRENA (2018), *Renewable capacity statistics 2018*, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi

¹¹ <https://www.aussierenewables.com.au/directory/tumut-3-hydro-power-station-97.html>, [dostęp 01.07.2018]

¹² <http://www.abc.net.au/news/2018-05-08/shoalhaven-hydro-set-to-double-capacity/9735686>, [dostęp 01.07.2018]

¹³ <https://reneweconomy.com.au/wivenhoe-pumped-hydro-big-little-plant-didnt-30606/> dostęp 01.07.2018

energii pompuje wodę z powrotem do górnego zbiornika, aby ponownie ją użyć. Możliwość pompowania i przechowywania wody oznacza, że Snowy 2.0 zachowuje się jak gigantyczna bateria, magazynując i oddając energię. Założeniem tego systemu jest pompowanie wody za pomocą prądu w czasach niskiego zapotrzebowania i magazynowanie jej w górnym zbiorniku. Następnie, w okresach szczytowego zapotrzebowania, kiedy energia jest najbardziej potrzebna, zmagazynowana woda będzie używana do generowania energii elektrycznej, która będzie dostępna w ciągu kilku minut. Projekt obejmuje podziemne prace wykopalskowe i tunelowe między dwoma zbiornikami na głębokości do jednego kilometra. Obejmuje również roboty nawierzchniowe w kilku lokalizacjach, w tym na konstrukcjach wlotowych i wylotowych, szybach napływowych, kablach i portalach wentylacyjnych. Konieczne będzie również przeprowadzenie szeregu prac pomocniczych, takich jak ustanowienie lub modernizacja dróg dojazdowych i dróg oraz połączeń elektrycznych na placach budowy¹⁴.

Uzasadnieniem do realizacji takiego projektu była konieczność wprowadzenia rozwiązań umożliwiających stabilizację systemu, na którego obszarze zlokalizowane są farmy wiatrowe. Jeśli wiatr wieje w nocy, kiedy konsumenci śpią, zakłada się że Snowy 2.0 będzie w stanie absorbować energię wiatru poprzez przepompowywanie i magazynowanie wody w górnym zbiorniku. Kiedy natomiast gospodarstwa domowe rozpoczną dzienną pracę zwiększając przy tym zapotrzebowanie, Snowy 2.0 będzie zdolny do rozpoczęcia szybkiej generacji nadążającej za zwiększającym się zapotrzebowaniem i wprowadzanie tej energii do sieci.

To na co warto zwrócić uwagę, to fakt, że optymalizacja istniejących rozwiązań w zakresie generowania energii z wody jest kluczową częścią inicjatywy Battery of the Nation¹⁵. Flagowy projekt tej inicjatywy koncentruje się na jednym z najstarszych systemów wodnych w Tasmanii o nazwie system Tarraleah w Central Highlands. Został on oddany do użytku w 1930 roku i wytwarza około 630 GWh energii rocznie, co stanowi 6,5% całkowitej produkcji Hydro Tasmania, która jest największym producentem energii na Tasmanii. Przy

¹⁴ Fully Charged: Renewable and Storage Powering Australia, Climate Council of Australia Ltd 2018.

¹⁵ C. Potter (lead), P. Williams, S. Allie, M. Piekutowski, J. Butler, C. Maxwell, *Battery of the Nation, Analysis of the Future Electricity Market, Exploring a vision where Tasmania plays significantly expanded role in the NEM*, Hydro Tasmania, April 2018.

wspieraniu Australijskiej Agencji Energii Odnawialnej (ARENA), została dokonana ocena możliwości przebudowy systemu energetycznego Tarraleah. ARENA sfinansowała wstępne studium wykonalności, analizujące, w jaki sposób system hydroenergetyczny może zostać ponownie wykorzystany na potrzeby przyszłego rynku energii. W tym badaniu zalecono pełne studium wykonalności, aby ocenić ryzyko i korzyści związane z przebudową systemu¹⁶:

Wiele firm ciągle bada i aktywnie planuje budowę nowych elektrowni szczytowo-pompowych. Na uwagę zasługuje tutaj projekt Tilt Renewables w zlikwidowanym kamieniołomie na północ od Adelajdy. Highbury Pumped Hydro Energy Storage (PHES) będzie się znajdował około 13 km na północny wschód od Adelajdy na 350 ha nieużywanego terenu kamieniołomu. Będzie miał możliwość magazynowania 1 350 MWh energii i wygenerowania do 300 MW mocy na 4,5 godziny¹⁷.

Elektrochemiczne magazyny energii elektrycznej

Inwestycja Hornsdale Power Reserve, która jest największą na świecie baterią litowo-jonową o parametrach 100 MW / 129 MWh, zapewniającą usługi bezpieczeństwa sieciowego dla konsumentów energii elektrycznej z Australii Południowej odniosła ogromny sukces. Projekt zrealizowano w porozumieniu z rządem Australii Południowej i australijskim operatorem rynku energii (AEMO). Magazyn pokrywa około jednego hektara ziemi, położony jest na największej w Australii Południowej farmie wiatrowej Hornsdale, 15 km na północ od Jamestown. Był budowany z przeznaczeniem zapobiegania lokalnym niedoborom energii. Został oddany do użytku w grudniu 2017 roku, a w ciągu niespełna dwóch miesięcy jego użytkowania oszczędności związane ze stabilizacją systemu sięgnęły milionów dolarów. Natomiast fluktuacje mocy, które w przeszłości były problemem w tym regionie, są efektywnie kontrolowane i opanowywane. Dużym osiągnięciem tego kompleksu baterijnego

¹⁶ Hydro Tasmania, *Repurposing Tarraleah hydropower scheme for the future electricity market Pre-feasibility study, Knowledge sharing report*, January 2018.

¹⁷ <https://www.tiltrenewables.com/assets-and-projects/highbury-pumped-hydro-energy-storage/>
[dostęp:20.07.2018]

było zareagowanie w ciągu milisekund dostarczając do systemu niezbędną moc, gdy australijska elektrownia węglowa przestała funkcjonować¹⁸.

W marcu 2018 roku rząd Australii ogłosił rozpoczęcie prac nad inicjatywą, która będzie dotyczyła budowy wielkoskalowych magazynów energii (elektrochemicznych) zlokalizowanych w Wiktorii. Intencją tej inicjatywy jest zwiększenie niezawodności dostaw na obszarze, przy jednoczesnym założeniu rozwoju gospodarczego regionu. Cele powyższe miałyby spełnić między innymi magazyn energii o parametrach 30 MW / 30 MWh usytuowany w stacji Ballarat Terminal Station¹⁹, magazyn 25 MW / 50 MWh w gospodarstwie Gannawarra Solar Farm²⁰ oraz magazyn 20 MW / 34 MWh na farmie wiatrowej Bulgana²¹.



Rysunek 3 Magazyny energii w Wiktorii i ich lokalizacje.

Źródło: opracowanie własne na podstawie 19,20,21.

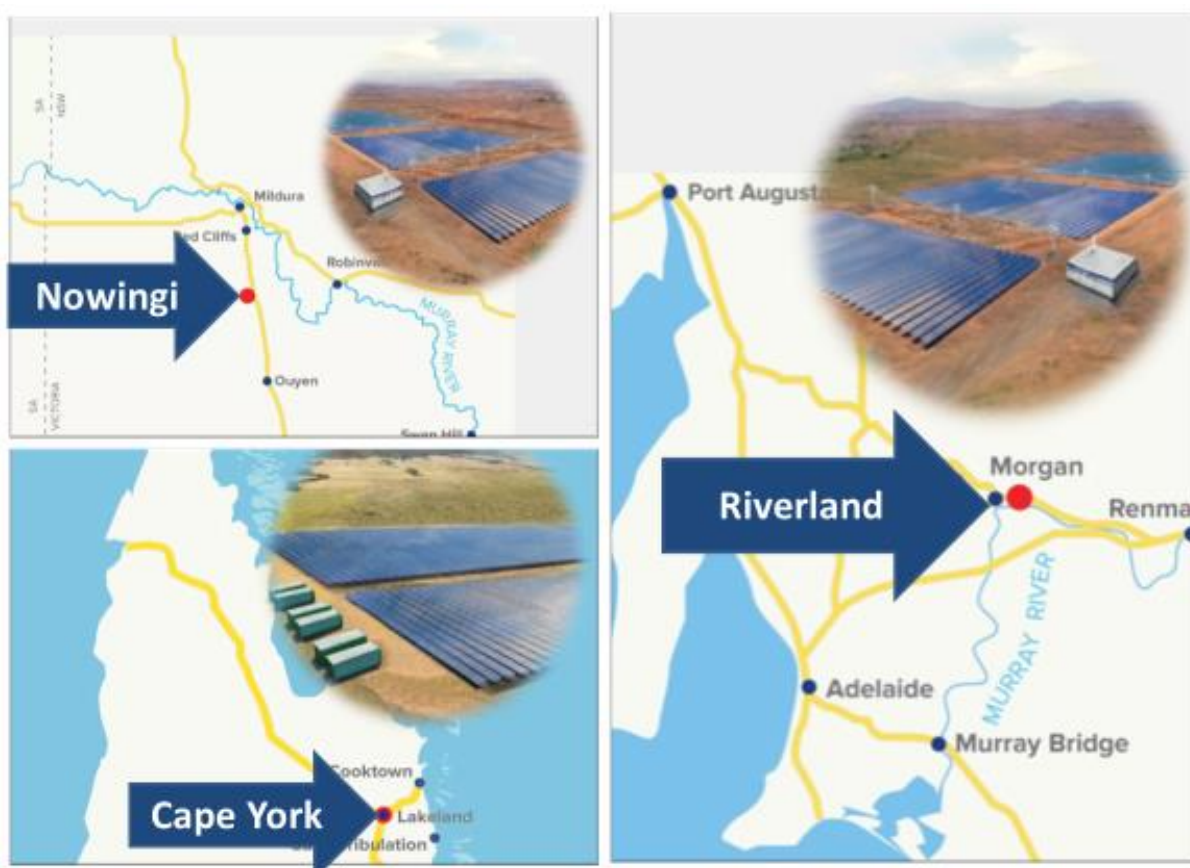
¹⁸ <https://hornsdalespowerreserve.com.au/overview/> dostęp 10.07.2018

¹⁹ <http://floateconomics.com/australia/30mw-33m-li-ion-big-battery-at-ballarat-terminal-station-warrenheip-to-be-built-by-ausnet-services/>, dostęp 10.07.2018

²⁰ <http://edifyenergy.com/projects/gannawarra/>, dostęp [30.06.2018]

²¹ <https://infoplanet.pl/pl/news/view/oze-inteligentne-gospodarstwo-rolne/>, dostęp [30.06.2018]

Podobnych projektów jest wiele. Powercor Australia przedsiębiorstwo z siedzibą w Wiktorii, zainstalowało system akumulatorów litowo-jonowych o pojemności 2,2 MWh w miejscowości Buninyong. Magazyn umiejscowiono na linii energetycznej, dostarczającej energię do około 6 400 osób. Moc baterii równoważna jest z około 20% możliwości dystrybucyjnych. Dzięki temu uzyskano zwiększenie przepustowości sieci, w szczególności w okresach szczytu zapotrzebowania, jak też możliwość świadczenia usług pomocniczych. Może również zapewnić podtrzymanie zasilania dla około 3000 odbiorców przez godzinę .



Rysunek 4 Wielkoskalowe projekty fotowoltaiczne wraz z baterijnymi magazynami energii.

Źródło: opracowanie własne na podstawie <http://lyonbatterystorage.com.au/>

Na uwagę zasługują również inne projekty realizowane chociażby przez Lyon Group, australijską spółkę, skupiającą się na prowadzeniu inwestycji między innymi w sektorze energii, która w 2012 roku rozpoczęła rozwój *Lakeland Solar PV and Storage Project*,

wówczas największego i najbardziej zaawansowanego sieciowego projektu ogniw słonecznych i akumulatorów na wielką skalę. W skład największego australijskiego projektu wielkoskalowych projektów fotowoltaicznych wraz z baterijnymi magazynami energii, który firma realizuje wchodzi między innymi takie inwestycje jak²²:

1. Cape York, Queensland (55MW energia słoneczna + 20MW / 80MWh pamięci)

Cape York Solar Storage zajmie około 200 hektarów ziemi, około trzech kilometrów na południe od Lakeland, w sąsiedztwie autostrady Mulligan. Połączy się z istniejącą linią przesyłową zlokalizowaną na tym obszarze. Projekt ogłoszono we wrześniu 2016 roku. Oficjalne konsultacje społeczne rozpoczęły się w marcu 2017 roku.

2. Nowingi, Wiktoria (250 MW + 80MW / 320MWh)

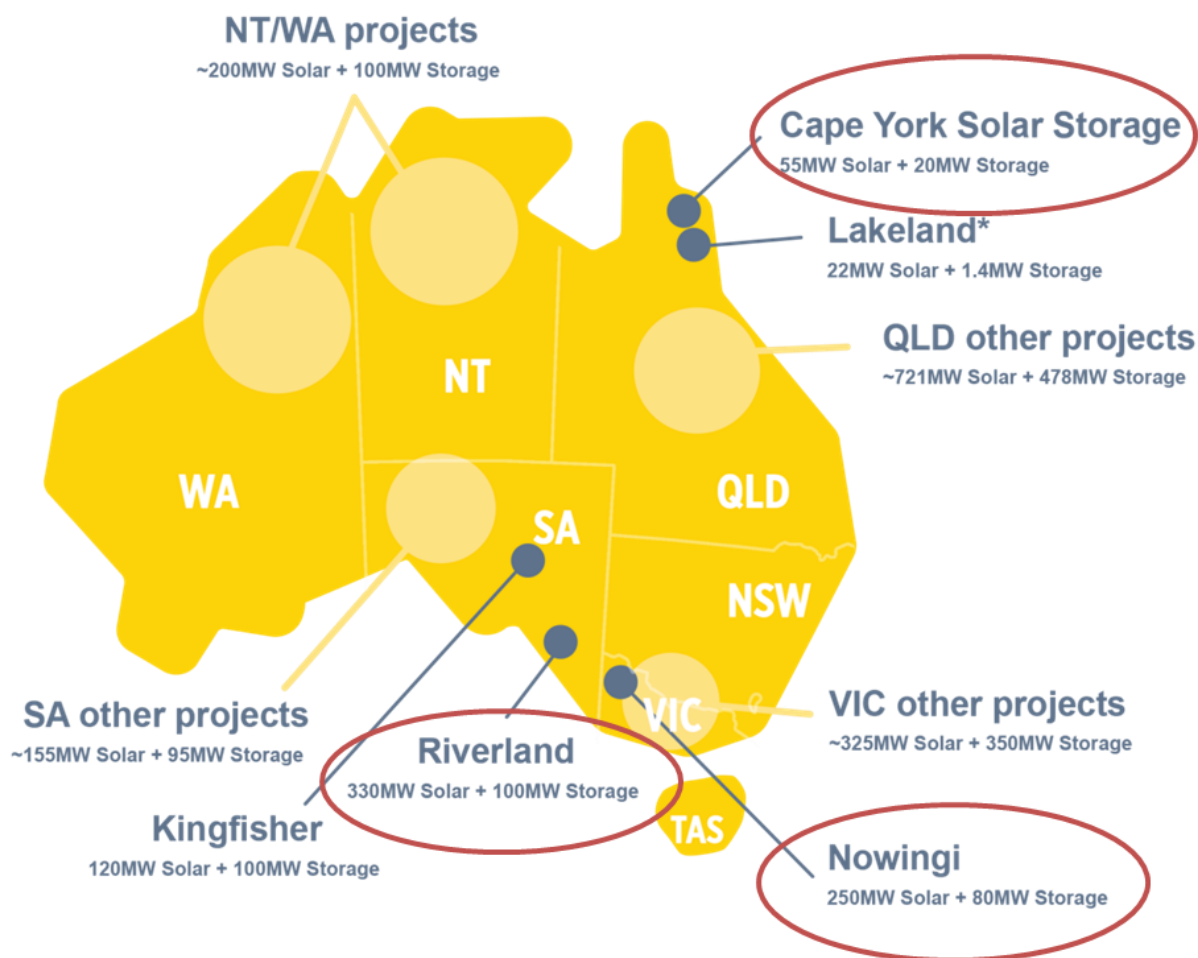
Projekt będzie zlokalizowany w północno zachodniej Wiktorii w miejscowości Nowingi około 50 kilometrów od Mildury. Farma fotowoltaiczna będzie się składała z paneli o mocy 250 MW. Dodatkowo zainstalowany zostanie zasobnik energii o mocy 80MW o pojemności 320MWh. Przewiduje się, że wartość końcowa inwestycji inwestycja będzie kosztowała 660 mln USD.

3. Riverland, Australia Południowa (240MW + 100MW / 400MWh)

Projekt Riverland Solar Storage zlokalizowany w Południowej Australii, który będzie zajmował około 600 hektarów obszaru położonych dwa kilometry na wschód od stacji North-West Bend. Obszar ten przebiega wzdłuż autostrady na wschód od Morgan i był wcześniej wykorzystywany do wypasu bydła. Połączy się z dwiema istniejącymi liniami przesyłowymi ElectraNet, które przebiegają przez ten obszar. Projekt został ogłoszony w marcu 2017 roku. Oficjalne konsultacje społeczne rozpoczęły się w maju 2017 r. Jest to projekt łączący budowę farmy fotowoltaicznej o mocy 253MWac oraz systemu baterijnego o parametrach 100MW / 400MWh²³.

²² <http://www.lyoninfrastructure.com.au/lyon-groups-riverland-solar-storage-receives-development-approval/>, dostęp [30.06.2018]

²³ "Lyon Group's Riverland Solar Storage receives development approval" (Press release). Lyon Group. 29 November 2017, dostęp [30.06.2018]



Rysunek 5 Lokalizacja opisywanych projektów fotowoltaicznych wraz z baterijnymi magazynami energii.

Źródło: *Lyon's solar+storage Australian projects reported to attract bids*, <https://www.pv-magazine-australia.com>, 23.11.2017, dostęp 30.06.2018.

Intencją powyższych inwestycji jest, aby magazyn był własnością prywatną, z możliwością oddzielnej umowy na dostawę energii słonecznej do akumulatora w sposób optymalizujący komercyjną eksploatację tych dwóch urządzeń.

Są to jedynie wybrane rozwiązania dotyczące magazynów energii projektowanych jako elementy współistniejące z obecnymi bądź planowanymi inwestycjami produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Z pewnością nie wyczerpują one całego wachlarza dostępnych technologii magazynowania energii, o których warto byłoby pamiętać. Ponadto wiele stanów, terytoriów, rząd federalny, właściciele domów mieszkalnych oraz firmy prywatne już

wprowadzają plany stopniowego uzupełniania całej sieci energetycznej rozproszonymi zasobnikami energii. Podobnie jak nowoczesny, czysty system elektroenergetyczny opiera się na mieszance uzupełniających się źródeł energii (słonecznej, wiatrowej, z biomasy, wodnej), różnorodność uzupełniających się technologii magazynowania energii może pomóc zapewnić niezawodną, elastyczną sieć elektryczną zasilaną energią ze źródeł odnawialnych.

Założeniem poniższego raportu było przybliżenie tematu i zachęcenie do kompleksowej analizy rozwiązań, które mogłyby przynieść wartość dodaną dla krajowego rozwoju zarówno magazynów energii jak i generacji ze źródeł odnawialnych.

Możliwości wykorzystania magazynów energii

Początkowo założenia dla rozpoczęcia inwestycji w zasobniki energii związane były przede wszystkim z zagwarantowaniem możliwości magazynowania energii w celu jej późniejszego wykorzystania, szczególnie zgodnie ze słusznym założeniem, że bardziej uzasadnione ekonomicznie jest skonsumowanie większości wyprodukowanej na potrzeby własne energii ze źródeł odnawialnych, niż jej odsprzedaż do sieci. Dodatkowo, takie podejście wpisywało się w przekonanie, że tworzona jest rezerwa energii identyfikowana z lokalną pewnością zasilania. Przy czym, rozwiązanie takie pozwala na: po pierwsze elastyczne zarządzanie profilem poboru energii w celu minimalizacji kosztów jej użytkowania, a po drugie umożliwia świadomy i racjonalny wybór taryfy.

Dynamiczne zmiany na rynku energii wskazują, że w przyszłości dostępny będzie znacznie większy wachlarz możliwości efektywnego wykorzystywania lokalnie zainstalowanych magazynów. Na chwilę obecną, pierwszym bardzo istotnym sygnałem na to są założenia rynku mocy, które dopuszczają instalacje magazynowe do partycypowania w przychodach związanych z przyszłymi programami dostarczenia i zabezpieczenia mocy w systemie na wezwanie operatora sieci. Warto również wspomnieć, że tego rodzaju usługi dostępne są już poprzez program DSR²⁴. Lokalne magazyny energii dzięki możliwości agregowania mogą

²⁴ Demand Side Respond - to działania strony popytowej polegające na: przesunięciu poboru energii w inne pory dnia; zmianie punktów pracy pomocniczych elementów procesu, które nie mają bezpośredniego wpływu na produkcję; zbuforowaniu procesu produkcji - akumulacja energii w obiektach chłodniczych lub

w przyszłości być wykorzystywane nie tylko do zaspokojenia lokalnych potrzeb własnych odbiorców, ale również do świadczenia różnego rodzaju usług szeroko rozumianych jako usługi elastyczności.

Przy niewątpliwie istotnych zaletach zasobników energii instalowanych przez odbiorców końcowych coraz większego znaczenia nabierają duże magazyny tzw. sieciowe instalowane z przeznaczeniem regulacji pracy sieci. Doświadczenia Australii, ale również ogólnoświatowe pokazały, że przechowywanie energii w magazynie jest jego funkcją podstawową jednak samo w sobie nie stanowi efektywnego rozwiązania, ponieważ nie wykorzystuje w pełni wszystkich jego dostępnych zastosowań. Szybko się przekonano, że przy dużym nasyceniu sieci elektroenergetycznej źródłami produkującymi energię sezonowo (wiatr, słońce), magazyny będą stanowiły znaczące wsparcie, poprzez zwiększenie elastyczności korzystania z wyprodukowanej energii, w sposób umożliwiający jej zbilansowanie, uaktywniając w ten sposób efektywny mechanizm zarządzania siecią elektroenergetyczną. Szybki rozwój źródeł OZE, z jednej strony w istotny sposób wpłynie na dekarbonizację, co należy postrzegać w pozytywnych kategoriach. Z drugiej jednak strony, wymusza poszukiwanie rozwiązań, które będą wspierały ten proces zachowując wysoki poziom bezpieczeństwa systemu, co należy zaliczyć do wyzwań stojących przed sektorem elektroenergetyki. Systemowe magazyny mogą znacząco wesprzeć ten proces poprzez zmniejszenie nieplanowanych przepływów, ograniczenie przeciążeń sieci, jak również wahań napięcia i częstotliwości. Utrzymanie częstotliwości w wymaganym zakresie jest krytyczne dla sieci. Częstotliwość spada przy rosnącym obciążeniu, czyli w czasie dużych przepływów energii podczas wysokiego popytu i produkcji. Z kolei spadek obciążenia, albo spadek przepływu powoduje wzrost częstotliwości.

Dodatkowo istotną funkcję tego rodzaju magazynów jest pomoc w zapewnieniu odpowiedniej wielkości rezerwy operacyjnej i odtworzeniowej, a tym samym zwiększenie zdolności regulacyjnych dodatkowych, które są zlokalizowane w innych jednostkach wytwórczych.

wykorzystanie zapasów magazynowych; wykorzystaniu na własne potrzeby generacji energii elektrycznej z posiadanych źródeł wytwórczych.

Takie zastosowanie magazynów zmniejsza koszty prowadzenia ruchu na sieci, jak również pozwala na utrzymanie stabilnych parametrów sieci, łagodzenie chwilowych przeciążeń linii przesyłowych, czy dystrybucyjnych. Niewątpliwą zaletą jest tutaj również zmniejszenie kosztów wynikających ze strat energii na sieci.

Technologie magazynowania energii mogą zatem zapewnić szereg usług dla sieci elektroenergetycznych, poprzez dostarczanie niezbędnych usług sieciowych, takich jak równoważenie podaży i popytu, poprzez świadczenie usług pomocniczych, które pozwalają reagować na niewielkie wahania podaży i popytu, aż do zapobiegania poważnym zakłóceniom w dostawie energii. I to, na co warto na zakończenie zwrócić uwagę, to zmiany na rynku energii, jakich należy się spodziewać szczególnie w obszarze nowych usług związanych z magazynowaniem energii, dla których już dzisiaj warto opracować standardowy katalog akceptowalny przez zainteresowane podmioty i regulatora. Problem regulacji tej części systemu elektroenergetycznego pozostaje ciągle do dyskusji. Nie tylko na poziomie krajowym, ale również na poziomie ogólnoświatowym ciągle brak jest kompleksowych rozwiązań.

Ukierunkowany na wsparcie pakiet reform

Technologie magazynowania energii odgrywają kluczową rolę w tworzeniu przystępnego cenowo, czystego i bezpiecznego systemu energetycznego. Niemniej jednak pomimo tak gwałtownego i na dużą skalę rozwoju magazynowania energii ciągle jeszcze pozostaje wiele do zrobienia w zakresie dostosowania australijskiego systemu regulacyjnego i ustawodawczego, aby zapewnić w pełni wykorzystanie wszystkich możliwości jakie niosą, zarówno dla sieci, jak i dla konsumentów technologie magazynowania energii.

W dokumencie *Charging Forward: Policy and regulatory reforms to unlock the potential of energy storage in Australia*, Rada ds. Czystej Energii przedstawiła pakiet reform ukierunkowany na zwiększenia wsparcia dla projektów magazynowania energii we wszystkich trzech grupach: mieszkaniowej, komercyjnej i sieciowej. Aby osiągnąć ten cel, w dokumencie zaleca się przeprowadzenie 13 reform, które można zebrać w cztery kategorie począwszy od wyrównywania szans, poprzez zniesienie barier dla instalacji BTM jak również

ich wsparcie finansowe, do ochrony konsumentów i zmiany, które pozwoliłyby na wykorzystywanie magazynowania w celu wsparcia bezpieczeństwa energetycznego.

W ramach pierwszej kategorii wyrównywania szans przewidziano między innymi zmianę obecnie obowiązującego na rynku energii systemu rozliczeń na rozliczenia pięciominutowe, które zapewnią bardziej efektywny sposób korzystania z sygnałów płynących z rynku. Dodatkowo w tej kategorii przewidziano przemodelowanie systemu kontroli częstotliwości w sposób umożliwiający szybką reakcję w sytuacjach awaryjnych związanych z niebezpiecznymi zmianami poziomu częstotliwości. Zapowiedziano również konieczność dokonania przeglądu przepisów dotyczących rynku energii, które mogą generować nierówne szanse na inwestycje w różnych obszarach kraju. Wskazano także na konieczność publikowania przez operatorów sieci dystrybucyjnej bardziej szczegółowych danych o zbliżających się ograniczeniach w pracy sieci, co w istotny sposób wpłynie na planowanie wykorzystania magazynów energii. Jednocześnie zauważono potrzebę zmiany publikowania przez OSD istotnych dla rynku energii danych, również tych zawartych w raportach rocznych, w układzie opartym na portalu informacji geograficznej (GIS).

Zarekomendowano ponadto, aby usunąć bariery dla instalacji magazynowych BTM poprzez wprowadzenie przez firmy dystrybucyjne ułatwień w zakresie uzyskanie zgody na podłączenie do sieci baterii przy istniejącym systemie PV.

Wsparcie dla systemu taryf gwarantowanych przy jednoczesnym wzmocnieniu pozycji konsumentów poprzez aktualizację internetowego narzędzia porównywania taryf w celu uwzględnienia opłat, zostało umieszczone jako jeden z najważniejszych elementów trzeciej kategorii przewidzianych reform.

To co istotne, w ostatniej kategorii znalazło się zalecenie, aby państwowe organy nadzoru bezpieczeństwa wymagały wykonania instalacji systemów magazynowania energii przez wykwalifikowanego instalatora z zaświadczeniem potwierdzającym kompetencje w wykonywaniu tego rodzaju instalacji, na przykład akredytowanych do montażu akumulatorów zgodnie z systemem akredytacji Rady ds. Czystej Energii.

Dodatkowo powinna istnieć prawnie egzekwowana norma australijska dotycząca bezpieczeństwa produktów baterii litowo-jonowych. Do chwili jej wdrożenia organy bezpieczeństwa państwa powinny zobowiązać właścicieli baterii do wykazania zgodności standardów z międzynarodowymi normami bezpieczeństwa. I co istotne, przemysł i wszystkie szczeble administracji powinny współpracować w celu wypracowania uzgodnionego podejścia do sposobu ponownego użycia, recyklingu lub usuwania baterii po zakończeniu ich użytkowania.

To o czym na zakończenie warto powiedzieć, to fakt, że Australijska Komisja Rynku Energii (AEMC) **opracowała również propozycję ograniczenia posiadania i eksploatacji magazynów przez operatorów sieci dystrybucji w Australii pozostawiając tę kwestię dla innych podmiotów przy zachowaniu zasad konkurencyjnego rynku.** Kierunek ten wydaje się być podobny do tego, który jest proponowany przez Komisję Europejską w diskutowanym pakiecie Czysta Energia. Czy jednak ograniczenia powyższe będą sprzyjać utrzymaniu stabilizacji parametrów sieci oraz zapewnianiu bezpieczeństwa? Z pewnością dużo zależy od regulacji na poziomie krajowym, które będzie należało opracować, aby zaimplementować przyszłe zapisy dyrektyw unijnych.

Wnioski i rekomendacje

W Polsce zapisy w prawie dotyczące magazynów energii zostały wprowadzone dopiero przy okazji opracowania ustawy dotyczącej elektromobilności, a potem ustawy o Rynku Mocy. Oczywiście są to zapisy istotne z punktu widzenia obydwu ustaw, jednak nie wystarczające biorąc pod uwagę cały rynek energii elektrycznej. Wydaje się, że to co ważne, czyli warunki przyłączania i pracy dużych magazynów energii jak również tych z kategorii komercyjnych i przemysłowych wymagają kompleksowego opracowania, wymagają odrębnego podejścia i stworzenia jasnych zasad i przejrzystych reguł dla wszystkich uczestników rynku. **Jednocześnie ustalenie zasad wykorzystania takich magazynów zarówno do celów bilansowania systemu elektroenergetycznego jak i potrzeb komercyjnych wymaga stworzenia modeli biznesowych, które usystematyzowałyby tę część rynku.**

Poddanie rozwoju magazynów energii warunkom rynku konkurencyjnego nie może następować w oderwaniu od zasad gwarantujących stabilność systemu elektroenergetycznego jak również zasad handlu energią, gwarantujących przejrzystość transakcji oraz zapobiegających manipulacjom cenowym.

To co wydaje się niezbędne, to na początek **dokonanie i usankcjonowanie klasyfikacji magazynów ze względu na sposób ich połączenia z siecią, ale również, wielkość mocy oraz pojemność**. Dla takich klasyfikacji **konieczne jest stworzenie standardowych reguł przyłączania do sieci**. W zależności bowiem od wielkości magazynu oraz jego docelowego przeznaczenia (na potrzeby własne, na świadczenie usług DSR, na bilansowanie systemu, itp.) reguły będą inaczej określone. W zależności od rodzaju świadczonych usług oraz podmiotu, dla którego te usługi będą świadczone winny być ustalone priorytety dostępu do tych zasobów oraz warunki z nich korzystania.

Biorąc pod uwagę magazyny energii instalowane w domach jednorodzinnych do zaspokojenia potrzeb własnych, inaczej mówiąc instalowane jako urządzenia podłączone do wewnętrznej instalacji odbiorcy, **wyduje się najmniej skomplikowane pod względem regulacyjnym, gdyż w tym obszarze nie ma konieczności wprowadzania dodatkowych regulacji**. Niemniej jednak jeżeli właściciel takiego magazynu zgłosi chęć uczestniczenia w programach np. DSR, usługach elastyczności, bądź świadczenia innych usług komercyjnych, wówczas fakt ten powinien znaleźć odzwierciedlenie w przepisach jednakowo ustalonych dla wszystkich.

Znacznie bardziej skomplikowana wydaje się sytuacja dużych magazynów sieciowych, budowanych w celu świadczenia różnego rodzaju usług komercyjnych. W tym przypadku **istotne jest po pierwsze opracowanie zasad dla warunków przyłączania takich obiektów do sieci elektroenergetycznej**, po drugie ważne jest określenie na jakich zasadach będzie się odbywał handel energią zgromadzoną w magazynie, czy właściciel magazynu będzie zobowiązany posiadać koncesję na sprzedaż takiej energii, czy też będzie szczególny rodzaj koncesji wydawany dla magazynów energii. **Potrzeba jest również stworzenia reguł zapobiegających manipulacjom cenowym, aby ochronić konsumentów przed nieuzasadnionymi wzrostami cen.**

Kolejny niezwykle istotny aspekt, to możliwość posiadania i użytkowania magazynów energii do celów **bilansowania systemu i zapobiegania ograniczeniom przez operatorów systemów zarówno przesyłowego jak i dystrybucyjnego**. Na chwilę obecną to operator systemu przesyłowego, będąc zarządcą rynku bilansującego prowadzi bilansowanie systemu. Czy jednak jest to oczywisty przypadek wskazujący na zasadność modelu, w którym będzie właścicielem magazynów energii? Teoretycznie usługi te również mogą być świadczone przez podmioty z rynku. Jednak mając na uwadze zapisy Pakietu Czysta Energia, w których przypisuje się przyszłą rolę bilansowania lokalnego systemu operatorom sieci dystrybucyjnych bądź wręcz lokalnym inicjatywom, analogicznie powinni mieć oni również możliwość posiadania i wykorzystywania magazynów do celów związanych z utrzymaniem stabilizacji systemu elektroenergetycznego na zarządzanym przez siebie obszarze.

Magazyny energii to z pewnością duży krok naprzód w dobrym kierunku. Odkąd istnieje sieć energetyczna, firmy poszukiwały sposobów bezpiecznego i wydajnego magazynowania energii, aby można było ją zużywać na żądanie, a jej wydajność dokładnie kontrolować, natomiast częstotliwość dystrybuowanej energii regulować. **Magazynowanie energii zostało zidentyfikowane jako istotne narzędzie dla przyszłości skoordynowanego i niezawodnego działania sieci energetycznych.**

Magazyny energii mogą również pomóc w **znielowaniu błędów prognozowania, usuwać bariery w podłączaniu odnawialnych źródeł energii do sieci różnych napięć, przesuwać szczytowe wartości popytu poprzez magazynowanie energii poza szczytem, zapewniać regulację częstotliwości jak również opóźnić kosztowne modernizacje sieci**. Upewnienie się, że odpowiednia ilość energii jest dystrybuowana do użytkowników końcowych ma kluczowe znaczenie dla infrastruktury sieciowej - zbyt duża ilość energii może dokonać spustoszeń na sieci, zbyt mała skutkuje zakłóceniami w jej działaniu. W chwili obecnej opracowuje się i wdraża szeroką gamę technologii magazynowania, w celu zapewnienia codziennych potrzeb energetycznych. Warto jeszcze zadbać o standardy ich połączenia z siecią, eksploatację oraz reguły uczestnictwa na rynku energii.