

## 2023 08 05 SIĘ DZIEJE!!

Refleksje Honorowego Prezesa Towarzystwa Elektrowni Wodnych .... with a little help from my friends<sup>1</sup>

### MOTTO:

***Nie możemy liczyć na jakąś ciemną energię podobną do tej, która jest odpowiedzialna za rozszerzaniem się Wszechświata od chwili jego powstania, czyli od Wielkiego Wybuchu, ale możemy i powinniśmy wyzwolić w naszym środowisku energię inicjującą rozwój energetyki wodnej.***

W czasopiśmie Nowa Energia ukazał się ciekawy artykuł Wojciecha Noworyty i Mateusza Sikory z Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie pt. „ Czy możliwa jest budowa elektrowni szczytowo – pompowej na terenach po wydobyciu węgla brunatnego” [1]. Tytuł został opatrzony znakiem zapytania. Zaintrygowało mnie to. Dlaczego zadaje się takie pytanie, skoro już w 1984 r. została w Walii oddana do eksploatacji elektrownia szczytowo - pompowa ESP Dinorwig w przepięknym Parku Narodowym Snowdonia (!!), w lokalizacji której wykorzystano wyrobiska po kamieniołomach łupków bitumicznych. Od ładnych kilkunastu lat znane są w energetyce światowej analizy lokalizacji, koncepcje, ba! nawet projekty lokalizacji esp, w których wykorzystywane są wyrobiska pokopalniane. Trzeba więc stwierdzić jednoznacznie, że budowa esp na terenach pokopalnianych jest możliwa, w tym również na terenach po wydobyciu węgla brunatnego. Nie chcę wchodzić w dyskusję podanych w pierwszej części artykułu informacji, które zdają się mieć na celu wykazanie, że budowa nowych elektrowni szczytowo - pompowych nie ma większego sensu z punktu widzenia ekonomicznego, społecznego i środowiskowego. Nie jest to bowiem do końca prawdą, a do prób dowiedzenia tego przystąpię w kolejnych odcinkach „Się dzieje”. Natomiast sam fakt wskazania w Raporcie [2] aż dziesięciu lokalizacji elektrowni szczytowo - pompowych o możliwej do uzyskania mocy zainstalowanej prawie 6.500 MWh, świadczy o tym, że mit o braku możliwości rozwoju elektrowni szczytowych w Polsce nie jest prawdziwy. Tak samo jak mit o nieopłacalności ich budowy. Autorzy wskazują na niewielki udział tych elektrowni w produkcji energii elektrycznej, chociaż wcześniej – i słusznie – podkreślają, że esp nie są budowane dla produkcji energii, a raczej do jej magazynowania. Ja jednak podkreśliłbym jeszcze wydatniej ich interwencyjną rolę i wpływ na elastyczność pracy Krajowego Systemu Elektroenergetycznego [KSE], nie zapominając oczywiście o dużych możliwościach magazynowania energii. Jakoś pomija się przy ocenie esp ich udział w kompensacji mocy biernej (regulacji napięcia w sieciach energetycznych), co w warunkach dużego nasycenia systemu elektroenergetycznego [SE] elektrowniami słonecznymi stanowi bardzo ważną usługę systemową. Wystarczy zapoznać się z wzrostem intensywności wykorzystania w tym systemie pracy esp, który w niektórych funkcjonujących w SE esp jest nawet dziesięciokrotny!! Trzeba niestety zauważyć, że opinia o nieopłacalności budowy esp jest dość powszechna. Powodem tego jest zbyt niska wycena świadczonych przez esp usług dla SE i to nie tylko w Polsce. Tutaj znowu przywołałbym przykład ESP Dinorwig. Ale to w swoim czasie.

Powróćmy jednak do głównego zagadnienia, tj. wykorzystywania wyrobisk pokopalnianych jako zbiorników wodnych elektrowni szczytowo - pompowych.

Czy dużo się pisze o wykorzystaniu wyrobisk pokopalnianych dla celów budowy esp? Uważam, że za mało i że za późno. Można było i należało myśleć o tym dużo wcześniej i rozważać oraz opracowywać – czasem postrzegane jako zwariowane – koncepcje wykorzystania wyrobisk pokopalnianych. Często bowiem zwariowane, wizjonerskie pomysły stanowią impuls do szybszego rozwoju.

Fakty nie są niestety powalające. Dotychczas tylko jedna na świecie, wspomniana już wyżej esp Dinorwig w Walii, wykorzystuje wyrobiska po zamkniętej kopalni łupków bitumicznych. Optymistyczne jest natomiast to, że możliwość wykorzystania wyrobisk pokopalnianych jest analizowana coraz bardziej intensywnie w Europie i na świecie. Impuls do prowadzenia

---

<sup>1</sup> Ten fragment może kojarzyć się z tytułem utworu zespołu The Beatles: (<https://www.youtube.com/watch?v=0C58B2-Qg>). Może i dobrze, że się kojarzy.

przyśpieszonych analiz dało globalne ocieplenie klimatu i podejmowane niecierpiące zwłoki decyzje odchodzenia od paliw kopalnych w energetyce.

Gorącym przykładem wykorzystania infrastruktury po zamkniętej kopalni złota jest rozpoczęta już budowa esp Kingston w Australii [3]. Elektrownia o mocy 250 MW będzie pierwszym nowym obiektem esp w Australii od 1984 r. (1984 r.! Dlaczego mi się to kojarzy z sytuacją w naszym kraju!?). W tym projekcie zostaną wykorzystane dwa wyrobiska po zamkniętych w 2001 r. kopalniach złota. Po napełnieniu wodą wyrobiska będą pełniły rolę zbiornika górnego i dolnego elektrowni. Różnica poziomów wynosi 218 m (max) – 181 m (min). Dodatkowo projekt Genex Power Kingston Stage 2 będzie hybrydą elektrowni słonecznej o mocy 270 MW i esp o podanej już mocy 250 MW.

Innym aktualnym przykładem jest projekt esp z wykorzystaniem wyrobiska po nieczynnej kopalni żelaza w Kanadzie. Projekt Marmora Pumped na terenie dawnego Bethlehem Steel przeszedł już przez konsultacje społeczne, które trwały od 19 maja do 19 czerwca 2023 r. (i tu też nasuwa się skojarzenie z czasem do namysłu nad trudnym tematem, jaki dają społeczeństwu nasi decydenci). Moc esp Marmora wyniesie 400 MW. Wykorzystana będzie tutaj różnica poziomów ok. 200 m pomiędzy wypełnionym już wodą deszczową i gruntową wyrobiskiem pokopalnianym, które będzie stanowił zbiornik dolny elektrowni, a sztucznym zbiornikiem górnym zlokalizowanym na zwałowisku [4].

### **A co w Polsce?**

Powstała już niezła biblioteka różnych pomysłów, rozważań naukowych i koncepcji, zwłaszcza w temacie przyszłego wykorzystania wyrobisk po zakończeniu eksploatacji kopalni Bełchatów. Generalnie wiadomo, że po zakończeniu eksploatacji kopalń odkrywkowych wyrobiska pokopalniane zostaną wypełnione wodą. Powstały już, powstają lub są w zaawansowanym planowaniu nowe jeziora o dużej powierzchni, głębokości i pojemności. Mamy więc już sporo doświadczeń związanych z tym procesem. Oczywiście każde wyrobisko pokopalniane ma inny charakter lokalny i środowiskowy, inną geologię i hydrologię. Na każdym z nich występują różne zagrożenia, które należy dokładnie przebadać i przeanalizować. Różne są też plany zagospodarowania, oczekiwania władz samorządowych i lokalnej ludności. O zakazach na obszarach Natura 2000, a już na pewno w parkach krajobrazowych i narodowych nie będę wspominał, to nie Walia. Ewentualne wykorzystanie wyrobisk pokopalnianych jako dolnych zbiorników esp jest z całą pewnością tematem aktualnie cieszącym się dużym zainteresowaniem specjalistów zajmujących się transformacją energetyczną, która stawia przed krajową gospodarką energetyczną nowe poważne wyzwania. Te wyzwania są aktualne „na wczoraj”, ale też będą coraz bardziej pilne do załatwienia w przyszłości w horyzoncie kilku, kilkunastu i kilkudziesięciu lat, w miarę likwidacji wydobycia węgla. Trzeba wskazywać na zagrożenia, jakie występują w związku z ewentualnym wykorzystaniem wyrobisk pokopalnianych dla potrzeb lokalizowanych w tych miejscach esp, lecz nie po to, żeby dowodzić braku możliwości lokalizacji przy nich esp, ale po to, aby poszukiwać rozwiązań, które te zagrożenia minimalizują lub całkowicie usuwają. To, że trzeba myśleć i konstruować różne koncepcje bardzo wcześnie, jest absolutnie potrzebne.

Obawiam się wszakże, że nagłaśnianie tematu esp w nieoczywistych lokalizacjach, jest podejmowane przez rządzących jako chwytliwa wizja przedwyborcza, która jest zbyt fantastyczna, by ktokolwiek pokusił się o jej realizację. Przy organicznej awersji do jakichkolwiek innowacji większość z takich projektów trafia na najwyższe (lub najniższe – w każdym razie rzadko odwiedzane) półki. Zgodnie ze stwierdzeniem jednego z prominentnych decydentów w firmie PSE SA, który na jednej z konferencji HYDROFORUM po wysłuchaniu referatu na temat możliwości budowy mini esp [5], którego byłem współautorem, powiedział, wskazując na szafę znajdującą się za jego plecami: „..... tej wielkości szafa jest u mnie w biurze cała wypełniona takimi projektami”. I co z tego? Ano nic. Że aż tyle projektów jest w sprawie rozwoju energetyki szczytowo – pompowej to bardzo dobrze, istotne jest jednak to, kto ma klucz i dostęp do tej szafy.

## **Co zmienia w krajobrazie pokopalnianym i w możliwościach użytkowania wyrobisk lokalizacja elektrowni szczytowo – pompowej?**

Przede wszystkim w większości rozważanych rozwiązań następuje budowa drugiego zbiornika wodnego, usytuowanego z wykorzystaniem istniejących, uformowanych i ustabilizowanych nasypów powstałych z nadkładu usuwanego z kopalni odkrywkowej. Czy ogranicza to rekreacyjne użytkowanie tych hałd? Czy ogranicza to ich gospodarcze użytkowanie (zalesianie, uprawy rolnicze itp.)? Jeżeli tak jest w określonej lokalizacji, należy poszukiwać rozwiązań alternatywnych. Czy takie są? Oczywiście tak.

Drugą ingerencją eksploatowanej elektrowni szczytowo – pompowej w krajobraz i użytkowanie wypełnionego wodą wyrobiska pokopalnianego są z pewnością wahania poziomu wody związane z cyklem pracy esp. Ta ingerencja może być faktycznie uciążliwa dla konstrukcji zbiornika. Występuje zmienność obciążeń hydrostatycznych, wpływ na strukturę geologiczną (erozja brzegów, osuwiska, sufozje, itp.), wpływ na środowisko (okresowe odstawianie i zalewanie wodą gruntów przybrzeżnych). Jak się przed tym oddziaływaniem zabezpieczyć? W światowej technice można znaleźć rozwiązania techniczne, które spełniają oczekiwania różnych użytkowników tych akwenów wodnych. Rozwiązanie te nie są żadnym odkryciem ostatnich lat, stosowane od lat zostały potwierdzone w ciągu wieloletniego użytkowania.

Możliwość wykorzystania wyrobisk pokopalnianych (początkowo odkrywki Bełchatów, obecnie coraz częściej również odkrywki Szczerców, a także odkrywki Turów) było i jest analizowane w środowiskach naukowych i technicznych. W środowisku energetyki wodnej już podczas końcowej fazy budowy elektrowni szczytowo – pompowej Żarnowiec (1983 r.) pojawiła się koncepcja zabudowy w skarpie wyrobiska kopalni węgla brunatnego Bełchatów, szczelnej betonowej komory maszynowni elektrowni szczytowo – pompowej oraz sukcesywnej wraz z formowaniem kopalnianego zwałowiska budowy rurociągów derywacyjnych oraz tuneli komunikacyjnych i wentylacyjnych, a w końcowej fazie funkcjonowania kopalni – budowy czaszy zbiornika wodnego na szczycie uformowanego wzgórza. Koncepcja ta nie znalazła wsparcia wśród ówczesnych decydentów, aczkolwiek trzeba przyznać, że stanowiła ciekawe nowatorskie i dalekowzroczne podejście do problemu wykorzystania wyrobisk pokopalnianych w kopalniach odkrywkowych. Myślę jednak, że warto przyrzeć się na nowo tej koncepcji w nowych realiach i uwarunkowania technicznych, gospodarczych i geopolitycznych.

Im bardziej zaawansowana eksploatacja złoża węgla brunatnego, tym trudniejsze jest wypracowanie akceptowalnej koncepcji wykorzystania wyrobisk dla celów energetycznych. Dla społeczności lokalnej z całą pewnością bardziej atrakcyjne są rozwiązania o charakterze rekreacyjno – sportowym. Jest to funkcja „oswojona społecznie”, ponieważ tak zagospodarowane wyrobiska funkcjonują ku pożytkowi miejscowej ludności – choćby dzięki rozwojowi usług turystycznych. Jednak wykorzystanie energetyczne dolnego zbiornika wcale nie wyklucza funkcji rekreacyjnych. Uświadomienie ludności lokalnej, że powstanie elektrowni szczytowo - pompowej uchroni część pracowników kopalni od konieczności przekwalifikowania się z energetyków na ratowników wodnych, na pewno będzie argumentem zjednoczającym poparcie społeczne dla inwestycji.

Lokalizacja zbiornika wodnego na zwałowiskach zewnętrznych lub zwałowisku wewnętrznym, czy też na naturalnym wyniesieniu znajdującym się w pobliżu wyrobiska, jest wprawdzie możliwa, lecz z technicznego punktu widzenia wymaga rozwiązania szeregu problemów, zwłaszcza dotyczących stateczności tak dużego obiektu na sztucznym wzniesieniu, które dodatkowo będzie poddawane cyklicznym zmianom obciążeń związanych ze zmianą objętości wody magazynowanej w tym zbiorniku w wyniku pracy elektrowni w systemie regulacyjno - interwencyjnym i szczytowym. Ale i to nie jest żadna wiedza tajemna, tylko zagadnienia, które rozwiąże inżynier wyposażony w program komputerowy.

Znane są mi niektóre oficjalnie analizy i koncepcje wykorzystania odkrywek KWB Bełchatów:

- Analiza technicznych możliwości budowy elektrowni szczytowo – pompowej w odkrywkach KWB „Bełchatów”. Józef Sawicki, Politechnika Wrocławska z 2009 r. (!) [6]
- Koncepcja Poltegor – Projekt Wrocław, która zakłada reeksplatację zwałowiska zewnętrznego zmniejszeniem nachylenia skarp przez zalaniem wyrobiska.
- Koncepcja AGH, która zakłada zatopienie odkrywki bez naruszania geometrii istniejącego zwałowiska zewnętrznego.
- We wspomnianym już Raporcie „Rola elektrowni szczytowo pompowych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym: uwarunkowania i kierunki rozwoju opracowanym przez Zespół Ekspertki do Spraw Budowy Elektrowni Szczytowo-Pompowych [2] nadmienia się w kilku zdaniach o możliwościach wykorzystania wyrobisk pokopalnianych podkreślając zalety tego typu rozwiązań, do których zalicza możliwość kontynuowania działalności operatorów kopalń w zmienionej formie przy jednoczesnej rekultywacji terenów pokopalnianych oraz uniknięcie dużej części kosztów związanych z budową zbiornika dolnego. Wymienione w Raporcie główne czynniki, od których zależy opłacalność ekonomiczną instalacji, niczym się nie różnią od głównych czynników, które decydują o opłacalności budowy esp w klasycznych rozwiązaniach. Podkreśla się jednak, co jest wydaje się niezwykle ważne, że planowanie inwestycji na etapie działania kopalni umożliwi optymalizację kosztów przez odpowiednie kształtowanie wyrobiska z uwzględnieniem zamierzonego celu i takie formowanie nadkładu na hałdach, żeby ułatwić w przyszłości budowę zbiornika górnego elektrowni. To bardzo dobre zalecenie (co mi to przypomina !?).
- Artykuł opublikowany w czasopiśmie Energetyka Wodna przez L. Opyrchała i A. Bąka z Wojskowej Akademii Technicznej pt. Czy warto zbudować elektrownię szczytowo – pompową Turów? [7] Polecam lekturę tego artykułu, w którym przedstawiono szacunkowe obliczenia wskazujące na zasadność budowy esp na terenie tego wyrobiska pokopalnianego. Do tego tematu jeszcze powrócę.
- Artykuł W. Noworyty i Mateusza Sikory z AGH w Krakowie pt. „Czy możliwa jest budowa elektrowni szczytowo pompowej na terenach po wydobyciu węgla brunatnego?” [1], od którego zacząłem niniejszą refleksję. Bardzo ciekawy przekrojowy artykuł zawierający szczegółową analizę problemów technicznych, różnego rodzaju ograniczeń oraz efektywności budowy esp z wykorzystaniem wyrobisk pokopalnianych.

Z pewnością w jakichś biurach na niskich i wysokich półkach znajdują się jeszcze inne opracowania i koncepcje wykorzystania wyrobisk pokopalnianych. Na jeden element warto zwrócić uwagę, zagłębiając się w lekturę polecanych opracowań: w każdym z nich podchodzi się do budowy esp według klasycznych rozwiązań: zbiornik górny – derywacja ciśnieniowa – siłownia – kanały/sztolnie odpływowe - zbiornik dolny.

### **A może by tak spróbować spojrzeć na problemy związane z budową i eksploatacją esp w sposób bardziej innowacyjny?**

W opracowaniu [8] wykonanym na wewnętrzne potrzeby Towarzystwa Elektrowni Wodnych poza przedstawieniem potencjalnych możliwości budowy esp z wykorzystaniem wyrobisk pokopalnianych odkrywek Bełchatów i Szczerców przedstawiliśmy też stosowane już pilotażowo rozwiązania umożliwiające wykorzystania pełnej pojemności zbiornika górnego, a także ograniczenia wahań zwierciadła wody w obu zbiornikach. Można np. zainstalować na dnie zbiorników dużej pojemności materace powietrzne (balony podwodne)[9]. Zastosowanie materacy w zbiorniku górnym podczas pracy generacyjnej/turbinowej umożliwi pracę turbin przy stałym poziomie wody, co korzystnie wpłynie na sprawność cyklu. W miarę spracowywania wody ze zbiornika górnego objętość materacy powietrznych odpowiednio się powiększa, zaś podczas napełniania zbiornika górnego - praca silnikowa/pompowa - objętość się zmniejsza. Stosując podobne rozwiązanie na zbiorniku dolnym wyeliminowane są wahania wody i zminimalizowana związana z tym destrukcja skarp odwodnych, utrzymywane są niezmiennie uwarunkowania hydrologiczne wokół zbiornika, nie wprowadza się ograniczeń dla osób korzystających ze zbiornika w celach rekreacyjnych i sportowych, a także

utrzymywany jest stały poziom ujęć wody. Materace powietrzne (balony podwodne) mogą również pełnić rolę dodatkowych magazynów energii w postaci sprężonego powietrza [10],[11], [12].

**A może by tak zastanowić się już dzisiaj nad innymi sposobami magazynowania energii, takimi jak:**

- Sprawdzona już na Jeziorze Bodeńskim koncepcja „**Stenesea**” (Stored Energy in Sea), zgodnie z którą na dnie morza/zbiorników wodnych zatapia się betonowe bunkry/kule z zainstalowanymi w nich pompoturbinami. Zbiornikiem górnym jest tutaj morze/zbiornik wodny, w którym zatopione są bunkry, a zbiornikiem dolnym właśnie ten bunkier. Wystarczy połączyć ten pomysł z materacami powietrznymi i mamy wykorzystany potencjał głębokiego zbiornika po wyrobisku kopalnianym bez wahań poziomu wody i bez konieczności budowy zbiornika górnego. Oczywiście trudno tutaj mówić o mocy zainstalowanej 1. 000 MW, ale czy musimy ciągle energetykę szczytowo –pompową postrzegać w kategoriach gigantomanii? Pomysł zwariowany, nierealny? A przecież jest już po pozytywnych testach projektu pilotażowego na Jeziorze Bodeńskim z bardzo dużymi szansami na przemysłowe zastosowanie we współpracy z farmami wiatrowymi zlokalizowanymi na morzu.[13]
- Budowa farm wiatrowych na hałdach (podobnie jak FW Kamieński) w pobliżu zalanych wyrobisk, w których podstawach zlokalizowane są zbiorniki retencyjne. Do zbiorników tych pompowana jest woda w czasie, gdy w SE występuje nadmiar energii, a w czasie, gdy wzrasta zapotrzebowanie na energię, następuje zrzut wody do zbiornika dolnego z wykorzystaniem jej energii w turbinach wodnych. Pomysł zwariowany, nierealny? A przecież już zastosowany z możliwością akumulacji 70 MWh energii w Swabian -Franconian Fores w Niemczech [14].

**Porozmawiajmy poważnie na ten temat, już najwyższy czas!**

**PS. Szczególne podziękowania dla Kasi Trojanowskiej za aktywny udział i wkład merytoryczny w opracowywanie tego odcinka „SIĘ DZIEJE”.**

**Literatura:**

1. Czy możliwa jest budowa elektrowni szczytowo pompowej na terenach po wydobyciu węgla brunatnego? Analiza zagrożeń, o ograniczeń i korzyści W. Noworyta i Mateusz Sikora z AGH w Krakowie. Nowa Energia nr 38(89)/2023.
2. Raport „Rola elektrowni szczytowo pompowych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym: uwarunkowania i kierunki rozwoju”. Zespół Ekspertki do Spraw Budowy Elektrowni Szczytowo-Pompowych utworzony Zarządzeniem Nr 351 Prezesa Rady Ministrów z dnia 28 grudnia 2021 r. (zmienionym Zarządzeniem nr 102 z dnia 26 maja 2022 r.).
3. 2022 01 21 Ruszają podziemne prace w elektrowni wodnej Kidston o mocy 250 MW w Australii. Andy Colthorpe. <https://www.energy-storage.news/underground-works-begin-at-250mw-kidston-pumped-hydro-plant-in-australia/>
4. 2013 03 19 Przekształcenie opuszczonej kopalni żelaza w 400 MW elektrowni wodnej. [cleantechnica.com](http://cleantechnica.com), <http://cleantechnica.com/2013/03/09/northland-power-unveils-plan-to-transform-abandoned-iron-mine-into-a-400-mwhydroelectric-power-plant/>
5. Hydroenergetyczne zespoły zasobnikowo – regulacyjne, jako magazyny energii elektrycznej. A. Adamkowski, M. Lewandowski, S. Lewandowski. Konferencja Rynek Energii Elektrycznej’2018
6. Analiza technicznych możliwości budowy elektrowni szczytowo – pompowej w odkrywkach KWB „Bełchatów”. Józef Sawicki. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej N 128. 2009 r.*
7. Czy warto zbudować elektrownię szczytowo – pompową Turów? Leszek Opyrchał i Aleksander Bąk. Wojskowa Akademia Techniczna. Energetyka Wodna 4/2022(44).
8. KWB Bełchatów. Energetyczne wykorzystanie wyrobisk pokopalnianych Bełchatów i Szczerców. Mariusz i Stanisław Lewandowski, Arkadiusz Kamiński. 2018 r.
9. Pal – Tore Storli. Novel methods in increasing the storage volume at Pumped Storage Power Plants. International Journal of Fluid Machinery and Systems. Vol. 10 No. 3 July – September 2017.
10. Proceedings of 2014 Offshore Energy & Storage Symposium Windsor, Ontario, Canada UWCAES Society July 10-11, 2014 Commercial Grid Scaling of Energy Bags for Underwater Compressed Air Energy Storage Maxim de Jong\* Thin Red Line Aerospace, 208-6333 Unsworth Rd, Chilliwack, B.C., Canada V2R 5M3.

11. Maxim de Jung. Commercial Grid Scaling of Energy Bags for Underwater Compressed Air Energy Storage. Proceedings of 2014 Offshore Energy & Storage Symposium Windsor, Ontario, Canada UWCAES Society July 10-11, 2014.
12. Wstępna analiza potencjału zasobników energii typu UWCAES w zatoce gdańskiej  
Autorzy: Piotr Klonowicz, Łukasz Witanowski, Łukasz Jędrzejewski, Tomasz Suchocki, Jan Surwiło, Daniel Stępniaak ("Rynek Energii" - czerwiec 2016).
13. 2016 08 22 Magazynowanie energii na dnie morza – jak i po co? <https://globenergia.pl/magazynowanie-energii-na-dnie-morza-jak-i-po-co/>.
14. 2016 11 16 Farma wiatrowa z systemem magazynowania energii w postaci hydroelektrowni!  
<https://globenergia.pl/farma-wiatrowa-z-systemem-magazynowania-energii-w-postaci-hydroelektrowni/>