

CZY WIELKOSKALOWE MAGAZYNOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ JEST ABY W OGÓLE REALIZOWALNE TECHNICZNIE?

dr inż. Zbigniew Handzel, prof. WSEI
dr inż. Mirosław Gajer

Streszczenie

W ostatnich latach obserwujemy niezwykle dynamiczny przyrost mocy zainstalowanej w odnawialnych źródłach energii, a zwłaszcza w fotowoltaice, gdzie wartość mocy zainstalowanej przekroczyła już 18 GW. Taki stan rzeczy powoduje, że w słoneczne dni w okolicach godzin okołopołudniowych w systemie elektroenergetycznym, zwłaszcza w dni wolne od pracy, pojawia się potężna nadwyżka mocy, której nie ma po prostu jak zagospodarować. Z tego powodu Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. są coraz częściej zmuszone wydawać specjalne komunikaty dotyczące tzw. nierynkowego redysponowania jednostek wytwórczych, co w praktyce sprowadza się do nakazu odłączenia od sieci przesyłowych wybranych farm fotowoltaicznych, za co ich właścicielom później są wypłacane odpowiednie odszkodowania w formie rekompensat będących równoważnością kosztów energii elektrycznej, która potencjalnie mogłaby zostać w rozważanym czasie wyprodukowana, gdyby tylko rozpatrywane farmy fotowoltaiczne nie zostały odcięte wcześniej od sieci przesyłowych. Ostatnio zarówno w prasie, jak i na różnego rodzaju portalach internetowych pojawiają się licznie wygłaszane opinie, że skuteczne remedium na zaistniały stan rzeczy stanowić może tzw. wielkoskalowe magazynowanie energii elektrycznej. Tego rodzaju opinie wygłaszane są najczęściej przez osoby, które nie posiadają w ogóle jakiegokolwiek wykształcenia technicznego i w związku z tym nie mają żadnego wyczucia rzędów wielkości fizycznych występujących w dziedzinie elektroenergetyki. W artykule autorzy prezentują wyliczenia, z których jednoznacznie wynika, że wielkoskalowe magazynowanie energii elektrycznej, i to nawet na poziomie zaledwie 10% jej dobowego zapotrzebowania w systemie elektroenergetycznym w okresie zimowym, jest całkowicie nierealizowalne technicznie. Liczba elektrowni szczytowo-pompowych, które należałoby w tym celu wybudować, jest wręcz zawrotna, a ponadto elektrowni tych nie byłoby w stanie wybudować nawet i za 100 lat, nie wspominając w ogóle o astronomicznych wręcz kosztach tego rodzaju przedsięwzięcia i niemożności znalezienia odpowiedniej liczby potencjalnych lokalizacji pod ich posadowienie. Problemu nie są w stanie także rozwiązać akumulatorowe magazyny energii, ponieważ zarówno światowe wydobycie ołowiu, jak i litu jest zbyt małe, aby w przeciągu kilkunastu lat można było wybudować odpowiednią ich liczbę, potrzebną do tego realizacji zamierzonego celu.

Słowa kluczowe

Odnawialne źródła energii, fotowoltaika, magazynowanie energii, elektrownie szczytowo-pompowe

Wprowadzenie

Mające miejsce w ostatnim czasie upowszechnienie się w Polsce odnawialnych źródeł energii elektrycznej, a zwłaszcza fotowoltaiki, powoduje powstanie nowych wyzwań i wprowadza całkowicie odmienne wymagania, dotyczące sposobu funkcjonowania całego krajowego systemu elektroenergetycznego. Mówiąc w wielkim skrócie, rzecz sprowadza się w zasadzie do faktu, że odnawialne źródła energii pracują w sposób sezonowy, cykliczny i stochastyczny, przy czym w przypadku różnego typu rozważanych źródeł energii elektrycznej niektóre z wymienionych czynników wysuwają się zdecydowanie na plan pierwszy [1].

W przypadku fotowoltaiki najważniejszą rolę odgrywa sezonowość pracy tego typu instalacji, ponieważ w polskich warunkach pracują one efektywnie jedynie przez okres połowy roku kalendarzowego, a dokładnie rzecz biorąc od równonocy wiosennej do równonocy jesiiennej, gdy dzień jest dłuższy od nocy, a położenie Słońca nad horyzontem jest odpowiednio wysokie. Zdecydowanie najlepszymi miesiącami dla fotowoltaiki są maj, czerwiec i lipiec. Natomiast przez pozostałe pół roku produkcja energii elektrycznej z fotowoltaiki jest relatywnie niewielka, a w miesiącach, takich jak listopad, grudzień i styczeń, można powiedzieć, że jest wręcz symboliczna [3].

W tym miejscu konieczne jest jeszcze poczynienie pewnej uwagi. Mianowicie przez cały czas mówimy o fotowoltaice zainstalowanej na terenie naszego kraju, czyli w większości na obszarach leżących na północ od pięćdziesiątego równoleżnika, przebiegającego, między innymi, przez południowe tereny Krakowa. Oczywiście, im bliżej równika ziemskiego się znajdujemy, tym warunki pracy dla fotowoltaiki są bardziej korzystne, ponieważ nasłonecznienie jest wtedy o wiele bardziej intensywne, gdyż Słońce znajduje się relatywnie wyżej nad horyzontem. Dodatkowo, im bardziej przybliżamy się do równika, tym mniejsze znaczenie przybiera wspomniany uprzednio efekt sezonowości, gdyż na równiku ziemskim on w zasadzie w ogóle nie występuje, a w strefie między zwrotnikami Raka i Koziorożca można przyjąć w pewnym uproszczeniu, że jest wręcz zaniedbywalny, gdyż na tym obszarze w dowolnym punkcie na powierzchni Ziemi dwukrotnie w ciągu roku promienie słoneczne padają dokładnie pod kątem prostym. Natomiast wędrując od zwrotnika Raka bądź Koziorożca w kierunku najbliższego z biegunów ziemskich, warunki do pracy fotowoltaiki systematycznie się pogarszają i z tego właśnie powodu montowanie tego rodzaju instalacji na obszarach położonych poza kołem podbiegunowym jest po prostu wręcz czystym absurdem [8].

W przypadku fotowoltaiki bardzo duże znaczenie ma również cykliczność jej pracy, ponieważ generacja mocy na istotnym poziomie ma miejsce jedynie przez połowę okresu dobowego, a dodatkowo po zapadnięciu zmroku otrzymujemy dokładnie zero watów mocy generowanej w panelach fotowoltaicznych (w praktyce jest to nawet wartość ujemna, ponieważ falowniki przez cały czas pozostają w stanie synchronizacji z siecią elektroenergetyczną i w związku z tym pobierają z niej pewną wartość mocy). Ponieważ na szerokościach geograficznych charakterystycznych dla naszego kraju fotowoltaika pracuje w zasadzie jedynie przez pół roku i przez połowę doby, to jest rzeczą oczywistą, że pracując w roku w sumie przez około 25% czasu, to współczynnik średniorocznego wykorzystania zainstalowanej w panelach fotowoltaicznych mocy nie może być również większy od podanej tutaj wartości 25%. Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A. (PSE) przytaczają dane, według których panel fotowoltaiczny o mocy szczytowej 1 kWp wyprodukował w ciągu roku 827 kWh energii elektrycznej, co daje średnioroczne wykorzystanie mocy zainstalowanej w wysokości jedynie około 9,4% [8].

Takie obniżenie wartości średniorocznego współczynnika wykorzystania mocy w fotowoltaice związane jest z dodatkowym wpływem czynników matury stochastycznej, takich jak zmniejszenie nasłonecznienia w skutek występowania zachmurzenia oraz opadów atmosferycznych, które są trudne z góry do przewidzenia, a potrafią w efekcie obniżyć, i to nawet kilkukrotnie, wartość mocy generowanej w panelach fotowoltaicznych. Obniżenie wartości generowanej mocy powodują także upały, ponieważ panele fotowoltaiczne charakteryzują się ujemnym współczynnikiem temperaturowym, w związku z czym ich sprawność maleje nawet o około 0,3% na każdy stopień Celsjusza powyżej nominalnej temperatury ich pracy [3].

Z kolei w przypadku wiatrowych elektrowni na pierwszy plan wysuwa się przede wszystkim czynnik stochastyczny, co spowodowane jest faktem, że energia kinetyczna pędzących mas powietrza zależy aż od trzeciej potęgi jego prędkości, ponieważ masa powietrza przepływającego przez przekrój rotora wiatraka zależy wprost proporcjonalnie od prędkości wiatru. Zależność energii kinetycznej pędzących mas powietrza od tak wysokiej potęgi prędkości wiatru powoduje, że moc generowana przez elektrownię wiatrową zmienia się również z trzecią potęgą prędkości wiatru [5]. W związku z tym mamy w rozważanym wypadku do czynienia z bardzo

niestabilnym źródłem mocy elektrycznej, której wartość zmienia się w bardzo szerokich granicach przy stosunkowo niewielkich zmianach prędkości wiatru, albowiem już dwukrotne zwiększenie prędkości wiatru wywołuje aż ośmiokrotny wzrost mocy elektrowni wiatrowej. Zjawisko to powoduje, że przez większość czasu w przeciągu roku moc wnoszona do systemu elektroenergetycznego przez siłownie wiatrowe pozostaje na stosunkowo niskim poziomie – w przypadku Polski jest to około 500 MW. Natomiast przez kilkadziesiąt dni w roku, gdy wieją szczególnie silne wiatry, mocy generowanej przez polskie elektrownie wiatrowe może być bardzo dużo – niekiedy nawet powyżej 8000 MW. Z kolei gdy prędkość wiatru jest zbyt duża, wówczas siłownie wiatrowe muszą zostać bezwzględnie odstawione z ruchu, gdyż powstaje wówczas niebezpieczeństwo ich wpadnięcia w tzw. nadobroty, co grozi już oderwaniem łopat rotora przez potężne siły odśrodkowe proporcjonalne do kwadratu ich prędkości kątowej [8].

Oczywiście, w przypadku elektrowni wiatrowych pewne znacznie ma także sezonowość i cykliczność ich pracy [2]. Generalnie, zimą wiatry osiągają statystycznie większe prędkości niż latem, co jest zjawiskiem ze wszech miar korzystnym, ponieważ elektrownie wiatrowe mogą w pewnym stopniu kompensować fotowoltaikę, która przykładowo pracując w grudniu, wykorzystuje średnio niecałe 2% swej mocy zainstalowanej [6]. Z kolei cykliczność pracy elektrowni wiatrowych sprowadza się do tego, że statystycznie nocą prędkość wiatru jest nieco większa niż w ciągu dnia – generalnie, im zimniej, tym z większą prędkością wiatr zazwyczaj wieje, aczkolwiek nie ma tutaj jakichś bezwzględnie obowiązujących w tym zakresie reguł. Jak widać, i w tym przypadku elektrownie wiatrowe mogą do pewnego stopnia uzupełniać fotowoltaikę, która po zapadnięciu zmierzchu generuje dokładnie zero watów [7].

Rozważane zjawiska związane z sezonowością i cyklicznością pracy oraz wpływem czynników natury stochastycznej dotyczą w pewnym stopniu także i elektrowni wodnych, jednak ich znaczenie w krajowym systemie elektroenergetycznym jest stosunkowo niewielkie, ponieważ ich udział w produkcji energii elektrycznej nie przekracza 1,5%. Z tego powodu w dalszych rozważaniach elektrownie wodne zostaną w ogóle pominięte. Nie będą one brane pod uwagę również i z tego powodu, że większość z nich wyposażona jest w zaporę wodną, umożliwiającą przez dłuższy okres gromadzenie napływającej z rzeki wody, aby później w okresie szczytowego zapotrzebowania na energię elektryczną wykorzystać jej energię potencjalną (a pamiętać należy o tym, że to właśnie energia szczytowa jest zawsze relatywnie najdroższa, ponieważ często jest towarem wręcz deficytowym) [5].

Podobnie nie ma zazwyczaj większych problemów związanych z magazynowaniem również suchej biomasy oraz biogazu, a więc i tego typu elektrownie, zaliczane do odnawialnych źródeł energii, mogą być z powodzeniem wykorzystywane jako źródła niezwykle cennej mocy szczytowej.

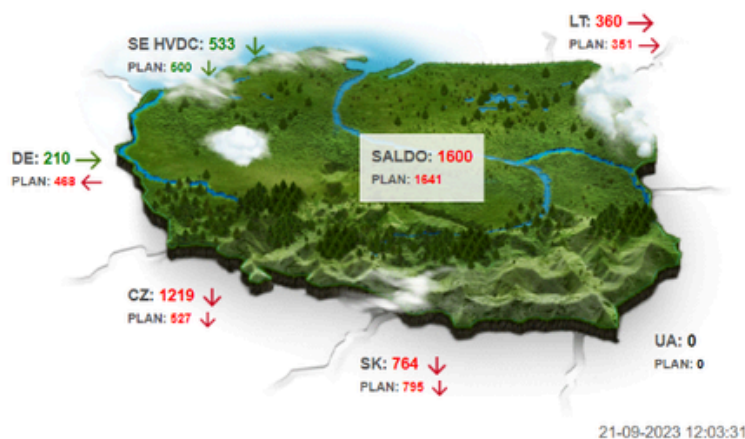
2. Problem nadpodaży mocy w systemie elektroenergetycznym

Wspomniana we wstępie sezonowość, cykliczność i losowość pracy odnawialnych źródeł energii elektrycznej, takich jak właśnie fotowoltaika i siłownie wiatrowe powoduje, że w okresie rocznej pracy systemu elektroenergetycznego pojawiają się przedziały czasowe, w których podaż energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych wymienionego typu jest szczególnie duża [7]. Tego typu sytuacja została przedstawiona na Rys. 1 na podstawie danych udostępnionych na stronie internetowej Polskich Sieci Elektroenergetycznych S.A.

MAPA KSE

Mapa prezentuje planowe i chwilowe przepływy mocy na przekrojach handlowych

ZAPOTRZEBOWANIE [MW]	21 327
GENERACJA [MW]	22 927
eł. ciepłe	10 967
eł. wodne	115
eł. wiatrowe	2 978
eł. fotowoltaiczne	8 866
eł. inne odnawialne	0
SALDO WYMIANY CAŁKOWITEJ [MW]	1 600 EKSPORT
CZĘSTOTLIWOŚĆ [Hz]	49,966



RYS.1. DANE DOTYCZĄCE PARAMETRÓW PRACY SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO W DNIU 21 WRZEŚNIA 2023 ROKU

ŹRÓDŁO: [HTTPS://INDEPENDENTTRADER.PL/NAJWAZNIEJSZE-WYKRESY-MINIONYCH-TYGODNI-WRZESIEEN-2023.HTML](https://independenttrader.pl/NAJWAZNIEJSZE-WYKRESY-MINIONYCH-TYGODNI-WRZESIEEN-2023.HTML)

Jak wynika z Rys. 1, w dniu 21 września 2023 roku o godzinie dwunastej przy pięknej bezchmurnej pogodzie źródła fotowoltaiczne generowały łącznie 8,866 GW mocy. Ponieważ na dodatek wiał jeszcze względnie silny wiatr, to elektrownie wiatrowe generowały łącznie 2,978 GW mocy. Z kolei elektrownie wodne przepływowe generowały dodatkowo 0,115 GW – muszą one pracować w sposób ciągły, ponieważ nie są wyposażone w zbiornik wodny z zaporą, który mógłby gromadzić nadmiar napływającej z rzeki wody, aby wykorzystać później podczas szczytu zapotrzebowania nagromadzoną uprzednio energię potencjalną mas wodnych. Ogółem w rozważanym czasie odnawialne źródła energii elektrycznej generowały łącznie 11,959 GW mocy elektrycznej, przy czym łącznie

AUTORZY PREZENTUJĄ WYLICZENIA, Z KTÓRYCH JEDNOZNACZNIE WYNIKA, ŻE WIELKOSKALOWE MAGAZYNOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ, I TO NAWET NA POZIOMIE ZALEDWIE 10% JEJ DOBOWEGO ZAPOTRZEBOWANIA W SYSTEMIE ELEKTROENERGETYCZNYM W OKRESIE ZIMOWYM, JEST CAŁKOWICIE NIEREALIZOWALNE TECHNICZNIE



zapotrzebowanie na moc w krajowym systemie elektroenergetycznym wynosiło 21,959 GW. Należy zwrócić ponadto uwagę, że elektrownie ciepłone generowały w owym czasie 10,967 GW, czyli pracowały w zasadzie dość blisko ich technicznego minimum.

Należy bowiem pamiętać, że możliwość obniżenia mocy starszych bloków energetycznych o mocy 200 MW, pamiętających jeszcze epokę Edwarda Gierka, jest silnie ograniczona. Natomiast w przypadku nowoczesnych bloków elektrowni węglowych, zaprojektowanych na tzw. parametry nadkrytyczne, pole manewru jest już nieco większe (przykładowo moc nowoczesnego bloku w elektrowni Koźienice może zostać obniżona nawet do 42% jego mocy osiągalnej wynoszącej 1075 MW). Tego rodzaju bloków ciepłych mamy niestety stosunkowo niewiele, ponieważ są jeszcze dwa tego typu w elektrowni Opolo (każdy po 900 MW), jeden w elektrowni Jaworzno o mocy 910 MW i jeden o mocy 858 MW w elektrowni Bełchatów, który jednak ma zostać w roku 2036 całkowicie zlikwidowany – zresztą razem z całą rozważaną największą polską elektrownią ciepłą na węgiel brunatny. Analogiczny blok na parametry nadkrytyczne (jak w elektrowni Koźienice), o mocy 1075 MW miał powstać również w elektrowni Ostrołęka, jednak jego budowę przerwano w 2020 roku, wyrzucając dostawnie w błoto prawie półtora miliarda złotych[8].

Taki stan rzeczy powoduje, że krajowa elektroenergetyka bazuje wciąż na bardzo starych blokach elektroenergetycznych o mocy 200 MW, z których niektóre przekroczyły już ponad pół wieku eksploatacji i pamiętają jeszcze epokę Władysława Gomułki, oraz na blokach o mocy 360 MW pochodzących z lat osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. Tego typu przestarzałe bloki energetyczne, nie dość, że posiadają niską sprawność netto rzędu zaledwie około 30%, to na dodatek odznaczają się niskim zakresem możliwości regulacji ich mocy. Dla porównania sprawność netto nowoczesnych bloków zaprojektowanych na parametry nadkrytyczne przekracza już wartość 45%, a zatem są one w stanie wytworzyć tę samą ilość energii elektrycznej, spalając jednocześnie przy tym o ponad 1/3 mniej węgla niż wspomniane uprzednio bloki o mocy 200 MW, pamiętające jeszcze czasy Edwarda Gierka, a nawet i Władysława Gomułki.

Ogólnie rzecz ujmując, możliwości łącznego obniżenia mocy pracujących bloków polskich elektrowni ciepłych są mocno ograniczone, a z kolei wyłączenie tych bloków jedynie na okres kilku godzin, gdy generacja mocy ze źródeł fotowoltaicznych osiąga swe maksimum w okolicy godzin okołopołudniowych nie jest w ogóle możliwe, ponieważ ich ponowny rozruch wymaga minimum sześciu, a nawet niekiedy i ośmiu godzin. To powoduje, że zawsze około 10 GW mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym jest w pewnym sensie „zablokowane” właśnie przez pracujące elektrownie ciepłone, a zatem przy typowym zapotrzebowaniu na moc rzędu 20 GW dla odnawialnych źródeł energii pozostaje do wykorzystania jedynie około 10 GW. Gdy generowana przez nie łączna wartość mocy przekracza podaną wartość, wówczas mamy do czynienia z poważnym problemem związanym z koniecznością zagospodarowania powstałej nadwyżki mocy, ponieważ system elektroenergetyczny przez cały okres swej pracy musi pozostawać w stanie zbilansowania, czyli wartość mocy generowanej we wszystkich pracujących elektrowniach musi nieustannie nadążać za zmieniającym się w sposób ciągły łącznym zapotrzebowaniem na moc zgłaszanych ze strony odbiorców. W innym przypadku konieczne są już przymusowe odłączenia źródeł wiatrowych bądź fotowoltaicznych, aby ponownie przywrócić stan zbilansowania mocy w systemie, co zresztą w sezonie wiosenno-letnim roku 2023 miało już wielokrotnie miejsce [2].

Rozważanych elektrowni ciepłych nie można całkowicie wyłączyć jeszcze z tego powodu, że każdy z pracujących bloków energetycznych wnosi istotny wkład do tzw. stałej inercji systemu elektroenergetycznego, który stanowi stosunek energii kinetycznej ruchu obrotowego wirującego turbozespołu do jego mocy pozornej. Żaden system elektroenergetyczny nie może pracować bez utrzymywania jego sumarycznej stałej inercji powyżej pewnego bezpiecznego poziomu. Generalnie, im wyższa jest wartość stałej inercji systemu elektroenergetycznego, tym pracuje on w sposób bardziej równomierny, ponieważ stosunkowo niewielkie są wówczas wahania częstotliwości jego pracy i w związku z tym znacznie trudniej jest go wytrącić z obszaru stabilności, co ostatecznie może skutkować tzw. blackoutem [7].

Swego rodzaju alternatywą jest organizowanie tzw. awaryjnego eksportu energii, co widać na Rys. 1, gdzie łączne saldo eksportu wynosiło 1,6 GW, a eksport ten przebiegał głównie w kierunku południowym (Czechy 1,219 GW i Słowacja 0,764 GW). Jednak tego rodzaju awaryjny eksport energii elektrycznej odbywa się zawsze po bardzo zaniżonych cenach, ponieważ trzeba tutaj kogoś zapewne w pewien sposób „skusić” nadarzącą się okazją dokonania taniego zakupu energii (niekiedy podczas eksportu awaryjnego ceny mogą być wręcz ujemne). Jednak w przyszłości możemy mieć na tym polu niezwykle silną konkurencję ze strony Niemiec, gdzie obecnie bardzo intensywnie inwestuje się w źródła fotowoltaiczne (w chwili pisania niniejszego artykułu zainstalowano tam już ponad 75 GW mocy w fotowoltaice, podłączając do sieci średnio ponad 1 GW miesięcznie, a wartością docelową jest osiągnięcie łącznej mocy niemieckiej fotowoltaiki na poziomie nawet 200 GW). Taki stan rzeczy powoduje w ostatnim czasie nasilenie ożywionych dyskusji wokół problematyki związanej z potencjalnymi możliwościami magazynowania nadwyżek energii elektrycznej generowanych za pośrednictwem źródeł odnawialnych [4].

Analiza współczesnych możliwości magazynowania energii elektrycznej

Ogólnie magazynowanie energii elektrycznej sprowadza się do jej przetworzenia na inny rodzaj energii, którą można następnie przechowywać przez dłuższy okres, nie odnotowując przy tym jej znacznego ubytku. Bezpośrednie magazynowanie energii elektrycznej w postaci energii pola elektrycznego wytworzonego pomiędzy okładkami kondensatora nie wchodzi w ogóle w rachubę, głównie ze względu na relatywnie niewielką pojemność nawet największych obecnie możliwych do wyprodukowania kondensatorów i ich wysoką upływność, wskutek czego zgromadzony na okładkach kondensatora ładunek po pewnym czasie całkowicie zanika. Tym bardziej także nie wchodzi absolutnie w grę magazynowanie energii elektrycznej na tak dużą skalę w postaci pola magnetycznego wytworzonego przez cewki indukcyjne [1].

Obecnie wielkoskalowe magazynowanie energii elektrycznej możliwe jest w zasadzie jedynie z wykorzystaniem w tym celu elektrowni szczytowo-pompowych oraz być może w przyszłości z wykorzystaniem magazynów elektrochemicznych, choć obecnie ich możliwości są w tym zakresie znacznie mniejsze, niż ma to miejsce w przypadku elektrowni szczytowo-pompowych.

Na chwilę obecną w naszym kraju istnieje zaledwie 10 elektrochemicznych magazynów energii położonych w następujących lokalizacjach: Bystra (6 MW), Cieszanowice (3 MW), Czernikowo (1 MW), Garbce (5,5 MW), Lubachów (0,5 MW), Ochotnica Dolna (0,15 MW), Puck (0,75 MW), Rzepedź (2,1 MW), Wielka Wieś (0,05 MW) i Żar (0,5 MW). We wszystkich wymienionych magazynach energii wykorzystywane są baterie litowo-jonowe z wyjątkiem największej tego typu instalacji w Bystrej, gdzie oprócz baterii litowo-jonowych wykorzystywane są również klasyczne akumulatory kwasowo-ołowiowe. Jak widać, są to wszystko systemy o bardzo niewielkiej jak na elektroenergetykę mocy, nie przekraczającej

w najlepszym wypadku wartości zaledwie kilku megawatów. Tego typu instalacje nie mają w zasadzie żadnego istotnego znaczenia w bilansowaniu mocy w skali całego krajowego systemu elektroenergetycznego [8].

Do chwili obecnej magazynowanie energii elektrycznej na największą możliwą skalę ma miejsce jedynie w elektrowniach szczytowo-pompowych. W naszym kraju posiadamy w zasadzie trzy klasyczne elektrownie szczytowo-pompowe, z których największa znajduje się w Żarnowcu i została wybudowana pod kątem potencjalnej współpracy z planowaną niegdyś w tej miejscowości elektrownią atomową, której budowa została swego czasu całkowicie zaniechana, głównie z przyczyn politycznych i silnych protestów organizacji ekologicznych [5]. Budowa elektrowni szczytowo-pompowej w Żarnowcu rozpoczęła się w roku 1973, a została zakończona w roku 1983 (Rys. 2). Zdolność do magazynowania energii elektrycznej przez elektrownię szczytowo-pompową Żarnowiec wynosi 3,6 GWh. Zbiornik dolny tej elektrowni szczytowo-pompowej stanowi naturalne Jezioro Żarnowieckie, natomiast zbiornik górny jest obiektem sztucznym o pojemności 13,8 mln metrów sześciennych. Moc generatorowa rozważanej elektrowni wynosi 716 MW, a jej moc pompowa 800 MW.



RYS.2. ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA W ŻARNOWCU

ŹRÓDŁO: [HTTPS://INDEPENDENTTRADER.PL/NAJWAZNIEJSZE-WYKRESY-MINIONYCH-TYGODNI-WRZESIEN-2023.HTML](https://independenttrader.pl/najawazniejsze-wykresy-minionych-tygodni-wrzesien-2023.html)



RYS.3. ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA PORĄBKA-ŻAR

ŹRÓDŁO: [HTTPS://PL.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ELEKTROWNIA_POR%C4%85BKA-5%BBAR#/MEDIA/PLIK:ZBIORNIK_ELEKTROWNI_POR%C4%85BKA-%C5%BBAR_BMA6.JPG](https://pl.wikipedia.org/wiki/Elektrownia_Por%C4%85bka-5%BBAR#/media/Plik:Zbiornik_elektrowni_por%C4%85bka-%C5%BBAR_BMA6.JPG)

Drugą co do wielkości elektrownią szczytowo-pompową w Polsce jest elektrownia Porąbka-Żar, która została oddana do użytku w 1979 roku (Rys. 3). Jej moc generatorowa wynosi 500 MW, a moc pompowa 540 MW. Z kolei wybudowany na szczycie góry Żar betonowy zbiornik w kształcie elipsy, posiadającej wymiary 250 m na 650 m, jest w stanie pomieścić około 2,3 miliona metrów sześciennych wody.

Trzecia z polskich elektrowni szczytowo-pompowych położona jest z kolei na Pomorzu w miejscowości Żydowo i została uruchomiona w roku 1971. Jej działanie polega na przepompowywaniu wody pomiędzy dwoma naturalnymi jeziorami: Kamienne i Kwiecko, w przypadku których różnica poziomów ich luster wody sięga wartości ponad 80 metrów. Moc generatorowa tej elektrowni wynosi 156 MW, a jej moc pompowa 167 MW. Jest ona zatem obiektem wyraźnie mniejszym niż wymienione uprzednio elektrownie szczytowo-pompowe Porąbka-Żar i Żarnowiec.



RYS.4. ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA ŻYDOWO

ŹRÓDŁO: [HTTPS://PL.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/ELEKTROWNIA_%C5%BBYDOWO#/MEDIA/PLIK:ELEKTROWNIA_ZYDOWO.JPG](https://pl.wikipedia.org/wiki/Elektrownia_%C5%BBYDOWO#/media/Plik:Elektrownia_Zydowo.JPG)



RYS.5. ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA W SOLINIE

ŹRÓDŁO: [HTTPS://PGEEO.PL/NASZE-OBIEKTY/ELEKTROWNIE-WODNE/SOLINA](https://pggeo.pl/nasze-obiekty/elektrownie-wodne/solina)

Polska posiada jeszcze trzy inne elektrownie wodne, które określa się powszechnie mianem elektrowni szczytowo-pompowych (Solina, Niedzica i Dychów), aczkolwiek de facto są to elektrownie, które energię elektryczną wytwarzają głównie z przepływu wody w rzece, przy czym dodatkowo wyposażone zostały w możliwość jej ponownego przepompowywania do zbiornika górnego w okresie niskiego zapotrzebowania na moc elektryczną w krajowym systemie elektroenergetycznym.

Z kolei elektrownię wodną w Solinie oddano do użytku w 1968 roku. Jej moc wynosi 200 MW, ale tylko dwie z jej czterech turbin o mocy 50 MW zostały wykonane jako hydrauliczne maszyny odwracalne, a zatem jej moc pompowa wynosi jedynie 100 MW.

Inną elektrownią wodną z możliwością dodatkowej pracy pompowej jest oddana do użytku w roku 1997 elektrownia szczytowo-pompowa w Niedzicy (Rys. 6). Jej moc generatorowa wynosi 92 MW, a moc pompowa 89 MW.



RYS.6. ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA W NIEDZICY

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WWW.NIEDZICA.PL/52-ELEKTROWNIA_WODNA_W_NIEDZICY](https://www.niedzica.pl/52-elektrownia-wodna-w-niedzicy)



RYS.7. ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA W DYCHOWIE

ŹRÓDŁO: [HTTPS://PGGEO.PL/NASZE-OBJEKTY/ELEKTROWNIE-WODNE/DYCHOW](https://pggeo.pl/nasze-objekty/elektrownie-wodne/dychow)

Z kolei najstarszą polską elektrownią szczytowo-pompową jest elektrownia położona w miejscowości Dychów w województwie lubuskim (Rys. 7). Została ona wybudowana jeszcze przez Niemców w 1937 roku i pracowała do roku 1945. Jej ponowne uruchomienie w okresie powojennym nastąpiło dopiero w roku 1952, ponieważ wcześniej żołnierze radziecy zdołali skutecznie zdemontować i wywieźć całe jej wyposażenie. Moc rozważanej elektrowni podczas jej pracy w trybie generatorowym wynosi 90 MW. Jednak zainstalowane w elektrowni Dychów turbiny wodne nie są hydraulicznymi maszynami odwracalnymi, natomiast zainstalowano tam cztery pompy wodne napędzane silnikami elektrycznymi o mocy około 6 MW, w związku z czym zdolność rozważanej elektrowni do zdejmowania nadwyżek mocy w systemie elektroenergetycznym jest bardzo ograniczona (wobec czego nie ma ona pod tym względem jakiegos większego znaczenia) w skali całego krajowego systemu elektroenergetycznego.

Nierynkowe redysponowanie jednostek wytwórczych

Od 2023 roku w okresie wiosenno-letnim w dni wolne od pracy pojawiają zaczęły się regularnie wydawane przez PSE komunikaty o tzw. nierynkowym redysponowaniu jednostek wytwórczych, co sprowadzało się w praktyce do wydania nakazu odłączenia od sieci przesyłowych wybranych farm fotowoltaicznych o sumarycznej mocy rzędu kilku gigawatów. Jakkolwiek w roku 2023 komunikaty takie należały jeszcze raczej do rzadkości i pojawiały się jedynie w sytuacji, gdy było bezchmurne niebo i na dodatek wiał przy tym stosunkowo silny wiatr, to w roku kolejnym, począwszy już od marca, komunikaty te wydawane są praktycznie w każdy dzień wolny od pracy, a także niekiedy i w dni robocze, jak choćby w dniu 16 maja 2024 roku (był to czwartek). Panująca wówczas sytuacja w krajowym systemie elektroenergetycznym została przedstawiona na Rys 8.

MAPA KSE

Mapa prezentuje planowe i chwilowe przepływy mocy na przekrojach handlowych

ZAPOTRZEBOWANIE [MW]	20 306
GENERACJA [MW]	22 628
el. ciepne	8 222
el. wodne	159
el. wiatrowe	6 116
el. fotowoltaiczne	8 130
el. Inne odnawialne	0
SALDO WYMIANY CAŁKOWITEJ [MW]	2 343 EKSPORT
CZĘSTOTLIWOŚĆ [Hz]	49,988

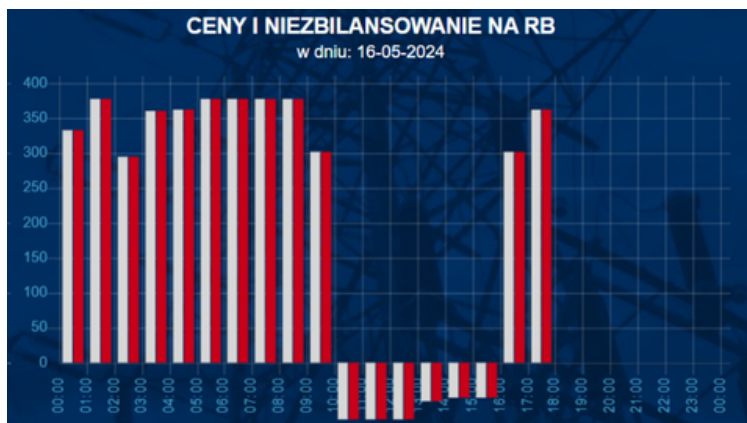


RYS.8. DANE DOTYCZĄCE PARAMETRÓW PRACY SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO W DNIU 16 MAJA 2024 ROKU

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WWW.PSE.PL/HOME](https://www.pse.pl/home)

Jak wynika z Rys. 8, elektrownie ciepne generowały w rozpatrywanym czasie łącznie 8,222 GW, czyli pracowały na swym technicznie niezbędnym minimum. Jednocześnie uruchomiono tzw. awaryjny eksport energii elektrycznej w łącznej wysokości 2,343 GW do wszystkich krajów ościennych, z którymi tylko posiadamy połączenia transgraniczne, z wyjątkiem Niemiec, od których importowaliśmy wówczas 0,594 GW (właściwie należałoby zapytać, w jakim celu, skoro sami mieliśmy wówczas spory nadmiar generowanej mocy). Wspomniany eksport awaryjny polega de facto na oddawaniu w zasadzie za darmo (a nawet i być może po cenach ujemnych) energii wytworzonej w naszych elektrowniach ciepłych praktycznie wszystkim krajom ościennym, tylko po to, aby w owym czasie mogły pracować

polskie instalacje fotowoltaiczne i nie trzeba było odłączać od sieci większej liczby farm fotowoltaicznych, za co ich właścicielom wypłacane są przecież spore odszkodowania. W rozważanym dniu 16 maja 2024 pojawiły się także przez sześć kolejnych godzin doby ujemne ceny energii elektrycznej na rynku hurtowym, co ze wszech miar jest wręcz rażąco patologią, wypaczającą cały krajowy rynek energii i stwarzającą pole do różnego rodzaju nadużyć i spekulacji, co można zobaczyć na Rys. 9.



RYS.9. CENY ENERGII ELEKTRYCZNEJ W DNIU 16 MAJA 2024 ROKU

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WWW.PSE.PL/HOME](https://www.pse.pl/home)

Z kolei na Rys. 10 zamieszczono treść wydanego w dniu 5 maja 2024 roku komunikatu o nierynkowym redysponowaniu jednostek wytwórczych.

Komunikat o nierynkowym redysponowaniu jednostek wytwórczych PV w KSE w dn. 05.05.2024

Ze względu na nadpodaż generacji w KSE oraz konieczność przywrócenia zdolności regulacyjnych KSE, PSE wprowadzają nierynkową redukcję generacji źródeł fotowoltaicznych w dn. 05.05.2024 w wysokości:

2191 MW w godz. 08:01 - 09:00,
 2822 MW w godz. 09:01 - 10:00,
 3220 MW w godz. 10:01 - 11:00,
 3486 MW w godz. 11:01 - 12:00,
 3387 MW w godz. 12:01 - 13:00,
 3121 MW w godz. 13:01 - 14:00,
 2324 MW w godz. 14:01 - 15:00,
 2125 MW w godz. 15:01 - 16:00.

RYS.10. KOMUNIKAT O NIERYNKOWYM REDYSPONOWANIU FARM FOTOWOLTAICZNYCH W DNIU 5 MAJA 2024 ROKU

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WWW.PSE.PL/HOME](https://www.pse.pl/home)

Jak wynika z treści zamieszczonego na Rys. 10 komunikatu, od polskich farm fotowoltaicznych nie została w rozważanym dniu odebrana energia w wysokości 22,676 GWh.

W rozpatrywanym dniu wydany został także komunikat dotyczący nierynkowego redysponowania jednostek wytwórczych w przypadku farm wiatrowych, co pokazano na Rys. 11.

Komunikat o nierynkowym redysponowaniu jednostek wytwórczych Farm Wiatrowych w KSE w dn. 05.05.2024

Ze względu na nadpodaż generacji w KSE oraz konieczność przywrócenia zdolności regulacyjnych KSE, PSE wprowadzają nierynkową redukcję generacji farm wiatrowych w dn. 05.05.2024 w wysokości:

161 MW w godz. 08:01 - 09:00,
 133 MW w godz. 09:01 - 10:00,
 172 MW w godz. 10:01 - 11:00,
 241 MW w godz. 11:01 - 12:00,
 298 MW w godz. 12:01 - 13:00,
 321 MW w godz. 13:01 - 14:00,
 344 MW w godz. 14:01 - 15:00,
 367 MW w godz. 15:01 - 16:00.

RYS.11. KOMUNIKAT O NIERYNKOWYM REDYSPONOWANIU FARM WIATROWYCH W DNIU 5 MAJA 2024 ROKU

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WWW.PSE.PL/HOME](https://www.pse.pl/home)

Jak wynika z Rys. 11 w owym dniu nie odebrano od farm wiatrowych energii elektrycznej w wielkości 2,037 GWh.

Jak można policzyć, łącznie w dniu 5 maja 2024 roku zmarnowaniu uległa energia, która mogłaby być potencjalnie wytworzona przez OZE (fotowoltaika i wiatraki) w wysokości 24,713 GWh. Porównajmy teraz tę wielkość ze zdolnościami do magazynowania energii elektrycznej drugiej co do wielkości polskiej elektrowni szczytowo-pompowej Porąbka-Żar, które wynoszą 2 GWh. Wynika stąd, że w celu zmagazynowania nadwyżek energii elektrycznej, która pojawiła się w krajowym systemie elektroenergetycznym w dniu 5 maja 2024 roku, należałoby dysponować aż 13 potężnymi obiektami hydrotechnicznymi, tej wielkości co Porąbka-Żar. Ich wybudowanie w Polsce w najbliższym czasie wydaje się jednak całkowicie nierealne.

Poza tym jest rzeczą wysoce wątpliwą, czy w polskich górach można byłoby wskazać aż tyle potencjalnych lokalizacji pod tego typu potężne obiekty. Abstrahując już od kosztów takiego przedsięwzięcia, trzeba byłoby wywłaszczyć tysiące lokalnych mieszkańców, aby zyskać tereny pod budowę zbiorników wodnych, a to oczywiście powodowałoby gwałtowne protesty społeczne. Warto także pamiętać, że elektrownię Porąbka-Żar budowano przez okres około 10 lat, a było to przecież w epoce Edwarda Gierka, gdzie tego typu wielkie inwestycje posuwały się szybko do przodu, ponieważ w owym czasie nie przejmowano się jakimikolwiek kwestiami związanymi z ochroną środowiska. Trudno jest zatem przypuszczać, że obecnie byłibyśmy w krótkim czasie wznosić tego typu potężne obiekty hydrotechniczne. Gdyby te elektrownie szczytowo-pompowe miały zostać wybudowane jedna po drugiej (można zastanawiać się, ile tego rodzaju inwestycji zdołalibyśmy prowadzić równolegle), to wszystkie wymagane elektrownie szczytowo-pompowe nie byłyby gotowe nawet za 100 lat.

Jak widać, w obecnej sytuacji, po zainstalowaniu w polskiej fotowoltaice około 18 GW mocy, instalacje te są już bez wątpienia mocno przewymiarowane i w okolicy godzin okołopołudniowych (czyli w okresie, gdy teoretycznie powinny one wytwarzać maksymalne ilości energii), muszą być przymusowo odłączane od sieci przesyłowych, ponieważ takiego nadmiaru generowanej mocy w wysokości kilku gigawatów nie ma jak po prostu od nich odebrać. Z kolei, jak wynika z omawianej sytuacji, która miała miejsce w dniu 5 maja 2024 roku, mówienie o magazynowaniu tak wielkich ilości energii elektrycznej jest po prostu czystą utopią. Obecnie mamy jedynie dwie większego typu elektrownie szczytowo-pompowe (Żarnowiec i Porąbka-Żar), a budowa trzeciej w miejscowości Młoty w Kotlinie Kłodzkiej wlece się już od roku 1973 i nadal do końca nie wiadomo, czy zostanie kiedykolwiek sfinalizowana. Ostatnio mówiono głośno o planowanym wznowieniu prac, ale na ich drodze pojawił się poważny problem w postaci nietoperzy, które zagnieździły się w wydrążonych prawie pół wieku temu sztolniach derywacyjnych i które nie mają najmniejszego zamiaru ich opuścić. Podobno obecnie trwa akcja ich ewidencjonowania, tylko że jeszcze nie wiadomo, co właściwie z tego dla przyszłości elektrowni szczytowo-pompowej Młoty ma ostatecznie wynikać.

Nierealizowalność wielkoskalowego magazynowania energii

W kontekście prowadzonych rozważań wręcz kuriozalne wydają się pomysły związane z tzw. wielkoskalowym magazynowaniem energii elektrycznej. Tego rodzaju pomysły są ostatnio coraz to częściej zgłaszane, między innymi na poświęconym problematyce elektroenergetyki portalu WysokieNapiecie.pl, gdzie według autorów publikowanych tam artykułów to właśnie wielkoskalowe magazynowanie energii elektrycznej ma być swego rodzaju panaceum na wszelkie bolączki, związane z obecnym marnowaniem potencjału mocy zainstalowanej w odnawialnych źródłach energii, a zwłaszcza w wiatrakach i fotowoltaice.

Na rozważanym portalu zamieszczono także informację, przedstawioną na Rys. 12, dotyczącą autorów zamieszczanych tam artykułów, w których zgłaszane są nierealizowalne w praktyce pomysły, związane z wielkoskalowym magazynowaniem energii elektrycznej. Jak można dowiedzieć się z zamieszczonych tam informacji, żaden z autorów publikujących na rozważanym portalu nie posiada jakiegokolwiek wykształcenia technicznego, a przecież aby zajmować się tak trudną dziedziną, jak elektroenergetyka wypadałoby ukończyć studia magisterskie na wydziale elektrycznym jednej z krajowych uczelni politechnicznych – najlepiej na kierunku elektrotechnika bądź ewentualnie jakimś kierunku pokrewnym, jak przykładowo elektronika czy automatyka. Tymczasem rozważane osoby ukończyły, między innymi: prawo, dziennikarstwo, politologię i komunikację społeczną.

Zresztą jeden z rozważanych autorów tego portalu przyznaje się wręcz do tego, że w zasadzie to właściwie nie odróżnia mocy od energii i nie zna jednostek wielkości fizycznych używanych w elektroenergetyce, co w kontekście rozważań o wielkoskalowym magazynowaniu energii elektrycznej wydaje się niezwykle istotne.

Wydawcy portalu



Bartłomiej Derski

prawnik, ekonomista i dziennikarz. Jest absolwentem Uniwersytetu Wrocławskiego oraz Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu. Ukończył studia podyplomowe na Wydziale Mechanicznym, Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej oraz Polskiej Akademii Nauk.

Kariere zawodową rozpoczął w grupie Polskierpres. W latach 2010-2013 był dziennikarzem portalu cnie.pl. Współpracował m.in. z redakcją biznesową Onet.pl i tygodnikiem Newsweek.

Wielokrotnie nagradzany, m.in. nagrodą specjalną kapituły konkursu NBP im. W. Grabskiego, jednego z najbardziej prestiżowych konkursów dla dziennikarzy ekonomicznych. W 2023 roku otrzymał nominację do „Grand Press Economy”.

W 2018 roku jako pierwszy Polak przejechał trasę z Polski na krainę kontynentalnej części Arktyki – Przylądek Północny – samochodem w 100% elektrycznym.



Rafał Zasui – Redaktor Naczelny portalurocznik 74, absolwent Wydziału Prawa i Administracji UMK w Toruniu. Przez 13 lat był dziennikarzem działu gospodarczego „Gazety Wyborczej”. O energetyce pisał od 2007 r. W pierwszym tekście poświęconym tej branży pomylił megawaty z megawatogodzinami, ale od tej pory już się to nie zdarza.

Laureat nagrody w konkursie „Libertas et auxilium” organizowanym przez Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów za najlepszy artykuł poświęcony ochronie konkurencji w 2011 r. Tekst dotyczył manipulacji na Towarowej Giełdzie Energii.



Tomasz Elzbieciak

Specjalizuje się w szeroko pojętej tematyce rynku budowlanego oraz infrastruktury: energetycznej, przemysłowej i transportowej. W latach 2010-2021 zajmował się tą tematyką w portalu wnp.pl i magazynie Nowy Przemysł. Wcześniej praktykował i stażował m.in. w PAP oraz w katowickim oddziale „Gazety Wyborczej”. Jest absolwentem politologii – dziennikarstwa i komunikacji społecznej na Uniwersytecie Śląskim w Katowicach.

RYS.12. INFORMACJE O AUTORACH ARTYKUŁÓW ZAMIESZCZANYCH NA PORTALU WYSOKIENAPIECIE.PL

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WYSOKIENAPIECIE.PL/O-NAS/#WYDAWCY_PORTALU](https://wysokienapiecie.pl/o-nas/#wydawcy_portalu)

Wracając do pomysłów związanych z wielkoskalowym magazynowaniem energii, trzeba mieć przede wszystkim świadomość, że w okresie zimowym dobowe zapotrzebowanie na energię elektryczną w polskim systemie elektroenergetycznym sięga wartości 600 GWh i w latach kolejnych przewidywany jest dalszy jego wzrost, co wiąże się bezpośrednio z popularyzacją zastosowania pomp ciepła i ogólnie przechodzeniem na różne formy ogrzewania elektrycznego w sytuacji, gdy dana gmina wydała na swym obszarze całkowity zakaz spalania w piecach substancji stałych, jak węgiel (a nawet niekiedy i drewno), to ogrzewanie elektryczne pozostaje jedyną dostępną w tym wypadku alternatywą. Zresztą rozważane pompy ciepła jest to de facto także ogrzewanie elektryczne, tyle że wspomagane w różnym stopniu ciepłem pobieranym z powietrza bądź z gruntu. Niestety w przypadku naszego

kraju rozpowszechniły się zwłaszcza pompy ciepła pobierające energię cieplną z powietrza, a nie z gruntu, ponieważ są one znacznie tańsze, gdyż nie ma wówczas konieczności wykonywania kosztownych, głębokich nawet na kilkaset metrów odwiertów. Tylko że w przypadku silnie ujemnych temperatur efektywność pomp ciepła bazujących na energii pobieranej z powietrza jest bardzo niska, a w przypadku spadku temperatury poniżej minus piętnastu stopni Celsjusza jest to już w zasadzie wyłącznie ogrzewanie elektryczne, gdyż włączają się tam wówczas specjalne grzałki. Zresztą pompy ciepła przewidziane są w zasadzie wyłącznie do współpracy z ogrzewaniem podłogowym, ze względu na niższą temperaturę czynnika roboczego, co skutkuje zdecydowanie wyższą sprawnością całego systemu grzewczego. Niestety, posiadanie ogrzewania podłogowego w przypadku naszego kraju należy raczej do rzadkości.

Ostatecznie wygląda na to, że uruchamiając różnego rodzaju programy wsparcia, mające zachęcać ludność do masowego instalowania pomp ciepła, nie wykonano stosownych analiz odnośnie tego, jaki będzie to miało wpływ na wzrost zapotrzebowania na moc elektryczną w krajowym systemie elektroenergetycznym w okresie zimowym, gdy fotowoltaika w zasadzie nie pracuje w ogóle, a wyprodukowana przez nią energia ma znaczenie wręcz marginalne, gdyż są to zaledwie promilowe wartości dobowego zapotrzebowania [8].

Zakładając zatem, że w nadchodzących latach zapotrzebowanie na energię elektryczną w naszym kraju będzie przekraczać już grubo wartość 600 GWh, to aby można było w ogóle mówić o jakimś wielkoskalowym magazynowaniu energii elektrycznej, należałoby przyjąć, że co najmniej 10% z podanej wartości powinno być pokrywane właśnie za pośrednictwem magazynów energii. Bowiem w przypadku gdyby wartość ta była mniejsza niż rozważane 10%, trudno byłoby wówczas mówić w ogóle o jakimkolwiek wielkoskalowym magazynowaniu energii elektrycznej oraz nie miałyby to absolutnie żadnego większego znaczenia w dobowym bilansowaniu energii w krajowym systemie elektroenergetycznym. W kontekście powyższego należy przyjąć, że pokrywanie 10% krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną właśnie z magazynów energii jest tym absolutnie bezwzględny minimum, poniżej którego inwestowanie w magazyny energii nie ma w zasadzie żadnego sensu, bo co to właściwie w sumie może zmienić, jeśli przykładowo 3% dobowego zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce zostanie pokryte za ich pośrednictwem, wielkość taka będzie wręcz niezauważalna.

Jak łatwo można wyliczyć, 10% z dobowego zapotrzebowania na energię elektryczną w Polsce w okresie zimowym sięga wartości 60 GWh. Przypomnijmy tylko, że zdolności magazynowe elektrowni szczytowo-pompowej Porąbka-Żar wynoszą zaledwie 2 GWh. Zatem w celu realizacji rozważanego wielkoskalowego magazynowania energii elektrycznej potrzebowalibyśmy aż 30 potężnych obiektów hydrotechnicznych tej wielkości co Porąbka-Żar. To, czy na terenie naszego kraju byłoby je w ogóle gdzie wybudować, pozostaje odrębną kwestią [4]. Mimo wszystko zakładając nawet, że równocześnie byłibyśmy w stanie prowadzić trzy budowy takich dużych elektrowni szczytowo-pompowych jak Porąbka-Żar (co byłoby zapewne i tak niebywałym wręcz wyczynem), to wszystkie potrzebne nam elektrownie szczytowo-pompowe gotowe byłyby dopiero po upływie ponad 100 lat. Natomiast potrzebujemy ich w zasadzie już teraz, ponieważ jakkolwiek celowość dalszego zwiększania mocy w polskich instalacjach fotowoltaicznych i w ogóle budowa wiatraków morskich jest uzależniona w istotnym stopniu właśnie od zdolności magazynowania energii elektrycznej w krajowym systemie elektroenergetycznym, a obecnie zdolności te są wręcz żadne w stosunku do istniejących i wciąż dynamicznie rosnących potrzeb.

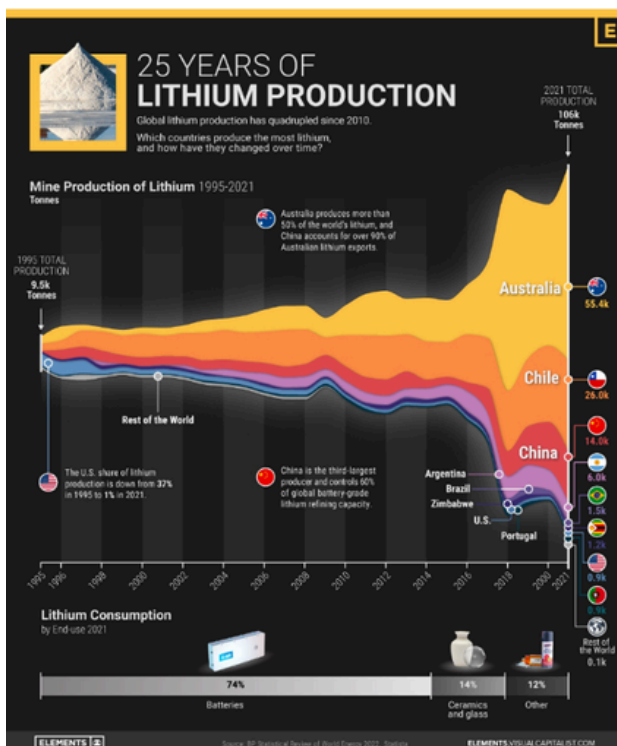
Zanim rozpoczniemy dalszą dyskusję w obszarze akumulatorowych magazynów energii elektrycznej, warto wpięć się w pamięć, że pojemność typowego akumulatora zamontowanego w przeciętnym samochodzie osobowym wynosi około 45 Ah, co przy napięciu 12 V skutkuje zdolnością do zmagazynowania około 0,54 kWh energii elektrycznej. Tyle że pamiętać trzeba jeszcze, iż pojemność akumulatorów kwasowo-ołowiowych maleje szybko wraz z upływem lat (efekt stopniowego zasarczenia płyt ołowiowych), a ponadto tego rodzaju akumulatorów nie wolno nigdy rozładowywać całkowicie do zera, ponieważ takie postępowanie bardzo skróciłoby ich żywotność, która i tak nie jest relatywnie zbyt długa. W związku z powyższym można realistycznie przyjąć, że jeden typowy akumulator samochodowy pozwala na zmagazynowanie około 0,25 kWh energii elektrycznej, a zatem w celu zmagazynowania tylko jednej kilowatogodziny potrzebowalibyśmy aż cztery takie akumulatory. Jak można prosto wyliczyć, w celu zmagazynowania rozważanych 60 GWh energii elektrycznej potrzebowalibyśmy około 240 milionów tego rodzaju akumulatorów, czyli na każdego Polaka przypadłoby ich ponad sześć. Ponadto przyjmując, że każdy tego typu akumulator zawiera ponad 10 kg ołowiu (cały waży około 13 kg), do ich wyprodukowania trzeba byłoby zużyć aż ponad 3 miliony ton rozważanego metalu ciężkiego. Przy okazji warto nadmienić, że jego światowe wydobycie szacowane jest na niecałe 5 milionów ton, więc i tak nie byłoby ich raczej z czego w naszym kraju wyprodukować.

Tymczasem w budowanych obecnie akumulatorowych magazynach energii wykorzystuje się powszechnie lit, który wydobywany jest w zasadzie wyłącznie w Australii, Chile i Chinach, co stwarza niebezpieczeństwo właściwie całkowitego uzależnienia się od ewentualnych kaprysów niewielkiej liczby potencjalnych dostawców, a jaki miałyby to wpływ na bezpieczeństwo energetyczne kraju, tego chyba nie trzeba nikomu specjalnie tłumaczyć.

Ponadto, zakładając że gęstość energii zgromadzonej w akumulatorach litowych jest średnio dziesięciokrotnie większa w porównaniu z akumulatorami kwasowo-ołowiowymi, to i tak do ich wyprodukowania potrzebowalibyśmy ponad 300 tysięcy ton litu, a jego światowe wydobycie obecnie przekracza nieznacznie zaledwie 100 tysięcy ton, z czego ¼ pochłania właśnie produkcja akumulatorów, a reszta wykorzystywana jest do innych celów (Rys. 13).

Zakładając nawet bardzo optymistycznie, że byłibyśmy w stanie pozyskiwać rocznie około 3% światowego wydobycia litu, to i tak wyprodukowanie wszystkich potrzebnych do magazynowania nadwyżek energii elektrycznej akumulatorów zajęłoby ponad 100 lat. Tyle że pierwsze z tych akumulatorów najdalej po około 15 latach trzeba byłoby poddać utylizacji i wymienić na nowe. Zatem w praktyce tych akumulatorowych magazynów energii nie wybudowalibyśmy nigdy. Powyższe dane ukazują w sposób dobitny, jak płonne są nadzieje pokładane obecnie w akumulatorowych magazynach energii.

Jak już wspomniano, istniejące obecnie na terenie naszego kraju akumulatorowe magazyny energii są instalacjami wręcz mikroskopijnymi, które w dobowym bilansie energii elektrycznej w krajowym systemie elektroenergetycznym nie mają w zasadzie żadnego istotnego znaczenia. Kolejne tego typu instalacje planuje w przyszłości wybudować również Polska Grupa Energetyczna S.A. (PGE), co pokazano na mapce zamieszczonej na Rys. 14.



RYS.13. DANE DOTYCZĄCE ŚWIATOWEGO WYDOBYCIA LITU

ŹRÓDŁO: [HTTPS://ELEKTRYKAPRADNIETYKA.COM/53941/NAJWIEKSI-PRODUCENCI-LITU-WYDOBYCIE-NA-SWIECIE-W-LATACH-1995-2021/](https://ELEKTRYKAPRADNIETYKA.COM/53941/NAJWIEKSI-PRODUCENCI-LITU-WYDOBYCIE-NA-SWIECIE-W-LATACH-1995-2021/)



RYS.14. ROZMIESZCZENIE PLANOWANYCH AKUMULATOROWYCH MAGAZYNÓW ENERGII PGE S.A.

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WYSOKIENAPIECIE.PL/39276-RUSZYLY-INWESTYCJE-W-POLSKIE-MAGAZYNY-ENERGII/](https://WYSOKIENAPIECIE.PL/39276-RUSZYLY-INWESTYCJE-W-POLSKIE-MAGAZYNY-ENERGII/)

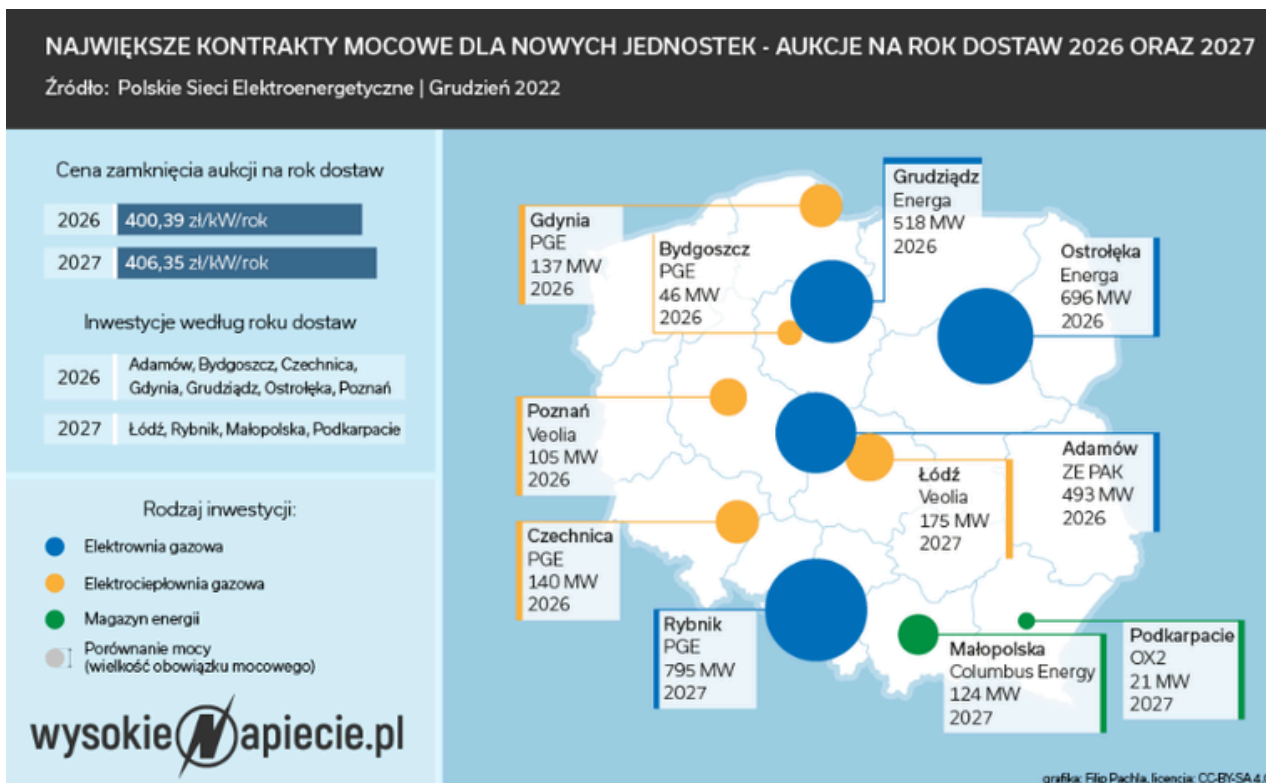
Jak już wspomniano, istniejące obecnie na terenie naszego kraju akumulatorowe magazyny energii są instalacjami wręcz mikroskopijnymi, które w dobowym bilansie energii elektrycznej w krajowym systemie elektroenergetycznym nie mają w zasadzie żadnego istotnego znaczenia. Kolejne tego typu instalacje planuje w przyszłości wybudować również Polska Grupa Energetyczna S.A. (PGE), co pokazano na mapce zamieszczonej na Rys. 14.

Jak wynika z Rys. 14, moc planowanych magazynów energii mieści się w przedziale od kilku do kilkudziesięciu megawatów z wyjątkiem magazynu planowanego w Żarnowcu, którego moc ma wynieść 205 MW. Ostatnio pojawiły się doniesienia prasowe, które poddają

w wątpliwość, czy ten największy z planowanych polskich akumulatorowych magazynów energii zostanie w ogóle kiedykolwiek zrealizowany – niestety jest tak, że większość planów pozostaje u nas wyłącznie na papierze.

Łącznie planowane przez PGE magazyny miałyby mieć moc około 325 MW, a to jest zdecydowanie zbyt mało, aby można było w ten sposób cokolwiek w istotnym stopniu zmienić, jeśli chodzi o zagadnienie bilansowania mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym.

Z kolei na Rys. 15 pokazano mapkę, na której zamieszczono lokalizację nowopowstających akumulatorowych magazynów energii, które wzięły udział w aukcji kontraktów mocowych na lata 2026 i 2027.



RYS.15. PLANOWANE LOKALIZACJE NOWYCH AKUMULATOROWYCH MAGAZYNÓW ENERGII, KTÓRE ROZPOCZNĄ PRACĘ W 2027 ROKU

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WYSOKIENAPIECIE.PL/80510-MAGAZYNY-ENERGII-SLOWACJA-I-LITWA-DEBIUTUJA-W-RYNKU-MOCY/](https://WYSOKIENAPIECIE.PL/80510-MAGAZYNY-ENERGII-SLOWACJA-I-LITWA-DEBIUTUJA-W-RYNKU-MOCY/)

Jak wynika z Rys. 15, dopiero w roku 2027 w krajowym systemie elektroenergetycznym rozpoczną pracę dwa tego typu magazyny – jeden w Małopolsce (124 MW) i jeden na Podkarpaciu (21 MW). Jednak w tym wypadku trudno jest raczej mówić o jakimkolwiek „wielkoskalowym” magazynowaniu energii, gdyż uruchomienie w przyszłości owych magazynów w zasadzie niczego istotnie nie zmieni, jeśli weźmiemy pod uwagę ilości energii, które pozostają nieodebrane z farm fotowoltaicznych w słoneczne dni w okolicach godzin okołopołudniowych – jest to wręcz przystawiona „kropla wody w morzu”.

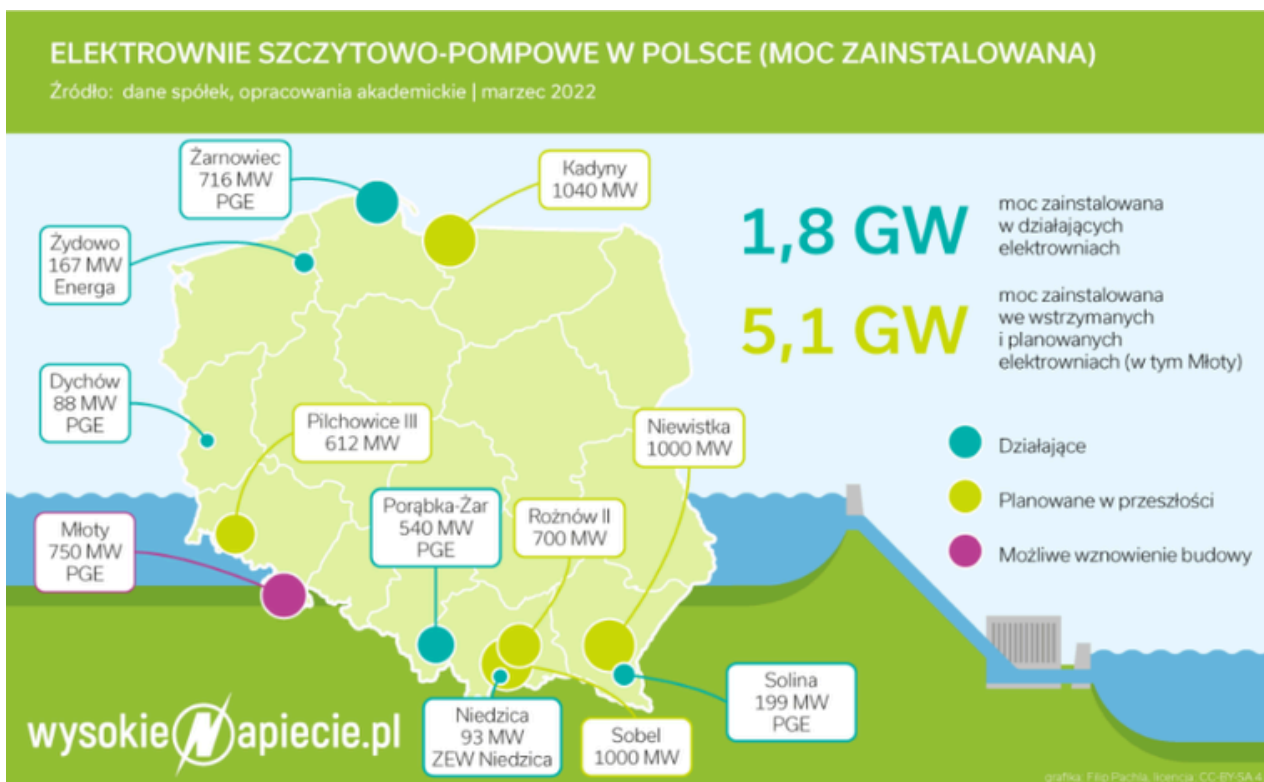
Zakończenie

Jak wynika z zamieszczonych w artykule wyliczeń, wielkoskalowe magazynowanie energii elektrycznej nawet na poziomie zaledwie 10% dobowego zapotrzebowania (około 60 GWh w okresie zimowym) jest całkowicie nierealizowalne technicznie. Jak dotąd jedynym znanym najbardziej efektywnym sposobem magazynowania energii elektrycznej jest jej konwersja na energię potencjalną mas wodnych, gromadzonych w zbiornikach górnych elektrowni szczytowo-pompowych. Tyle że ich wybudowanie w koniecznej liczbie (około 30 obiektów tej wielkości co Porąbka-Zar) w jakimś rozsądnym horyzoncie czasowym jest całkowicie nierealne, abstrahując nawet od kosztów ich budowy i niemożności wskazania dla nich aż tylu potencjalnych lokalizacji, spełniających odpowiednie warunki terenowe i hydrotechniczne.

Odnośnie elektrowni szczytowo-pompowych warto jest jeszcze wspomnieć, że w przeszłości nie budowano ich wcale z uwagi na możliwości magazynowania w nich energii elektrycznej, bowiem ich głównym zadaniem jest dostarczanie systemowi elektroenergetycznemu odpowiednio dużego zasobu tzw. mocy regulacyjnej [5]. W sytuacji wystąpienia znacznych zmian ze strony odbiorców odnośnie wysokości zapotrzebowania na generowaną w systemie elektroenergetycznym moc, a zwłaszcza w sytuacji, gdy zapotrzebowanie to gwałtownie narasta, opalane węglem elektrownie ciepłone nie są w stanie wytworzyć aż tak dużego gradientu mocy (niekiedy może on w krajowym systemie elektroenergetycznym przekraczać nawet 40 MW na minutę). Wówczas konieczne jest uruchomienie elektrowni wodnych, a zwłaszcza znacznie potężniejszych od nich elektrowni szczytowo-pompowych, aby można było uzyskać pożądane wartości gradientu mocy. W przeciwnym wypadku, aby zapobiec niebezpieczeństwu wystąpienia blackoutu, należałoby przymusowo odłączyć od sieci przesyłowych szerokie grupy odbiorców celem zbilansowania mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym [7].

Drugą (niezwykle ważną) rolę pełnioną w systemie elektroenergetycznym przez elektrownie szczytowo-pompowe jest zapewnianie odpowiedniego poziomu tzw. mocy interwencyjnej. W przypadku pojawiania się nagłych i nieprzewidywanych stanów awaryjnych, związanych przykładowo z wyłączeniem bloku ciepłego o dużej mocy, rzędu setek megawatów, w systemie elektroenergetycznym pojawia się w sposób nagły duży deficyt generowanej mocy, który w efekcie prowadzić może wprost do blackoutu. W takiej sytuacji również przychodzą z pomocą elektrownie szczytowo-pompowe, które można uruchomić z pełną ich mocą w czasie równym zaledwie kilka minut. Duża siła inercji systemu elektroenergetycznego pozwala przetrwać rozważane kilka krytycznych minut bez większego spadku częstotliwości jego pracy, a później to właśnie elektrownie szczytowo-pompowe uzupełniają wspomniany deficyt mocy, nawet przez okres kilku godzin, dając czas na podniesienie poziomu generowanej mocy przez pozostałe pracujące w systemie elektrownie ciepłone.

Z tego powodu budowa w Polsce kolejnych elektrowni szczytowo-pompowych jest bardzo pożądana, i to wbrew wygłaszanym często opiniom różnych polityków, nie posiadających najczęściej żadnego wykształcenia technicznego, ponieważ każda taka elektrownia zmniejsza w stopniu istotnym groźbę nieprzewidywanego pojawiania się w naszym kraju blackoutu [4].



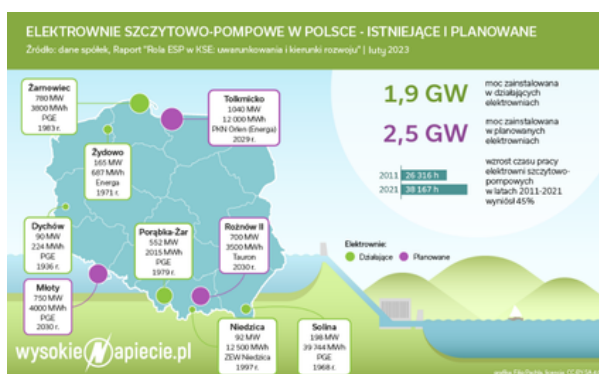
RYS.16. ISTNIĄCE OBECNIE I PLANOWANE W PRZESZŁOŚCI KOLEJNE POLSKIE ELEKTROWNIE SZCZYTOWO-POMPOWE

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WYSOKIENAPIECIE.PL/67151-WODNE-ELEKTROWNIE-SZCZYTOWE-MOGA-WROCIC-Z-WIELKA-POMPA](https://wysokiNapiecie.pl/67151-WODNE-ELEKTROWNIE-SZCZYTOWE-MOGA-WROCIC-Z-WIELKA-POMPA)

Na mapce przedstawionej na Rys. 16 pokazano lokalizację działających obecnie i planowanych w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia kolejnych elektrowni szczytowo-pompowych, przy czym rozpoczęto budowę tylko jednej z nich w miejscowości Młoty (750 MW), którą przerwano z powodów ekonomicznych pod koniec lat osiemdziesiątych. Poza tym tego typu obiekty miały powstać w następujących lokalizacjach: Kadyny (1040 MW), Niewistka (1000 MW), Sobel (1000 MW), Rożnów (700 MW) i Pilchowice (612 MW).

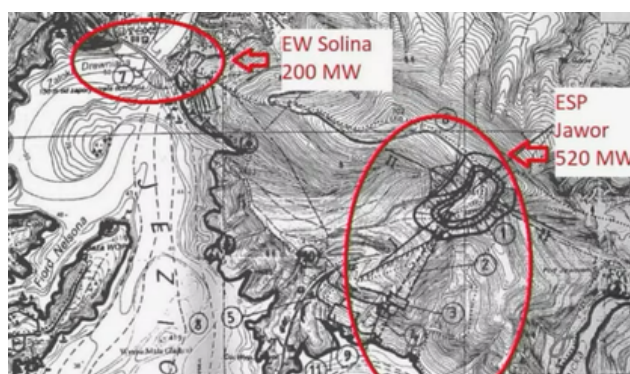
Obecnie ponownie mówi się sporo o konieczności budowy w Polsce kolejnych elektrowni szczytowo-pompowych i istotnie kilka tego typu obiektów powinno powstać, ponieważ stanowią one, jak już wspomniano, niezwykle cenny rezerwar tzw. mocy interwencyjnej, co w przyszłości może uchronić nas przed nieprzewidywanym blackoutem.

Z kolei na Rys. 17 przedstawiono rozważane obecnie potencjalne lokalizacje pod kolejne polskie elektrownie szczytowo-pompowe. Największy tego typu obiekt mógłby powstać w pobliżu miejscowości Tolkmiecko (1040 MW) nad Zalewem Wiślanym. Planowane jest również wznowienie budowy tego typu obiektu w miejscowości Młoty (750 MW) oraz w Rożnowie (700 MW). Jednak znając dobrze krajowe realia, można wątpić, czy ich realizacja dojdzie kiedykolwiek w przyszłości do skutku.



RYS.17. MOŻLIWE LOKALIZACJE POD NOWE POLSKIE ELEKTROWNIE SZCZYTOWO-POMPOWE

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WYSOKIENAPIECIE.PL/87843-NAJPIERW-MLOTY-POTEM-BIESZCZADY-PGE-ANALIZUJE-KOLEJNA-ELEKTROWNIE-SZCZYTOWO-POMPOWA/](https://wysokienapiecie.pl/87843-NAJPIERW-MLOTY-POTEM-BIESZCZADY-PGE-ANALIZUJE-KOLEJNA-ELEKTROWNIE-SZCZYTOWO-POMPOWA/)



RYS.18. PROPONOWANA LOKALIZACJA POD ELEKTROWNIE SZCZYTOWO-POMPOWĄ NA GÓRZE JAWOR POŁOŻONEJ NAD JEZIOREM W SOLINIE

ŹRÓDŁO: [HTTPS://WYSOKIENAPIECIE.PL/87843-NAJPIERW-MLOTY-POTEM-BIESZCZADY-PGE-ANALIZUJE-KOLEJNA-ELEKTROWNIE-SZCZYTOWO-POMPOWA/](https://wysokienapiecie.pl/87843-NAJPIERW-MLOTY-POTEM-BIESZCZADY-PGE-ANALIZUJE-KOLEJNA-ELEKTROWNIE-SZCZYTOWO-POMPOWA/)

Ostatnio pojawiła się także ciekawa propozycja wykorzystania istniejącego już jeziora w Solinie do budowy na nim kolejnej polskiej elektrowni szczytowo-pompowej o mocy 520 MW. W tym wypadku na szczycie pobliskiej góry Jawor miałby zostać wybudowany wielki betonowy basen, co ukazano na Rys. 18, który pełniłby rolę zbiornika górnego tej elektrowni.

Na koniec warto jeszcze skomentować pojawiające się tu i ówdzie pomysły, sprowadzające się do tego, aby w przypadku elektrowni podobnych w swym działaniu do elektrowni szczytowo-pompowych zastąpić wodę jakąś substancją stałą – najczęściej mowa jest o podnoszeniu w górę na stalowych linach betonowych bloków bądź jakichś innych wielkich ciężarów. Jednak tego typu postępowanie nie ma większego sensu. Aby się o tym przekonać, wystarczy policzyć, ile ton musiałby ważyć rozważany betonowy blok, aby można było za jego pośrednictwem zmagazynować zaledwie jedną kilowatogodzinę energii elektrycznej – po odpowiednich wyliczeniach otrzymujemy wartość około 3670 kg, które należałoby podnieść na wysokość 100 m. Jeśli uwzględnimy jeszcze sprawność przetwarzania energii mechanicznej na energię elektryczną, przyjmując ostrożnie jej wartość na dość wysokim poziomie około 90 proc., to otrzymamy masę takiego bloku wynoszącą ponad cztery tony. Zatem w celu zmagazynowania rozważanych przednio 60 GWh energii elektrycznej należałoby na wysokość 100 metrów podnieść ponad 240 milionów ton. Celem porównania wystarczy wspomnieć, że masa potężnej piramidy Cheopsa w Egipcie wynosi „zaledwie” około 6 milionów ton. Chcąc zatem zmagazynować w ten sposób rozważaną ilość energii elektrycznej, na wysokość 100 metrów należałoby podnieść około 40 piramid Cheopsa.

Tak zatem wyglądają w praktyce mrzonki związane z postulowanym coraz częściej w wielu miejscach wielkoskalowym magazynowaniem energii elektrycznej, które zgodnie z obecnym stanem wiedzy i poziomem rozwoju techniki jest po prostu niewykonalne.

Bibliografia

- [1] Chmielniak T., Technologie energetyczne, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018
- [2] Handzel Z., Gajer M., Energetyka wiatrowa jako główna konkurencja dla fotowoltaiki i wynikające stąd problemy związane z koniecznością zbilansowania mocy w systemie elektroenergetycznym, Zeszyty Naukowe WSEI, nr 19
- [3] Handzel Z., Gajer M., Jak wiele dodatkowej mocy można jeszcze zainstalować w polskiej fotowoltaice, Zeszyty Naukowe WSEI, nr 19
- [4] Handzel Z., Gajer M., O pilnej potrzebie budowy w Polsce kolejnych elektrowni szczytowo-pompowych pełniących rolę magazynów energii, Zeszyty Naukowe WSEI, nr 18
- [5] Laudyn D., Pawlik M., Strzelczyk F., Elektrownie, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000
- [6] Lubośny Z., Farmy wiatrowe w systemie elektroenergetycznym, Wydawnictwo WNT, Warszawa 2009
- [7] Machowski J., Lubośny Z., Stabilność systemu elektroenergetycznego, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2018
- [8] Zadrożniak M., Kompendium wiedzy o elektrowniach wiatrowych, słonecznych, węglowych i atomowych, Wydawnictwo Biblioteka Wolności, Warszawa 2023