Kolejna faza elektryfikacji transportu

Autor: Wojciech Gawęda, CEO Consultants United Sp. z o.o.

Wstęp

W przestrzeni informacyjnej od prawie dekady powszechnie dyskutuje się tzn. „elektryfikacji" transportu. Dyskusja ta skupia się upowszechnieniu samochodów elektrycznych. W rzeczywistości transport szynowy jest w zakresie elektryfikacji pionierem. To właśnie w transporcie kolejowym od lat stosujemy w skali masowej pojazdy napędzane elektrycznie.

Obecna faza elektryfikacji w transporcie drogowym, w szczególności samochodów osobowych i autobusów miejskich niesie również postęp technologiczny, pozwalający na kolejny krok w elektryfikacji kolei.

Pociągi zasilane energią elektryczną z baterii znajdujących się na ich pokładzie przechodzą etapu prototypu i testów do etapu dojrzałego produktu, który pozwala na prowadzenie regularnego ruchu pasażerskiego. W ramach rozwoju sieci kolei podmiejskich Dublina w Irlandii zakupione zostały elektryczne – bateryjne zespoły trakcyjny (na potrzeby opracowania skrót: **BZT**). Składy zostały wyprodukowane w Katowicach w fabryce Alstom. Składy mają obsługiwać zarówno linie zelektryfikowana jak i niezelektryfikowana w ramach Dublińskiego węzła kolejowego.

W dalszej wypowiedzi zarysuję kontekst ich eksploatacji, podstawowe parametry oraz potencjalne szersze zastosowanie tego rozwiązania. Stawiający pytanie w ramach debaty o istotność nowego trendu względem strategicznych kierunków oraz uwarunkowań rozwoju transportu kolejowego w Polsce, w perspektywie 2040 roku.

Elektryfikacja transportu

Elektryfikacja transportu rozpoczęła się pod koniec XIX wieku od wprowadzenia trakcji tramwajowej w największych ośrodkach miejskich, m.in.: Londynie, Berlinie i w Nowym Jorku. Następnie równolegle do dynamicznego rozwoju trakcji elektrycznej dla systemu tramwajowego, rozpoczęła się elektryfikacja kolei. Pierwszą linią która została zelektryfikowana prądem w 1896 roku była linia Ohio – Baltimore. Od tej cezury przybywało systematycznie rosła długość linii zelektryfikowanych.

Kolejnym krokiem w elektryfikacji transportu było wprowadzenie systemu trolejbusów w niemieckich miastach na początku XX wieku. W tym samym okresie pojawiły się w USA pierwsze samochody elektryczne. Natomiast motoryzacja indywidualna relatywnie szybko wycofała się z zasilania bateryjnego (elektrycznego) pojazdów indywidualnych, nastąpiło to poprzez wyparcie pojazdów bateryjnych na początku XX wieku przez zeskalowaną produkcję samochodów spalinowych, w szczególności Ford - Model T był pojazdem przełomowym w tym zakresie.

O ile transport indywidualny na prawie całe stulecie zrezygnował z zasilania elektrycznego o tyle w transporcie kolejowym elektryfikacja stopniowo postępowała praktycznie na całym świecie. Obecnie obserwujemy „powrót" do zasilania energią elektryczną w transporcie indywidualnym. Wraz z masowością tego zjawiska obserwujemy dynamiczny postęp technologiczny, szczególnie w kwestii rozwoju technologii bateryjnych. Dotyczy to zwiększenia gęstości energii w jednostce masy i w jednostce objętości, długość cyklu życia baterii (liczby cykli ładowania), a także w zakresie ceny baterii, które systematycznie spadają z uwagi na postęp technologiczny i efekty skali.

W latach 2020 – 2021 miałem przyjemność opracowywać plan operacyjnego dla Dublińskiego węzła kolejowego, praca naszego zespołu dla klienta Irish Rail (zarządca infrastruktury) obejmowała optymalizację ruchu kolejowego całego węzła zakładającego istotne zwiększenie przepustowości na wszystkich liniach kolejowych wchodzących w skład systemu DART (Dublin Area Rapid Transit). Zakres naszych prac obejmował układ funkcjonalny stacji Connolly (główna stacja Dublina) oraz wszystkich wlotów do węzła, tak aby możliwe było wytrasowanie oczekiwanej przez włodarzy liczby pociągów po modernizacji całego węzła. Projekt obejmował około 90% ruch kolejowego w całej Irlandii.

Do prowadzonych symulacji stosowaliśmy standardowy tabor elektryczny. Jednak w roku 2020 otrzymaliśmy od klienta informację, że zakłada realizację części połączeń z wykorzystaniem pięcio-członowych jednostek bateryjnych. Mając na uwadze masy pociągów i problemy z zasięgiem samochodów elektrycznych w tamtym czasie, pomysł wydawał nam się dość egzotyczny.

Tabor do obsługi linii w Dublinie, miał być wykorzystany w sposób hybrydowy (ale w pełni elektryczny), to znaczy częściowo BZT miały jeździć z wykorzystaniem sieci trakcyjnej na odcinkach zelektryfikowanych[1], a częściowo na odcinkach niezelektryfikowanych zasilanie odbywać miało się z baterii zainstalowanych w pojazdach.

W grudniu 2021 Irsih Rail zawarło umowę ramową z Alstom na dostawę 750 wagonów/członów z rodziny X`Trapolis, przy czym tylko część wagonów/członów będzie posiadała zasilanie bateryjne.

Warto przyjrzeć się kryteriom wyboru stosowane w tym zamówieniu, ponieważ istotnie różnią się one od kryteriów stosowanych w przetargach na zakup taboru w Polsce. Kryteria w tym postępowaniu obejmowały[2]:

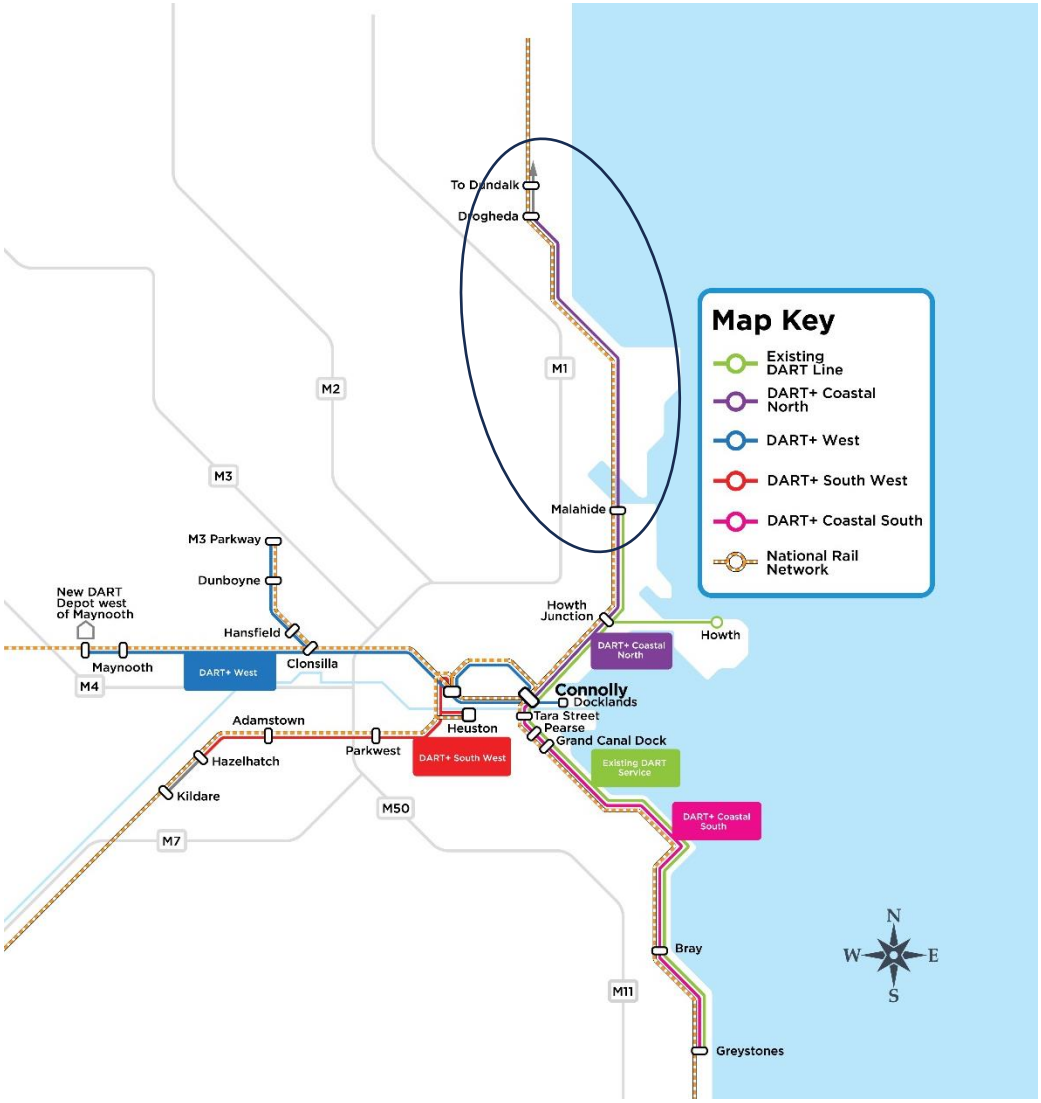
- Kryterium jakości – Nazwa: Zrównoważony rozwój / Waga: 2,5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Łatwość utrzymania / Waga: 5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Optymalizacja interfejsu peron–pociąg / Waga: 5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Wysokość podłogi / Waga: 7,5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Dostępność / Waga: 2,5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Optymalizacja przestrzeni pasażerskiej / Waga: 2,5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Estetyka / Waga: 2,5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Ogólna jakość środowiska pasażerskiego / Waga: 10%
- Kryterium jakości – Nazwa: Czas realizacji / Waga: 5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Metodologia planowania projektu / Waga: 2,5%
- Kryterium jakości – Nazwa: Poprawa czasów przejazdu / Waga: 5%
- Kryterium kosztowe – Nazwa: Koszt kapitałowy jednostek / Waga: 25%
- Kryterium kosztowe – Nazwa: Zapewnienie części zamiennych / Waga: 10%
- Kryterium kosztowe – Nazwa: Koszt pracy / Waga: 7,5%
- Kryterium kosztowe – Nazwa: Koszt operacyjny / Waga: 7,5%

Łącznie kryteria cenowe i związane z kosztami eksploatacji stanowią 50% kryteriów, drugą połowę stanowiły kryteria jakościowe. Jednocześnie liczba członów/wagonów na poziomie 750 jest również z założenia inna i bardziej efektywna niż krótkie serie po 5-10 EZT często Zamawiane przez naszych rodzimych przewoźników. Zainteresowaniu producentów taboru w przypadku krótkich serii jest ograniczone z uwagi na wysokie koszty produkcji „jednostkowej".

[1] Sieć trakcyjna zasilana jest prądem stałym 1 500 V. Rozstaw szyn to 5 stóp i 3 cale co odpowiada 1 600 mm.
[2] Źródło: https://irl.eu-supply.com/ctm/Supplier/PublicTenders/ViewNotice/254353

Charakterystyka jednostek bateryjnych dla DART i obsługiwane linie

Ładowanie baterii odbywa się na stacjach końcowych (mimo technicznych możliwości nie zdecydowano się na ładowanie baterii z sieci trakcyjnej podczas jazdy). Pojazdy mają obsługiwać głownie linię północną wzdłuż wybrzeża (DART+ Costal North) od stacji Dublin Connolly do stacji Drogheda. Pierwszy odcinek tej linii od stacji Dublin Connolly do stacji Malahaide jest zlektryfikowany trakcją o napięciu 1,5 kV i ma długość około 15 km.



Ilustracja 1. Mapa Dublińskiego węzła Kolejowego z zaznaczonym odcinkiem jazd „bezprądowych". Źródło. Irish Rail

Natomiast odcinek od stacji Malahaide do stacji Drogheda, o długości około 36 km (w Irlandii nie używa się kilometraża, nie ma też „milaża") jest odcinkiem niezelektryfikowanym na którym mają być wykorzystywane jednostki bateryjne. Docelowo linia ta ma zostać zmodernizowana, a tabor bateryjny ma zostać przeniesiony na inne niezelektryfikowane linie w Dublińskim węźle kolejowym. Większość linii obsługiwana jest dzisiaj jednostkami z napędem diesla.

Poza źródłem zasilania, zamówione składy są bardzo zbliżone do ich bezbateryjnych odpowiedników. Natomiast kluczowymi parametrami związanymi z zasilaniem składów są pojemność baterii wynosząca

840 kWh (odpowiednik około 10 baterii samochodowych), które pozwalają na przejechanie 80 km na energii zakumulowanej w baterii w trudnych warunkach atmosferycznych.

Zakłada się ładowanie baterii na stacjach końcowych na szybkich ładowarkach, natomiast technicznie istnieje możliwość ładowania baterii z trakcji podczas jazdy przy prądach na poziomie 200 A.

W ramach kontraktu zakładana jest wymiana baterii po 9 latach ich eksploatacji lub jeżeli ich pojemność spadnie poniżej 80%.

Podobne składy Alstom testowano w Bawarii oraz w Badeni - Wirtembergii od stycznia 2022 na liniach Stuttgart – Horb (67 km) oraz Pleinfeld – Gunzenhausen (18 km).

Najważniejsze wnioski i przemyślenia

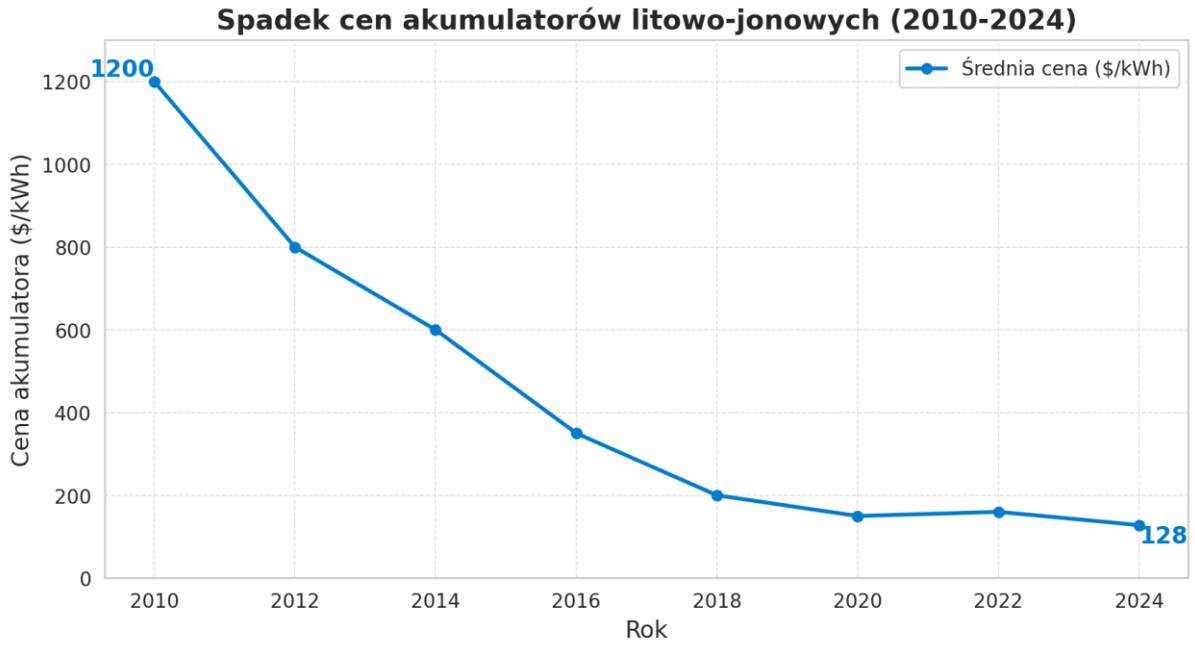
Podstawowym zagadnieniem jest aspekt finansowo ekonomiczny: *Czy zakup droższego taboru bateryjnego jest opłacalny?*

Tu należy rozpatrywać nakłady inwestycyjne oraz wieloletnie koszty utrzymania w całym cyklu życia projektu. Aby rzetelnie odpowiedzieć na to pytanie należałoby przeanalizować 3 scenariusze: 1

1) Brak elektryfikacji linii i jazda (zakup) jednostkami spalinowymi
2) Brak elektryfikacji linii i jazda bateryjnymi jednostakmi trakcyjnymi (BZT)
3) Elektryfikacja linii i jazda EZT

Po stronie nakładów inwestycyjnych należy z jednej strony postawić zakup droższych jednostek bateryjnych (koszt samych baterii to dla jednego składu to od ponad 0,5 mln PLN. Natomiast koszt elektryfikacji 1 km linii kolejowej dwutorowej w zależności od rodzaju linii i rodzaju sieci trakcyjnej to ponad 10 mln PLN (uwzględnia uśredniony koszt podstacji trakcyjnych).

Jednocześnie ceny baterii systematycznie spadają. W roku 2010 statystycznie koszt baterii w przeliczeniu na 1 kWh wynosił około 1200 USD, w ubiegłym roku ten koszt spał do poziomu 128 USD na 1 kWh. Niestety w przypadku budowy podstacji trakcyjnych i sieci trakcyjnej nie możemy mówić o spadkach cen. W związku z tym w perspektywie kilku/kilkunastu lat konkurencyjność pojazdów bateryjnych będzie rosła względem scenariusza elektryfikacji linii.



Ilustracja 2. Średnie ceny baterii Litowojonowych w czasie Pokazujący spadek cen baterii w przeliczeniu na jedną kWh z 1200 USD w roku 2010 do około 130 USD w roku 2024. Źródło: Bloomberg

Jednocześnie w perspektywie kolejnych 7 lat prognozowane są dalsze spadki cen baterii do poziomu około 60 USD w przeliczeniu na 1 kWh[3].

Oczywiście mam w tym miejscu na myśli linie o znaczeniu regionalnym z relatywnie małym ruchem obsługiwane często przez jednego przewoźnika. Dla takich linii często elektryfikacja jest kosztem, który ciężko jest uzasadnić w analizie ekonomicznej.

Do kosztów eksploatacji nie możemy się odnieść ponieważ nie mamy na tym etapie stosownych danych. Odnosząc koszty eksploatacji do benchamarków obserwowanych w pojazdach indywidualnych i w autobusach zasilanych bateryjnie, należy podkreślić że koszty statystycznie są niższe niż w przypadku eksploatacji pojazdów z silnikami spalinowymi. Niestety brak jest porównania dla pojazdów elektrycznych zasilanych z sieci trakcyjnej.

Wnioski

Z uwagi na sam CAPEX (nakłady inwestycje) w przypadku elektryfikacji wydaje się, że zakup jednostek bateryjnych do obsługi niezelektryfikowanych końcówek linii kolejowych wydaje się bardzo intersującym kierunkiem, zwłaszcza w dłuższej perspektywie. W szczególności dotyczy to niezelektryfikowanych linii regionalnych o małym ruchu.

Przykładem linii, na której z powodzeniem można byłby stosować hybrydowe jednostki zasilane bateriami jest obecnie modernizowana (wybrano wariant bez elektryfikacji) jest obsługa połączeń regionalnych Warszawa – Łomża, przez Ostrołękę i Śniadowo liniami 36 i 49 o łącznej długość jazdy bez trakcji na odcinku 42 km.

Zasadnym jest również na poziomie Zarządcy infrastruktury i opracowywania wielowariantowych studiów wykonalności linii kolejowych uwzględnienie w puli wariantów inwestycyjnych, wariantu

[3] https://batteriesnews.com/electric-vehicle-battery-prices-are-expected-to-fall-almost-50-by-2026-goldman-sachs/ - prognoza Goldman Sachs do roku 2030

uwzględniającego brak elektryfikacji i zastosowanie pojazdów bateryjnych, tak aby w sposób obiektywny ocenić opłacalność tego rozwiązania – jednocześnie obalając lub uzasadniając tezę postawioną w tej wypowiedzi w ramach głębokiej analizy nad studium przypadku.

Wiele linii regionalnych planowanych jest do budowy/modernizacji w ramach programu Kolej+. Wydaje się, że analiza studyjna dla wielu projektów z tego programu wpisywałby się w tezy postawione w wypowiedzi, niestety projekty te wyszły już z fazy studyjnej i obecnie są w fazie projektowania infrastruktury, linie te mają charakter regionalny i najczęściej charakteryzują się małym ruchem.

Ten globalny trend który obecnie jest w fazie pierwszych implementacji, z pewnością w dłuższej, będzie miał wpływ na strategiczne decyzje i kształt przyszłej infrastruktury kolejowej, a także na zakupy taborowe w Polsce jak i na niezależność energetyczną systemu transportowego.

Odnosząc się do problematyki kolejowego transportu towarowego, widzimy że w tej dziedzinie w ostatnich latach technologie bateryjne również rozpowszechniły się, aczkolwiek mają one funkcję zapewniającą jazdy z opuszczonym pantografem dla „ostatniej mili".

Kontakt do autora:

wg@cunited.pl

www.cunited.pl