



■ Dr inż. Andrzej Węgrzyn,
Pomorskie Stowarzyszenie Energii i Wodoru

Kompleks Energetyczny Drzonowo

Weryfikacja projektu przy użyciu narzędzi AI

Wartykule weryfikowane są założenia Kompleksu Energetycznego Drzonowo (KED) za pomocą modelowania i symulacji Monte Carlo przy użyciu narzędzi AI na dokładnym profilu 365-dniowym PV i wiatru. Pokazane zostało, że przy mocy AI Data Center (AIDC) 150 MW oraz hybrydowym magazynowaniu (BESS + H₂) roczny bilans energii pobieranej z PSE może być bliski zera, a model autokonsumpcji wodoru istotnie poprawia lokalny bilans energii i pracę sieci elektroenergetycznej minimalizując utratę nadwyżek generacji OZE.

Potrzeba weryfikacji projektów energetycznych

Projekty energetyczne cechuje duża złożoność i towarzyszący temu wielokryterialny proces decyzyjny. Konkurs BGK¹ - B2.1.1. Inwestycje w technologie wodorowe, wytwarzanie, magazynowanie i transport wodoru w formie udzielania wsparcia bezzwrotnego, miał na celu wyłonienie projektów wspierających rozwój rynku zielonego wodoru RFNBO. Kryteria wyboru obejmowały m.in. zgodność z zasadami DNSH, wykonalność finansową i technologiczną, potencjał do osiągnięcia celów klimatycznych UE oraz zgodność z RED III. Projekt KED wypadł szczególnie dobrze pod względem koncepcji technologicznej i kompleksowości podejścia. Pomimo braku rekomendacji do finansowania, pozytywnie oce-

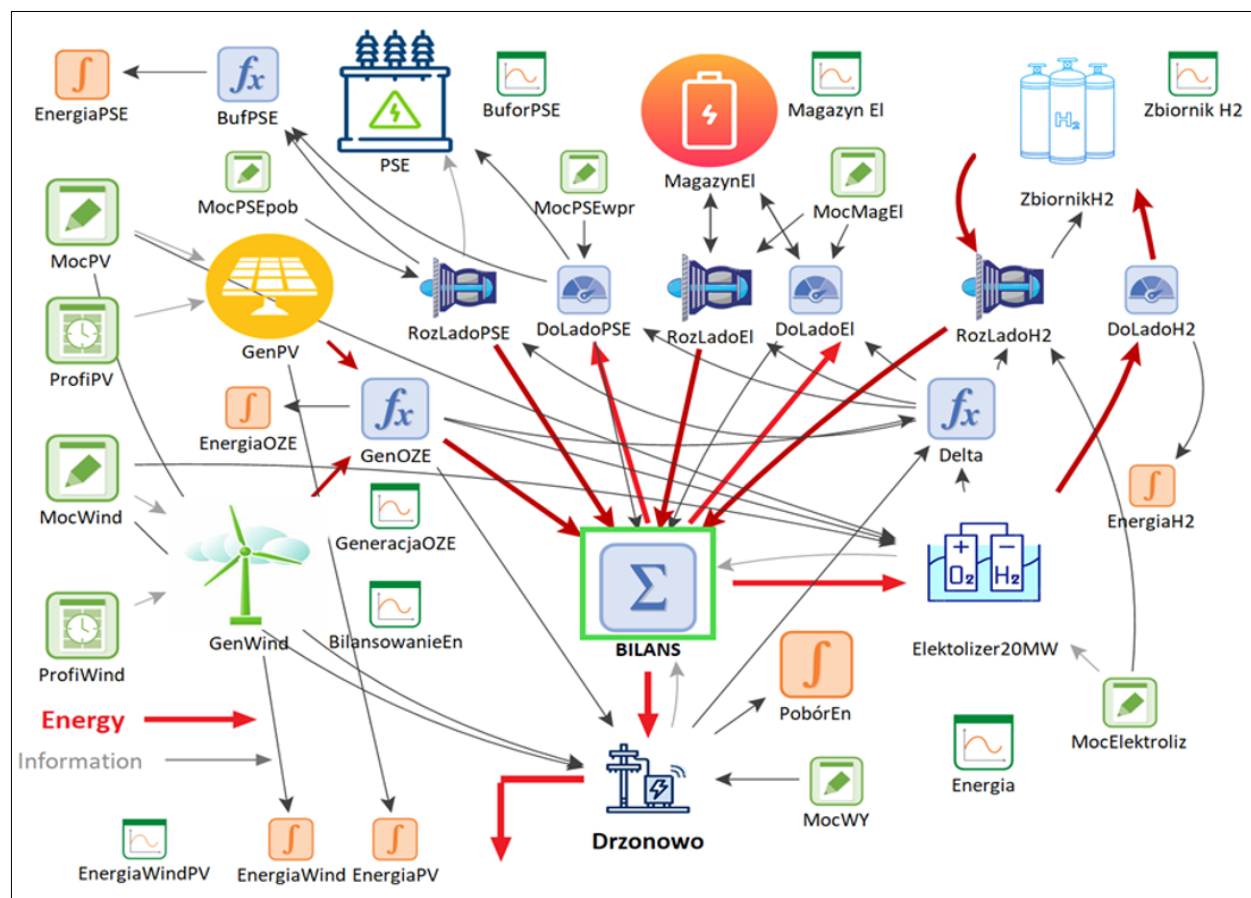
niono jego zgodność z programem KPO, innowacyjność oraz strategiczne znaczenie dla regionu. Model przyjęty przez autorów „Studium wykonalności KED”² zakłada wykorzystanie elektrolizera i sezonowego magazynu H₂, który w okresach nadwyżek OZE akumuluje energię, a zimą umożliwia rekonwersję (H₂ → en.el.), ograniczając import energii z PSE do zera.

Model KED: dane wejściowe i logika sterowania

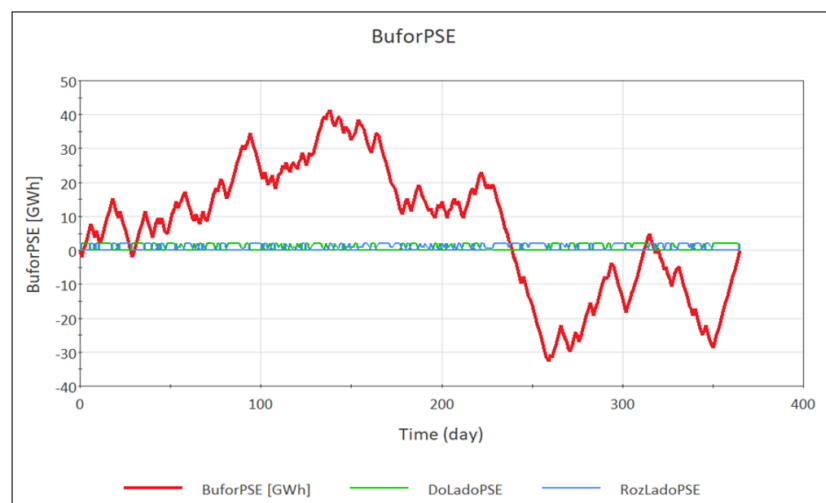
W projekcie KED założono budowę zintegrowanego systemu: PV (400 MW), wiatr (300 MW), elektrolizer PEM (20 MW), magazyny H₂ (1,2 GWh) oraz baterijny (0,7 GWh). Umożliwia to lokalne bilansowanie i stabilizowanie sieci energetycznej, zgodnie z wymaga-

mi PSE. System ma produkować 1200 GWh zielonej energii rocznie, z czego część zasili strefę przemysłową w Zielonym Parku Przemysłowym w Drzonowie, a większość trafi bezpośrednio do AI Data Center w Turowie. Zintegrowanie wodoru jako bufora i magazynu energii stanowi odpowiedź na wyzwania transformacji energetycznej i potrzeby niezależnego zasilania dla dużych, wielkoskalowych centrów danych. Model KED przedstawiono na rys. 1.

Do weryfikacji narzędziami AI (algorytm Monte Carlo Chat GPT5) założono moce OZE zgodnie z dokumentacją projektową KED: PV ~400 MW (~440 GWh/r.) i wiatr ~300 MW (~1060 GWh/r.). Zasilanym odbiorcą kotwiczącym jest AIDC o wariantach mocy 120/150/200 MW ze stałym poborem 24/7. Magazynowanie jest hybrydowe: BESS 1,5-6,0 GWh (naładowanie/roz-



Rys. 1. Uproszczony schemat modelu KED (dokumentacja projektowa)



Rys. 2. Symulacja bilansu rocznego względem PSE w KED (dokumentacja projektowa)

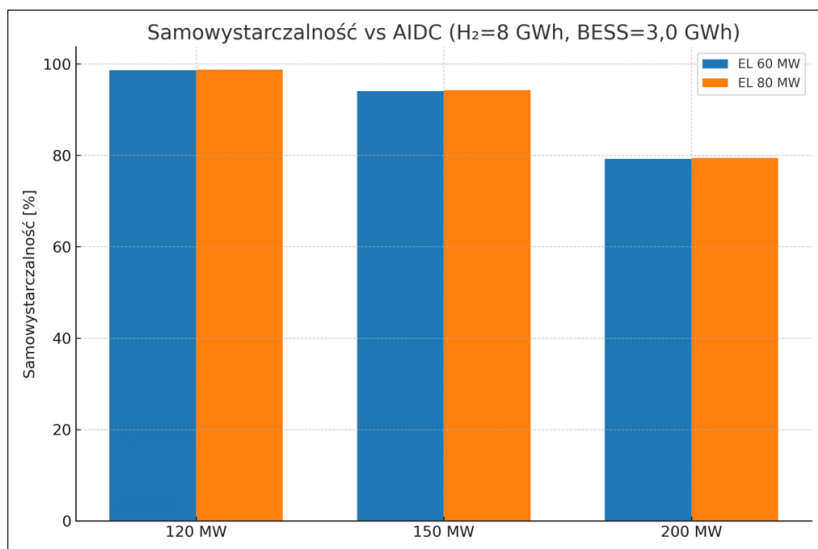
ładowanie 95%/95%) oraz magazyn H_2 między 4-12 GWh. Elektrolizer (EL) 40-80 MW (variantowany) i rekonwersja

$H_2 \rightarrow \text{en.el.}$ przyjęta na ten sam limit mocy dobowej, ze sprawnościami odpowiednio ~70% i ~50%.

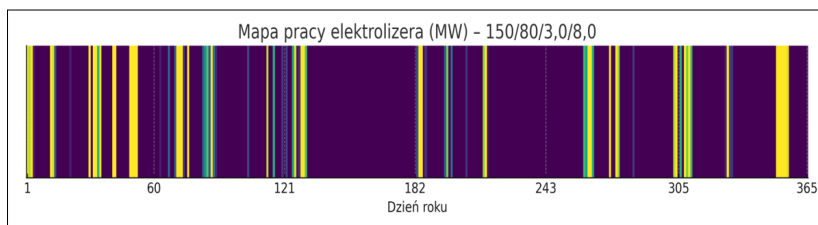
Sterowanie: nadwyżka $\rightarrow$ BESS $\rightarrow$ EL $\rightarrow H_2 \rightarrow$ eksport; niedobór $\rightarrow$ BESS $\rightarrow H_2 \rightarrow \text{en.el.} \rightarrow$ import. Dzienny rozkład PV/wiatru w roku oparto na dostarczonym profilu 365-dniowym³ i przeskalowano do wolumenów rocznych jak w dokumentacji projektowej. Idea bilansu rocznego względem PSE w KED przedstawiono na rys. 2, przedstawiając symulację stochastyczną zaczerpniętą z dokumentacji projektowej.

Symulacje Monte Carlo na profilu 365 dni

Dla każdego scenariusza ($AIDC \times EL \times BESS \times H_2$) wykonano 300 losowań dziennej produkcji (PV $\sigma \approx 10\%$, wiatr $\sigma \approx 15\%$) oraz dostępności zasobów (awaryjność elektrolizera ~2% dni, BESS ~1% dni) metodą Monte Carlo. Kluczo-



Rys. 3. Samowystarczalność vs AIDC ($H_2=8$ GWh, BESS=3,0 GWh; EL 60/80 MW, AIDC 120/150/200 MW)



Rys. 4. Mapa pracy elektrolizera (MW) - scenariusz 150/80/3,0/8,0



Rys. 5. Stan magazynu H_2 [GWh] - scenariusz 150/80/3,0/8,0

we metryki to: import/eksport [GWh/r.], bilans netto względem PSE, samowystarczalność [%], liczba dni bez importu, współczynnik wykorzystania EL oraz wytworzony H_2 [GWh]. Wyniki symulacji algorytmami AI przedstawiono na rys. 3.

Wyniki symulacji algorytmem Monte Carlo AI

- AIDC 120 MW. Nadwyżka roczna OZE nad poborem AIDC wynosi ~450 GWh. Przy mocy EL 60-80

MW, BESS 3 GWh i $H_2 \geq 8$ GWh system osiąga samowystarczalność ~98-99%, z setkami dni bez importu i dodatnim bilansem netto (eksporter). Zwiększanie EL powyżej 60 MW przynosi już malejące korzyści.

- AIDC 150 MW. Nadwyżka roczna maleje do ~186 GWh. Przy BESS 3-6 GWh i H_2 8-12 GWh można utrzymać bilans roczny blisko zera oraz 280-320 dni bez importu. Wa-

riant EL 80 MW poprawia jedynie o dziesiąte punktu procentowego - wąskim gardłem staje się zasób sezonowy (H_2).

- AIDC 200 MW. Roczne OZE (~1500 GWh) nie pokrywa zapotrzebowania (~1750 GWh). Sam wzrost EL lub BESS nie wystarcza; potrzebny jest dodatkowy wolumen OZE (rząd + 250-300 GWh/r.) i/lub większy zasób H_2 , aby realnie zbliżyć się do bilansu ≈ 0 .

Mapa pracy EL, magazyn H_2 i rola BESS

„Mapa” dobowej mocy EL pokazuje długie pasma pracy w okresach letnio-wiosennych (PV) i epizody zimowe napędzane wiatrem, co przedstawiono na rys. 4⁴.

Krzywa SOC magazynu H_2 rośnie wiosną-latem i przewidywalnie maleje zimą, zapewniając uzupełnienie braków sezonowych, co przedstawiono na rys. 5. BESS redukuje głównie dolki dobowo-tygodniowe, co przekłada się na mniejszą liczbę krótkich importów - to ważne operacyjnie dla sieci.

Wyniki symulacji AI wskazują, że przy AIDC ≤ 150 MW i $H_2 \geq 8-12$ GWh bilans ≈ 0 jest osiągalny, co jest zgodne z dokumentacją projektową.

Rola AI Data Center

Raport „Grids for Data Centres in Europe”⁵ jednoznacznie wskazuje, że kraje z mniejszym zatłoczeniem sieci i krótszym czasem przyłączenia mogą przyciągnąć nawet dwukrotnie więcej inwestycji w centra danych, niż tradycyjne rynki (FLAP-D). Polska, a szczególnie woj. zachodniopomorskie, oferuje wolne moce przyłączeniowe i sprzyjającą lokalizację - w tym bliskość SE Żydowo i nowej linii 400 kV. Inwestycje takie jak KED mogą stać się magnesem dla relokacji infrastruktury IT z Europy Zachodniej.

Rosnący popyt na moce obliczeniowe AI (AIDC) wymusza projektowanie centrów danych jako aktywnych

uczestników rynku energii. KED pokazuje, że połączenie OZE + BESS + H₂ pozwala zasilać AIDC zieloną energią, ograniczać ślad węglowy i koszty sieciowe, a jednocześnie kreuje lokalny popyt na wodór (zasilanie AIDC vs. sprzedaż H₂)⁶.

Zapotrzebowanie na moc obliczeniową AI rośnie lawinowo. Trening modeli jak GPT-5, czy obsługa usług LLM wymaga dziesiątek megawatów zasilania. Typowe AI Data Center zużywają od 100 MW do nawet 500 MW (czyli 1-5 TWh rocznie). KED - dzięki lokalnej produkcji energii i wodoru - oferuje model energetyczny oparty na OZE i inteligentnym zarządzaniu, z opcją „off-grid” lub „Island mode”. AI Data Center Turów jako część KED to infrastruktura nowej generacji: wysoka gęstość mocy, pełna redundancja, chłodzenie cieczą, wykorzystanie AI do predykcji i optymalizacji (LSTM, GRU, RL). Takie połączenie pozwala nie tylko na efektywność, ale także na bezpieczeństwo cyfrowe i energetyczne.

Rola technologii wodoru w bilansowaniu sieci

Analizy europejskie z 2024 r.⁷ wskazują na szybkie formowanie się rynku H₂: kontrakty długoterminowe, rosnące wolumeny zielonego H₂, spadek kosztów CAPEX elektrolizerów⁸. Włączenie autokonsumpcji H₂ w KED stabilizuje system i buduje stru-

mięń towarowy dla hubów H₂ (przemysł, mobilność ciężka).

Plany rozwoju sieci (OSD/PSE, 2023-2028) wskazują na ograniczenia przyłączeniowe i rosnące koszty bilansowania⁹. Hybryda BESS+H₂ zmniejsza chwilowe i sezonowe przepływy mocy, co redukuje ryzyko zatorów sieciowych i pracę sieci na krańcach możliwości. Projekt KED pokazuje rozwiązania tych problemów.

Wnioski i rekomendacje

Teza o bilansie ≈ 0 względem PSE jest potwierdzona przez symulację narzędziami AI dla AIDC 120 -150 MW przy BESS ≥ 3 GWh i H₂ $\geq 8-12$ GWh oraz



Kompleks Energetyczny Drzonowo to przykład zintegrowanej inwestycji odpowiadającej na jednocześnie potrzeby transformacji energetycznej i cyfrowej

EL 60-80 MW (z malejącymi korzyściami powyżej 60 MW).

Dla AIDC 200 MW, przy obecnych OZE (~1500 GWh/r.), potrzeba dodatkowego wolumenu OZE i/lub zwiększenia zasobu H₂; sama moc EL nie wystarczy.

W ocenie wniosku należy docenić efekt autokonsumpcji H₂ (redukcja wymian z PSE, RFNBO, odciążenie sieci).

Na podstawie symulacji AI można rekomendować: (1) wariant wdrożeniowy 150 MW AIDC + EL 60-80 MW + BESS

3-6 GWh + H₂ 8-12 GWh; (2) ścieżkę do 200 MW AIDC wraz z dołożeniem ~250-300 GWh/r. OZE; (3) etapowy kontrakt na H₂ z lokalnym przemysłem/transportem przy uwzględnieniu rozwoju europejskiego rynku wodoru¹⁰.

Podsumowanie

Kompleks Energetyczny Drzonowo to przykład zintegrowanej inwestycji odpowiadającej na jednocześnie potrzeby transformacji energetycznej i cyfrowej. Dzięki synergii OZE, wodoru i AI Data Center stanowi on modelowy projekt nowej generacji, który może służyć jako benchmark dla podobnych przedsięwzięć w UE. Nawet jeśli obecnie nie

uzyskał dofinansowania, powinien zostać uwzględniony jako projekt o strategicznym znaczeniu dla rozwoju infrastruktury AI w Polsce. KED może stać się wizytówką nowego przemysłu łączącego AI i zieloną energię. Kompetencje cyfrowe, produkcja zielonego wodoru, innowacje w magazynowaniu i usługi elastyczności dla sieci tworzą czytelny przekaz dla inwestorów i lokalnych społeczności. □

Przypisy:

- <https://www.bgk.pl/krajowy-plan-odbudowy/b211-inwestycje-w-technologie-wodorowe-wytwarzanie-magazynowanie-i-transport-wodoru-w-formie-udzielania-wsparcia-bezwrotnego/>
- Dokumentacja projektowa, Energetyka Szczecinek sp. z o.o., Poznań, maj 2025.
- Entsoe, <https://www.entsoe.eu/>
- Legenda grafiki: pasek barw to moc elektrolizera [MW]; ciemniejsze odcienie = mała moc (ok. 0-10 MW); średnie odcienie = praca umiarkowana (ok. 30-50 MW); najjaśniejsze odcienie = praca blisko maksimum (ok. 70-80 MW); skala jest ciągła, więc płynnie pokazuje, ile MW EL pracuje każdego dnia (oś X: dzień roku 1-365).
- Elisabeth Cremona, Paweł Czyżak, Grids for data centres: ambitious grid planning can win Europe's AI race, EMBER, 19 June 2025, <https://ember-energy.org/latest-insights/grids-for-data-centres-ambitious-grid-planning-can-win-europes-ai-race/>
- The European hydrogen market landscape (XI.2024), https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/sites/default/files/2024-11/The%20European%20hydrogen%20market%20landscape_November%202024.pdf
- ACER (2024): Market Monitoring Report - Hydrogen Markets, https://www.acer.europa.eu/sites/default/files/documents/Publications/ACER_2024_MMR_Hydrogen_Markets.pdf
- Hydrogen Council (2024): Hydrogen Insights 2024., <https://observatory.clean-hydrogen.europa.eu/media/news/hydrogen-council-releases-latest-report-hydrogen-insights-2024>
- Plan rozwoju sieci 2023-2028 (OSD/PSE, publikacja), <https://www.pse.pl/-/projekt-nowego-planu-rozwoju-sieci-przesylowej-na-lata-2025-2034-uzgodniony>
- State of the European Hydrogen Market Report (2024), <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2024/06/2024-State-of-the-European-Hydrogen-Market-Report.pdf>