

## ZASTOSOWANIE LOKOMOTYWY DWUNAPĘDOWEJ TYPU 111DE W TRANSPORCIE INTERMODALNYM<sup>1</sup>

---

### Hubert Pietrkiewicz

mgr inż., Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”, Warszawska 181, 61-055 Poznań, tel.: +48 61 664 14 55, email: hubert.pietrkiewicz@tabor.lukasiewicz.gov.pl

### Radomir Domagała

mgr inż., Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”, Warszawska 181, 61-055 Poznań, tel.: +48 61 664 14 21, email: radomir.domagala@tabor.lukasiewicz.gov.pl

---

### Piotr Michalak

dr inż., Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”, Warszawska 181, 61-055 Poznań, tel.: +48 61 664 14 61, email: piotr.michalak@tabor.lukasiewicz.gov.pl

***Streszczenie.** W ramach artykułu przedstawiono główne założenia Krajowego Programu Kolejowego i stan taborowy lokomotyw spalinowych i elektrycznych w Polsce. Artykuł zawiera opis rozwoju transportu intermodalnego w kraju oraz lokalizację największych terminali intermodalnych na terenie Polski. Zaprezentowany został również rozkład linii kolejowych w Polsce z podziałem na zelektryfikowane i niezelektryfikowane. Przedstawiono dwunapędową lokomotywę typu 111DE zaprojektowaną na potrzeby przewozów intermodalnych i pasażerskich wraz z jej podstawowymi danymi technicznymi i charakterystykami trakcyjnymi. Opisana lokomotywa dwunapędowa zbudowana została podczas realizacji projektu w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój nr POIR. 01.02.00-00-0191/16-00 pt. „Platforma lokomotyw z zaawansowanymi spalinowo-elektrycznymi (wielosystemowymi) układami napędowymi”, dofinansowywanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Wykonawcą powyższego projektu są Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz S.A. i Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu.*

***Słowa kluczowe:** lokomotywa, dwunapędowa, intermodalny*

### 1. Wprowadzenie

Krajowy Program Kolejowy (KPK) jest zbiorem projektów i inwestycji związanych z odnową, modernizacją oraz budową nowej infrastruktury kolejowej punktowej i liniowej na terytorium Polski. Pierwsza wersja programu została przyjęta przez Radę Ministrów 15 września 2015 r. i obejmuje projekty mające okres realizacji do 2023 roku, czyli do momentu końca możliwości dofinansowywania projektów z perspektywy finansowej Unii Europejskiej (UE) na lata 2014-2020. W ramach wsparcia finansowego z budżetu UE Polska otrzymała deklaracje wsparcia w kwocie 42,8 mld zł na kolej na lata 2014-2020 [4].

---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Pietrkiewicz H.: 40%, Domagała R.: 30%, Michalak P.: 30%

W tym samym czasie odbywa się modernizacja i zakup nowych pojazdów szynowych mających za zadanie wykorzystywać efektywnie nową infrastrukturę. Na potrzeby transportu intermodalnego spośród wszystkich pojazdów trakcyjnych wyróżniamy lokomotywy spalinowe i elektryczne. Pozostałe niewymienione wyżej kolejowe pojazdy trakcyjne są wykorzystywane na potrzeby przewozów pasażerskich.

Tabela 1 przedstawia lokomotywy elektryczne i spalinowe wykorzystywane w Polsce w latach 2017-2020 do przewozów towarowych, których częścią są przewozy intermodalne. Zaprezentowane dane pokazują, że w ostatnich latach odnotowano wzrost liczby pojazdów trakcyjnych wykorzystywanych do transportu towarowego. W roku 2020 nastąpiło zmniejszenie liczby pojazdów posiadanych przez przewoźników towarowych. Część pojazdów została przeznaczona do likwidacji ze względu na wiek uniemożliwiający eksploatację, a w części to przewoźnicy zrezygnowali z leasingowania. Pewna część pojazdów stoi na bocznicach nieeksploatowana ze względu na uszkodzenia, zużycie, bądź oczekiwaną naprawę. W następstwie pandemii COVID-19 w roku 2020 w sektorze transportu towarowego i publicznego nastąpiły ogromne zmiany, co sprawiło, że przewoźnicy zostali zmuszeni do wdrożenia zmian w ilości eksploatowanego taboru.

*Tabela 1. Struktura lokomotyw wykorzystywanych do przewozów towarowych w latach 2017-2020*

| Pojazdy trakcyjne      | Rok  |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|
|                        | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Lokomotywy             | 3451 | 3506 | 3655 | 3401 |
| Lokomotywy spalinowe   | 2032 | 2061 | 2146 | 1981 |
| Lokomotywy elektryczne | 1419 | 1445 | 1509 | 1420 |

*Źródło: {3}*

Średni wiek lokomotyw elektrycznych normalnotorowych wykorzystywanych do transportu towarowego w 2020 roku wynosi 33,76 lat a lokomotyw spalinowych 34,45 lat. Wynika z tego, że ponad połowa lokomotyw elektrycznych i spalinowych w Polsce przeszła już 5 poziom utrzymania (naprawę główną). W ostatnich latach zakup nowego taboru sprawił, że średni wiek lokomotyw zaczął spadać. Z tej perspektywy konieczne są inwestycje w nowoczesny tabor kolejowy pozwalający na zwiększenie efektywności transportu intermodalnego [3].

## 2. Transport intermodalny w Polsce

Transport intermodalny definiowany jest jako przewóz towarów w jednej i tej samej jednostce ładunkowej lub pojeździe przy użyciu różnych gałęzi transportu bez konieczności przeładunku samych towarów w zmieniających się gałęziach transportu, wobec czego najefektywniejszym sposobem na przemieszczanie towarów było stworzenie zunifikowanych przenośnych konstrukcji umożliwiających przewóz różnymi środkami transportu. Stworzenie ogólnoswiatowych stan-

dardów pozwoliło opracować systemy mocowań na pojazdach, dzięki którym ładunek może być przemieszczany przez pojazdy drogowe, szynowe i statki bez konieczności zmiany jednostki ładunkowej. Najpopularniejszymi jednostkami ładunkowymi wykorzystywanymi w transporcie intermodalnym są kontenery 40- i 20-stopowe [7].

Przez ostatnie lata można zaobserwować wzrost znaczenia transportu intermodalnego wynikający m. in. z powodu dynamicznego wzrostu globalnej konsumpcji. Najczęściej wykorzystywane uniwersalne kontenery transportowe przeznaczone są do przewozu towarów z oddalonych o tysiące kilometrów krajów za pomocą szlaków kolejowych, dróg kołowych i morskich. Stwarza to możliwości wzrostu znaczenia sektora kolejowego na tle innych gałęzi transportu, lecz wymaga ciągłych inwestycji w tabor. Tabela 2 przedstawia stan kolejowego transportu intermodalnego za pomocą statystyk przewozowych w latach 2011-2020.

Tabela 2. Przewozy intermodalne kolejowe w latach 2011-2020

| Rok  | Tys. ton | Tys. tono-km | Tys. sztuk | Tys. TEU  |
|------|----------|--------------|------------|-----------|
| 2011 | 5 906    | 2 447 102    | 488 909    | 798 906   |
| 2012 | 8 056    | 3 044 869    | 644 569    | 1 054 174 |
| 2013 | 8 633    | 3 066 986    | 689 275    | 1 123 361 |
| 2014 | 9 601    | 3 401 655    | 699 594    | 1 114 174 |
| 2015 | 10 386   | 3 718 045    | 745 341    | 1 151 754 |
| 2016 | 13 429   | 4 695 935    | 983 488    | 1 470 382 |
| 2017 | 15 081   | 5 571 307    | 1 102 126  | 1 691 899 |
| 2018 | 17 703   | 6 436 431    | 1 295 809  | 1 933 159 |
| 2019 | 19 509   | 7 069 383    | 1 394 061  | 2 137 122 |
| 2020 | 23 777   | 7 838 547    | 1 663 332  | 2 672 287 |

Źródło: {3}

Zaobserwować można, że z roku na rok wzrasta ilość przewożonych towarów. Wynika z tego, że przewoźnicy przewożą towar szybciej, efektywniej i za pomocą większej ilości pojazdów. Do taboru wykorzystywanego do kolejowych przewozów intermodalnych należą pojazdy kolejowe doczepne opisane w tabeli 3.

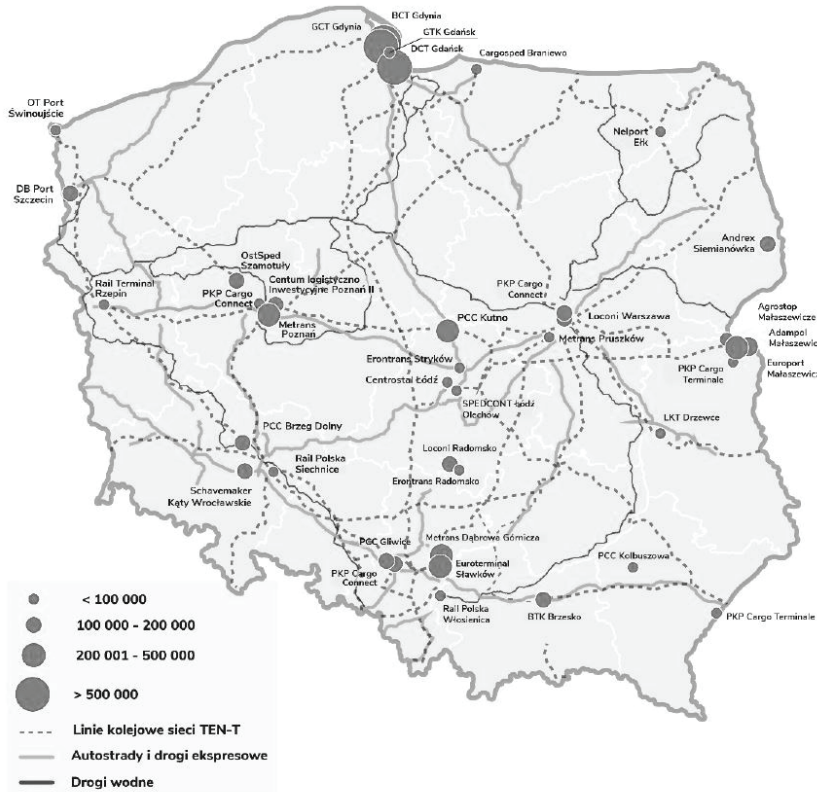
Tabela 3. Struktura pojazdów doczepnych normalmotorowych wykorzystywanych do przewozów intermodalnych w latach 2017-2020

| Pojazdy doczepne       |   | 2017  | 2018  | 2019  | 2020  |
|------------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| Wagony platformy       |   | 12551 | 12973 | 34531 | 13239 |
| Do przewozu kontenerów |   | 4532  | 4648  | 4710  | 5803  |
| Na osiach              | K | 298   | 298   | 298   | 298   |
|                        | L | 58    | 100   | 20    | 20    |
| Na wózkach             | R | 366   | 369   | 424   | 421   |
|                        | S | 3810  | 3881  | 3968  | 5064  |

Źródło: {3}

Wpływ na zwiększenie możliwości operacyjnych przewoźników intermodalnych w latach 2011–2020 miał wzrost ilostanu taborowego i jego efektywniejsze wykorzystanie. Kolejnym krokiem pozwalającym na budowanie nowoczesnych i mobilnych pojazdów doczepnych była zmiana w prawodawstwie polskim. W 2020 roku wprowadzono nowe przepisy, wg. których wszystkie nowe wagony i platformy wprowadzone do eksploatacji przez przewoźników certyfikowanych w Polsce posiadają trzpienie do mocowania kontenerów [3].

Polska jest zarazem państwem docelowym jak i tranzytowym, do którego trafiają transporty kolejowe intermodalne z różnych krajów świata, które następnie są eksportowane tym samym środkiem transportu. Należy przyjąć, że na polskim rynku przewozów intermodalnych ok. 80% stanowią połączenia międzynarodowe, natomiast pozostała część dotyczy transportu towarów wewnątrz kraju [3].



Rys. 1. Rozmieszczenie terminali intermodalnych w Polsce

Źródło: [1]

W kraju jest obecnie ok. 19398 km czynnych linii kolejowych, z czego zelektryfikowanych jest ok. 12018 km. Pozostałe 7380 km jest przeznaczone dla pojazdów z napędem spalinowym [6]. Terminale intermodalne są miejscami, gdzie odbywa się przeładunek towarów między różnymi gałęziami transportu. Następu-

je tam przeładunek kontenerów, nadwozi wymiennych i naczep samochodowych. Należy zauważyć, że terminale w większości znajdują się na trasach linii kolejowych, a znaczna część z nich położona jest przy infrastrukturze zelektryfikowanej. Na rys. 1 przedstawiono mapę terminali intermodalnych w Polsce.

Największe terminale intermodalne położone są w największych nadbałtyckich miastach - Gdańsku i Gdyni. Wynika to z tego, że terminale znajdują się w pobliżu portu morskiego i większość towarów przewożonych drogą morską jest następnie przeładowywana na pojazdy kolejowe lub drogowe. Duży terminal znajduje się również w pobliżu konurbacji śląskiej w miejscowości Sławków, który jest największym punktem przeładunkowym w południowej Polsce. Z kolei największym punktem przeładunkowym na wschodniej granicy jest terminal w Małaszewiczach. Jest to punkt przeładunkowy, którego jednym z głównych zadań jest przeładunek kontenerów z pojazdów kolejowych normalnotorowych na pojazdy szerokotorowe eksploatowane w krajach postradzieckich. Należy zauważyć, że większość z terminali jest położona na liniach kolejowych sieci TEN-T. Transeuropejska sieć transportowa (TEN-T) jest programem Unii Europejskiej mających na celu stworzenie sieci głównych dróg kołowych, kolejowych, wodnych i powietrznych. Program ten zawiera postanowienia, wg. których do 2050 roku większość transportów towarowych na odległości większe niż 300 km powinna odbywać się drogami wodnymi lub kolejowymi. TEN-T jest realizowany z funduszy unijnych od roku 1996, Polska jest beneficjentem tego programu od 2004 roku [5].

W związku z faktem, że na terenie terminali przeładunkowych eksploatowane są lokomotywy spalinowe, zachodzi konieczność zmiany lokomotywy na elektryczną w chwili, gdy uformowany skład wjeżdża na linię zelektryfikowaną. Użycie dwóch różnych lokomotyw sprawia, że cała operacja przeładunku i formowania składu zajmuje dużo czasu, jest kosztowna i powoduje nieefektywne wykorzystanie taboru przewoźnika. W sytuacji, gdyby cały proces był realizowany przez jeden pojazd, proces formowania pociągu byłby mniej czasochłonny, tańszy i sprawniejszy.

### 3. Lokomotywa dwunapędowa 111DE jako alternatywa dla pojazdów trakcyjnych obecnie wykorzystywanych w transporcie intermodalnym

Lokomotywa posiadająca napęd spalinowo-elektryczny powstała w odpowiedzi na potrzebę wykorzystywania jednego pojazdu trakcyjnego mogącego obsługiwać zarówno połączenia kolejowe na liniach zelektryfikowanych i niezelektryfikowanych. Sieci zelektryfikowane łączą największe polskie miasta oraz występują na liniach ruchu międzynarodowego. Z kolei linie niezelektryfikowane komunikują główne miasta aglomeracyjne w regionie z mniejszymi miejscowościami satelickimi.

Do tej pory rynek pojazdów trakcyjnych zdominowany był przez lokomotywy z jednym napędem, spalinowym lub elektrycznym. Z biegiem lat producenci

taboru zaczęli produkować pojazdy hybrydowe umożliwiające pracę na trakcji zarówno elektrycznej, jak i spalinowej. Jednak ze względu na montaż niewielkiego silnika spalinowego, lokomotywy takie na napędzie spalinowym wykorzystywane są do prac manewrowych i awaryjnych zjazdów z trasy, natomiast pracę pociągową realizują w trakcji elektrycznej. Agregat prądowórczy małej mocy nie spełnia więc wymagań stawianych pojazdowi, który miałby na obu napędach wykonywać zbliżoną pracę pociągową.

Lokomotywa dwunapędowa 111DE powstała w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój nr POIR. 01.02.00-00.0191/16-00 pt. „Platforma lokomotyw z zaawansowanymi spalinowo-elektrycznymi (wielosystemowymi) układami napędowymi”. Projekt jest dofinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, a jego wykonawcami są Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz S.A. i Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR” w Poznaniu.

Celem projektu było zbudowanie normalnotorowej, czteroosiowej lokomotywy uniwersalnej o maksymalnej mocy 2800 kW w przypadku trakcji elektrycznej lub ok. 2000 kW w przypadku zasilania z agregatu spalinowego. Największym atutem lokomotywy dwunapędowej 111DE jest jej uniwersalność i wszechstronność zastosowań. Możliwości operacyjne nie ogranicza źródło zasilania, ponieważ zastosowanie napędu dualnego sprawia, że pojazd może wykonywać różne prace transportowe w ruchu pasażerskim oraz towarowym zarówno na liniach zelektryfikowanych jak i poza nimi. Lokomotywa dwunapędowa może realizować wszelkie prace manewrowe niezbędne do obsługi ruchu kolejowego na przykład na bocznicach kolejowych oraz na terenie terminali intermodalnych. Dodatkowo należy wspomnieć o przydatności takiego napędu w przypadku awarii sieci trakcyjnej – w takiej sytuacji lokomotywa 111DE może płynnie zmienić źródło zasilania na trakcję spalinową i swobodnie kontynuować przejazd.

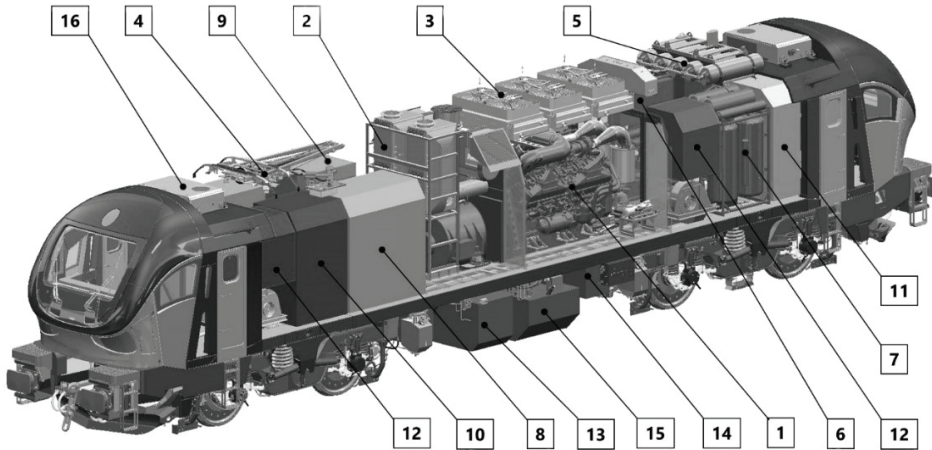
Aktualnie w Polsce jest to jedyna lokomotywa oferująca tak nowatorskie rozwiązanie napędu, co dodatkowo świadczy o dużej innowacyjności przedstawionego pojazdu [2].

Projekt uniwersalnej lokomotywy dwunapędowej zakładał [2]:

- dwa źródła zasilania: z sieci trakcyjnej lub z agregatu spalinowego napięciem  $3 \text{ kV}_{\text{DC}}$ ,
- moc maksymalną: 2800 kW (napęd z trakcji elektrycznej),
- moc silnika spalinowego: ok. 2000 kW,
- masę konstrukcyjną lokomotywy: 86 t / 4 osie,
- modułową konstrukcję lokomotywy,
- przeznaczenie do ruchu pasażerskiego, towarowego intermodalnego oraz do prac manewrowych na terenie terminali przeładunkowych,
- zgodność z technicznymi specyfikacjami interoperacyjności systemu kolei w Unii Europejskiej (TSI).

Na pokładzie lokomotywy dwunapędowej 111DE na dwóch końcach pojazdu zabudowano dwie kabiny maszynisty, a pomiędzy nimi znajduje się przedział maszynowy podzielony na sekcje: elektryczną, agregatu prądowórczego oraz pneumatyczną. Na etapie koncepcyjnym przewidziane zostało rozmieszczenie podze-

społów uwzględniających masy poszczególnych urządzeń, co pozwoliło osiągnąć równomierny nacisk zestawów kołowych na tor. Napęd spalinowy jest zrealizowany w oparciu o wykorzystanie nowoczesnego zespołu prądowórczego, w skład którego wchodzi: prądnica oraz silnik spalinowy QSK60. Silnik spalinowy o mocy 2013 kW został wyposażony w zaawansowany układ oczyszczania spalin EGR + SCR (AdBlue) spełniający wymagania Dyrektywy 97/68/WE Parlamentu Europejskiego i Rady etap III B (cykl F). Ponadto producent silnika deklaruje spełnienie wymagań Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1628 etap V obowiązujących od 2021 roku [2].



Rys. 2. Rozplanowanie urządzeń na lokomotywie [2]

Oznaczenia: 1- agregat prądowórczy, 2- zespół katalizatorów SCR, 3- zespół obłódnic silnika spalinowego, 4- pantograf, 5- zbiorniki główne powietrza, 6- moduł sprężarkowy, 7- moduł tablicowy, 8- szafa falowników trakcyjnych, 9- kolumna obłódząca z rezystorem hamowania, 10- szafa wysokiego napięcia, 11- szafa ETCS, 12- szafa niskiego napięcia z wentylatorem silników trakcyjnych, 13- dławik liniowy, 14- skrzynia akumulatorów, 15- zbiornik paliwa, 16- klimatyzator.

Za napęd elektryczny lokomotywy odpowiadają cztery silniki asynchroniczne zasilane układem przekształtników trakcyjnych. W przypadku zasilania z sieci trakcyjnej energia elektryczna jest pobierana przez odbierak prądu i wyłącznik główny za pośrednictwem, którego zasilany jest filtr liniowy, a następnie przekształtniki trakcyjne. W przypadku zasilania zespołu prądowórczego o napięciu za prostownikiem wynoszącym  $3\text{ kV}_{\text{DC}}$  przekształtniki są zasilane z pominięciem filtra liniowego. Obwód główny lokomotywy dwunapędowej jest przygotowany do hamowania elektrodynamicznego i oporowego. Dodatkowo pojazd wyposażono w przetwornice (wykonane w technologii SiC, zasilane napięciem trakcyjnym  $3\text{ kV}_{\text{DC}}$ ) do zasilania sieci napięcia pomocniczego  $3 \times 400\text{V}$ ,  $50\text{Hz}$ . Napięciem pokładowym na pojeździe jest  $24\text{V}_{\text{DC}}$  przeznaczone do zasilania baterii akumulatorów oraz obwodów sterownia, oświetlenia, sygnalizacji, łączności i rejestracji, a także zabezpieczenia ruchu kolejowego. Zasilanie pozostałych urządzeń pomocniczych

realizowane jest obwodem 230V, 50Hz [2]. Parametry techniczne lokomotywy dwunapędowej 111DE przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Podstawowe parametry techniczne 111DE

| Parametr                     | Lokomotywa 111DE                  |                                       |
|------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|                              | Napęd elektryczny                 | Napęd spalinowy                       |
| Napięcie zasilania           | 3 kV DC sieć trakcyjna            | 3 kV DC spalinowy agregat prądowórczy |
| Moc maksymalna               | 2 800 kW                          | 1 560 kW                              |
| Moc silnika spalinowego      | -                                 | 2 013 kW                              |
| Moc hamulca ED               | 1 000 kW                          |                                       |
| Rodzaj przekładni            | Elektryczna DC-AC                 | Elektryczna AC-DC-AC                  |
| Maksymalna siła pociągowa    | 300 kN                            |                                       |
| Prędkość maksymalna          | 160 km/h                          |                                       |
| Temperatura otoczenia        | Od -25 do +40°C                   |                                       |
| Układ osi                    | Bo'Bo'                            |                                       |
| Szerokość toru               | 1435mm                            |                                       |
| Skrajnia pojazdu             | PN-EN 15273-2 G1                  |                                       |
| Długość pojazdu              | 19 750 mm                         |                                       |
| Rozstaw między osiami wózków | 10 700 mm                         |                                       |
| Baza wózka                   | 2 800 mm                          |                                       |
| Średnica koła                | 1250 mm – nowe / 1170 mm – zużyte |                                       |
| Masa całkowita maksymalna    | 86 t ±3%                          |                                       |
| Nacisk maksymalny na oś      | 216 kN                            |                                       |
| Odbieraki prądu              | 1 odbierak połówkowy              |                                       |
| Pojemność zbiorników paliwa  | 2 000 l                           |                                       |
| Systemy bezpieczeństwa       | SIFA, SHP, RS, ERTMS/ETCS         |                                       |
| Trakcja wielokrotna          | Do 2 pojazdów                     |                                       |

Źródło: [2]

Na etapie opracowania dokumentacji technicznej lokomotywy dwunapędowej 111DE przeprowadzono obliczenia charakterystyk trakcyjnych. Pierwotnie charakterystyki zostały opracowane dla silnika spalinowego o zakładanej mocy 1800 kW i mocy 2800 kW dla trakcji elektrycznej, co pozwoliło ustalić, że moc silnika spalinowego nie będzie spełniać oczekiwań Zamawiającego. Wobec powyższego zrewidowano założenia i wytypowano silnik o większej mocy (2013 kW) i ponownie przeprowadzono obliczenia, których wnioski przedstawiono poniżej [2].

Charakterystyka pociągowa lokomotywy dla składu z wagonami towarowymi o masie od 1500 t do 3000 t [2]:

- lokomotywa zasilana z sieci trakcyjnej wykorzystując moc na cele trakcyjne 2800 kW na torze o płaskim profilu rozwinię prędkość 110 km/h ciągnąc skład wagonów towarowych o masie 2000 t. W przypadku jazdy na torze



o pochyleniu 7‰ prędkość pociągu zasilanego z sieci elektrycznej spadnie do 53 km/h;

- lokomotywa zasilana z trakcji spalinowej, wykorzystując moc na cele trakcyjne 1560 kW na torze o profilu płaskim rozwinię prędkość 85 km/h ciągnąc skład wagonów towarowych o masie 2000 t. W przypadku jazdy na torze o pochyleniu 7‰ prędkość pociągu zasilanego z trakcji spalinowej spadnie do 31 km/h.

Powyzsze charakterystyki trakcyjne potwierdzają możliwość wykorzystania lokomotywy typu 111DE do prowadzenia lekkich pociągów towarowych.

Lokomotywa dwunapędowa ze względu na swoją konstrukcję jest pojazdem o niskiej emisji substancji szkodliwych do atmosfery. Transport kolejowy generalnie uznawany jest za stosunkowo przyjazny dla środowiska naturalnego, co pośrednio wynika z faktu emisji mniejszej ilości spalin w porównaniu do transportu drogowego. Obecna polityka dotycząca ochrony klimatu w głównej mierze skupia się na emisji CO<sub>2</sub> oraz NO<sub>x</sub> do atmosfery. Dla emisji dwutlenku węgla można przytoczyć następujące dane porównawcze [8]: średnio samochód osobowy emituje 143g CO<sub>2</sub> na jeden pasażerokilometr, dla porównania emisja CO<sub>2</sub> przez pojazdy szynowe plasuje się na poziomie ok 75g/pkm. Jeśli rozważymy transport towarowy, różnica ta staje się jeszcze wyraźniejsza: dla transportu drogowego emisja CO<sub>2</sub> wynosi 100g/tkm, natomiast w transporcie kolejowym oscyluje wokół wartości 27g/tkm. Ciekawostką może stanowić fakt, iż transport w Europie odpowiada za emisję około 25% CO<sub>2</sub>, przy czym sam transport kolejowy emituje zaledwie 1% całości. Zważywszy na fakt, że w lokomotywie dwunapędowej 111DE zastosowano silnik spalinowy z układem oczyszczania spalin EGR+SCR, spełniający normy europejskie na poziomie V oraz przyjmując pracę przemienną w trakcji spalinowej i elektrycznej należy zauważyć, że powyższa konstrukcja może dodatkowo przyczynić się do obniżania emisji substancji szkodliwych do atmosfery.

#### 4. Podsumowanie

Niniejszy artykuł ma na celu zaprezentować dwusystemową lokomotywę jako alternatywę dla pojazdów trakcyjnych obecnie wykorzystywanych w transporcie intermodalnym. KPK spowodował, że w ostatnich latach zaczęto intensywnie modernizować linie kolejowe, dzięki czemu powstaje coraz więcej tras kolejowych mogących obsługiwać nowoczesne pojazdy poruszające się z dużą prędkością.

Coraz więcej ładunków w Polsce jest transportowanych koleją, co wydatnie przyczyniło się do odmłodzenia taboru przez przewoźników poprzez zakup nowoczesnych pojazdów mogących zapewnić im uniwersalność i mobilność. Ponadto przewoźnicy towarowi rozwijają swój tabor inwestując w nowoczesne pojazdy doczepne, dzięki czemu posiadając lokomotywy dużej mocy są w stanie transportować ładunki z dużą prędkością na znaczne odległości, co pozwala na efektywne wykorzystanie posiadanego taboru.

Dotychczas użytkowane w Polsce pojazdy były ograniczone jednym źródłem zasilania, bądź ich drugi napęd miał ograniczenia wynikające z niewielkiej mocy agregatu prądowórczego. Napęd dualny znacząco poszerza możliwości operacyjne lokomotywy. Napęd spalinowy może być wykorzystywany do prowadzenia pociągów na liniach niezelektryfikowanych, do prac manewrowych lub w sytuacjach awaryjnych, natomiast trakcja elektryczna jest wykorzystywana głównie do ruchu liniowego. Zastosowane systemy bezpieczeństwa (ETCS, SIFA, SHP, RS) powodują, że lokomotywa może być wykorzystywana do międzynarodowego transportu intermodalnego. Lokomotywa pozwala również na bezpieczną realizację transportu nawet w przypadku zerwania trakcji elektrycznej, awarii pantografu bądź utraty napięcia na linii elektrycznej. Dwunapędowa lokomotywa przeznaczona jest również do prowadzenia wagonów pasażerskich.

## Bibliografia

- [1] Kierunki rozwoju transportu intermodalnego do 2030 r. z perspektywą do 2040 r. Centrum Unijnych Projektów Transportowych.
- [2] Michalak P., Jakuszko W., Innowacyjna uniwersalna lokomotywa dwunapędowa. Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie. Seria: Materiały Konferencyjne, 2019.
- [3] Sprawozdanie z funkcjonowania rynku kolejowego 2020. Urząd Transportu Kolejowego. Warszawa 2021.
- [4] Strona internetowa: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/krajowy-program-kolejowy>. [dostęp: 11.10.2021].
- [5] Strona internetowa: <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/transeuropejska-siec-transportowa-ten-t>. [dostęp: 11.10.2021].
- [6] Transport intermodalny w latach 2017-2019. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa, Szczecin 2020.
- [7] Wronka J., Nowy etap rozwoju transportu kombinowanego w Polsce?. Zeszyty Naukowe. Problemy Transportu i Logistyki/Uniwersytet Szczeciński, 2013.
- [8] Zamkowska S., Transport intermodalny: szansą na zwiększenie udziału kolei w rynku. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 2013.