

SZYMON KLEMB

mgr inż., Instytut Kolejnictwa,
ul. Chłopickiego 50, 04-275
Warszawa, tel. 22 47 31354,
email: sklemba@ikolej.pl

Prognoza zużycia paliw płynnych w transporcie kolejowym do roku 2040^{1,2}

Streszczenie: Artykuł jest poświęcony opracowaniu prognoz wartości energetycznej zużytego oleju napędowego wykonanego na potrzeby realizacji ustawowych zadań Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Prognozy zostały wykonane za pomocą opracowanego modelu wskaźnikowego, który uwzględniał zmienne, takie jak stan elektryfikacji poszczególnych odcinków sieci kolejowej, stopień wykorzystania taboru spalinowego na liniach zelektryfikowanych oraz wskaźnik zastępowalności taboru spalinowego taborem bezemisyjnym czy poprawa sprawności pojazdów spalinowych. Model bazował na ogólnodostępnych danych GUS oraz UTK, jak również specjalnie pozyskanych danych narodowego zarządcy infrastruktury kolejowej PKP PLK SA oraz przewoźników kolejowych. Opracowany model dla roku bazowego cechuje się błędem wynoszącym 2% obliczanego zużycia paliwa. Prognozy wykonano dla trzech scenariuszy: „zerowego”, scenariusza A „bez dodatkowych działań” (względem planowanych w momencie opracowywania prognozy) oraz scenariusza B „z dodatkowymi działaniami”, gdzie jako działania rozumie się inwestycje podejmowane w zakresie modernizacji infrastruktury i taboru kolejowego, jak również wprowadzanie zmian w organizacji przewozów kolejowych. Wyniki prognoz wskazują, że w najbardziej optymistycznym z punktu widzenia redukcji zużycia paliw płynnych w transporcie kolejowym scenariuszu B, do roku 2040 może nastąpić spadek zapotrzebowania na takie paliwa o około 31%. Według bardziej prawdopodobnego scenariusza A zużycie paliwa do 2040 nieznacznie wzrośnie. Elektryfikacja sieci kolejowej jest tylko jednym ze środków eliminowania pracy przewozowej realizowanej trakcją spalinową. Redukcja zużycia oleju napędowego wymaga znaczących zmian na rynku taboru kolejowego zmierzających w kierunku wdrażania pojazdów bezemisyjnych.

Słowa kluczowe: transport kolejowy, paliwa płynne, emisje, prognozowanie.

Geneza pracy

Genezą opracowania prognozy zużycia paliw płynnych (oleju napędowego) są zadania Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (dalej KOBiZE), określone w ustawie o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji [1]. Ustawa ta stanowi wdrożenie szeregu dyrektyw i decyzji Parlamentu Europejskiego związanych z celami dotyczącymi poziomów emisji zanieczyszczeń oraz europejskim systemem handlu emisjami. Na mocy ustawy utworzono Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami, do którego zadań należy m.in. prowadzenie Krajowej bazy o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji, administrowanie systemem handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych, wykonywanie, na potrzeby modelowania matematycznego zadań związanych z prowadzeniem bazy emisji powierzchniowych, liniowych

i punktowych, opracowywanie metodyk ustalania wielkości tych emisji, zbieranie danych niezbędnych do ich ustalenia, jak również sporządzanie raportów, sprawozdań i prognoz dotyczących wielkości emisji.

Krajowy ośrodek co pięć lat sporządza prognozy zmian aktywności (rozumie się przez to parametry charakteryzujące działalność, której skutkiem jest emisja, takie jak: wielkość produkcji, wielkość zużycia surowców lub paliw, ilość wytworzonych odpadów [1]) dla różnych sektorów gospodarki, w tym transportu. Zgodnie z ustawą, minister właściwy do spraw transportu ustala, w porozumieniu z KOBiZE, założenia do sporządzenia prognoz zmian aktywności oraz udostępnia dane niezbędne do sporządzenia tych prognoz. Instytut Kolejnictwa, jako jednostka podlegająca ministrowi właściwemu do spraw transportu, otrzymał zadania wykonania prognoz zmian aktywności w branży transportu kolejowego do roku 2040 (ze stanami pośrednimi w 2025 i 2030 roku), co sprowadzało się do wykonania prognozy zużycia paliwa płynnego przez spalinowy tabor trakcyjny (emisje związane z produkcją prądu elektrycznego z węgla traktowane są jako aktywność sektora elektroenergetyki).

Poruszany temat ma również znaczenie w kontekście oczekiwanej europejskiej transformacji energetycznej, która ma nastąpić w ciągu kilku najbliższych dekad.

Zużycie paliwa w transporcie kolejowym w latach 2000–2019

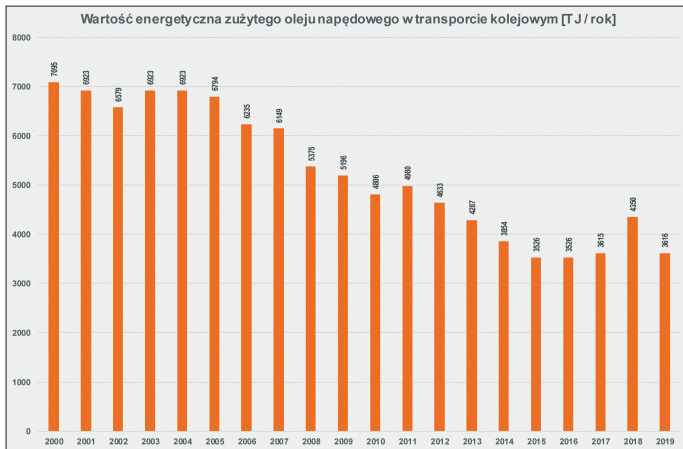
Przed dokonaniem wyboru metody opracowania prognoz przeanalizowano dostępne dane historyczne dotyczące wielkości zużycia paliwa w transporcie kolejowym oraz wielkości pracy transportu kolejowego w celu zidentyfikowania związków pomiędzy tymi wielkościami. Od 1993 roku [2], kiedy to nie eksploatowano już parowozów do obsługi regularnych połączeń w Polsce, emisje z transportu kolejowego pochodzą z pojazdów napędzanych silnikami spalinowymi wykorzystującymi olej napędowy. Z tego względu w opracowaniu związanym z prognozowanymi na kolei emisjami skupiono się jedynie na analizie tego źródła zanieczyszczeń, pomijając okresowe przewozy realizowane pociągami prowadzonymi trakcją parową na liniach z Wolsztyna.

Na rysunku 1 przedstawiono wartość energetyczną zużytego oleju napędowego w latach 2000–2019. O ile na przełomie XX i XXI wieku zużycie wynosiło około 7 tys. TJ rocznie, o tyle w latach 2015–2019 (z wyjątkiem roku 2018) stanowiło około połowy tej wartości (3,5–3,6 tys. TJ). Analizując wielkość pracy przewozowej realizowanej przez transport kolejowy, można stwierdzić, że w przypadku przewozów pasażerskich następował ich spadek po roku 2000 (zawieszenie przewozów na ponad tysiącu km linii

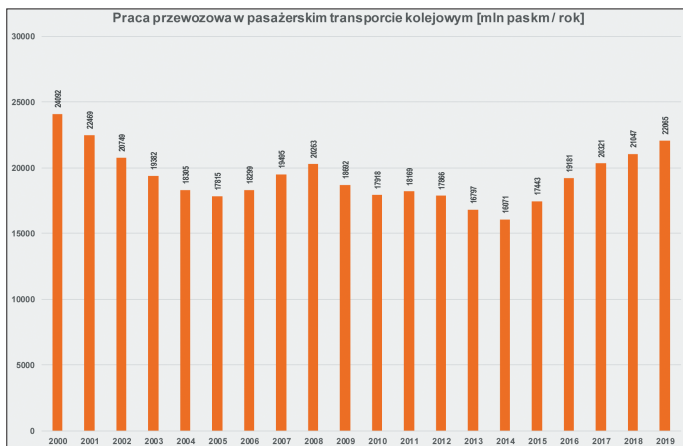
¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2022.

² Autor dziękuje panom Marcelemu Lalikowi oraz Jakubowi Piergiesowi z Instytutu Kolejnictwa za współpracę przy pozyskaniu danych źródłowych dotyczących wielkości zużycia paliwa i planów taborowych przewoźników kolejowych, bez których to danych opracowanie prognozy nie byłoby możliwe.

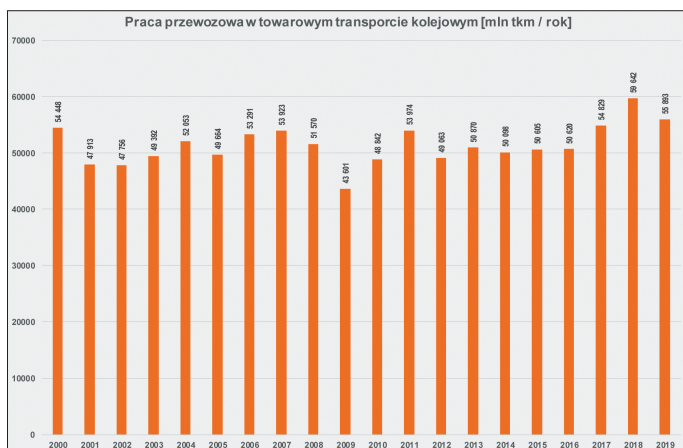
kolejowych), po czym, po niewielkim odbiciu w roku 2005, nastąpił ponowny ich spadek po roku 2008 (reforma przeprowadzona przez wiceministra infrastruktury Juliusza Engelhardta, skutkująca m.in. przekazaniem przewozów międzyregionalnych do spółki PKP IC, połączonym z likwidacją wielu połączeń i dezintegracją taryfową, jak również przekazaniem taboru spalinowego do spółki PKP CARGO, powodującego problem z realizacją przewozów pasażerskich na odcinkach niezelektryfikowanych) oraz wzrost od roku 2015, jednakże do poziomu nie przekraczającego przewozy w roku 2000 (rys. 2). Z kolei praca prze-



Rys. 1. Wartość energetyczna zużytego oleju napędowego w transporcie kolejowym
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych (niepublikowanych) KOBIZE



Rys. 2. Praca przewozowa w pasażerskim transporcie kolejowym
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych UTK [4]



Rys. 3. Praca przewozowa w towarowym transporcie towarowym
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych UTK [4]

wozowa kolejowego transportu ładunków kształtowała się na stabilnym poziomie (rys. 3). Z przytoczonych danych wynika, że nie istniał bezpośredni związek pomiędzy ogólną wielkością przewozów a zużyciem oleju napędowego i że zmiany zależą od innych czynników.

Czynnikami, które mogą wpływać na spadek zużycia oleju napędowego, mogły być zatem inne zjawiska mające miejsce w systemie przewozów kolejowych:

- zmiana wielkości przewozów na liniach niezelektryfikowanych, zwłaszcza wobec braków taborowych oraz stosunkowo złego stanu technicznego infrastruktury tych linii w porównaniu do linii zelektryfikowanych;
- poprawa sprawności lokomotyw spalinowych na przestrzeni lat, między innymi poprzez stopniowe wycofywanie najbardziej energochłonnych pojazdów trakcyjnych, co umożliwiło realizację tej samej pracy przewozowej przy mniejszym zużyciu paliwa;
- zmiana struktury ruchu pojazdów trakcyjnych (spalinowe/elektryczne) wykorzystywanych na liniach zelektryfikowanych w transporcie towarowym;
- prawie całkowite odejście od wykorzystywania lokomotyw spalinowych do obsługi pasażerskich połączeń regionalnych na rzecz wagonów silnikowych lub spalinowych zespołów trakcyjnych;
- poprawa w zakresie zarządzania zasobami paliwa u przewoźników.

Wyżej wskazane czynniki były brane pod uwagę podczas budowy modelu prognostycznego.

Metoda prognozowania

Metoda prognozowania musi odpowiadać celowi prowadzonej analizy i brać pod uwagę dane, które są dostępne lub które można zebrać w celu jej wykonania. Na podstawie przeprowadzonej kwerendy zdecydowano o zastosowaniu modelu wskaźnikowego biorącego pod uwagę następujące zmienne:

- wielkość pracy eksploatacyjnej [pockm] pociągów pasażerskich dla poszczególnych kategorii pociągów na liniach zelektryfikowanych (a dokładniej liczby pociągów na poszczególnych odcinkach sieci oraz długości tych odcinków),
- wielkość pracy eksploatacyjnej [pockm] pociągów pasażerskich dla poszczególnych kategorii pociągów na liniach niezelektryfikowanych (a dokładniej liczby pociągów na poszczególnych odcinkach sieci oraz długości tych odcinków),
- wielkość pracy przewozowej brutto [brtkm] pociągów towarowych dla poszczególnych kategorii pociągów na liniach zelektryfikowanych (dla poszczególnych odcinków sieci),
- wielkość pracy przewozowej brutto [brtkm] pociągów towarowych dla poszczególnych kategorii pociągów na liniach niezelektryfikowanych (dla poszczególnych odcinków sieci),
- wskaźnik wykorzystania trakcji spalinowej na liniach zelektryfikowanych (w odniesieniu do pockm pociągów pasażerskich i brtkm pociągów towarowych),

- współczynnik zastępowalności pasażerskiego taboru spalinowego taborem alternatywnym („bezemisyjnym”),
- współczynnik zastępowalności spalinowych pojazdów trakcyjnych prowadzących składy towarowe taborem alternatywnym („bezemisyjnym”),
- współczynnik poprawy sprawności taboru spalinowego,
- wartość binarna związana z elektryfikacją poszczególnych odcinków sieci kolejowej.

Model oparto również na przyjętych wartościach stałych:

- średnie jednostkowe zużycia paliwa dla poszczególnych rodzajów pociągów (w odniesieniu do pockm pociągów pasażerskich i brtkm pociągów towarowych),
- jednostkowa wartość energetyczna paliwa (oleju napędowego),
- długości poszczególnych odcinków sieci kolejowej.

Głównymi źródłami danych wykorzystywanymi podczas budowy modelu oraz przy sporządzaniu prognozy były:

- statystyka SOLK³ PKP PLK S.A. za rok 2019,
- dane GUS z opracowania „Transport – wyniki działalności w 2019 roku” [2],
- dane dotyczące zużycia paliw pozyskane od przewoźników kolejowych,
- dane UTK dotyczące ilostanu taboru kolejowego oraz planów taborowych przewoźników [3],
- dane KOBiZE dotyczące wartości energetycznej zużytego paliwa w transporcie kolejowym.

Przy sporządzaniu prognozy, na etapie przyjmowania założeń do scenariuszy, kierowano się krajowymi dokumentami strategicznymi związanymi z dziedziną transportu, takimi jak:

- Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku,
- Krajowy Program Kolejowy do 2023 roku.

W wyniku analizy danych uzyskanych od przewoźników kolejowych stwierdzono, że najbardziej miarodajne będzie zastosowanie różnej bazy dla prognoz dla transportu pasażerskiego i towarowego. W przypadku przewozów pasażerskich zużycie paliwa było obliczane na podstawie pracy eksploatacyjnej [pockm], natomiast dla przewozów towarowych na podstawie pracy przewozowej brutto [brtkm]. Takie podejście wynika z faktu, że zużycie paliwa zależy w dużej mierze od masy pociągu, a ta jest zależna od masy ładunku, co ma istotne znaczenie w przypadku pociągów towarowych. W przypadku pociągów pasażerskich masa pasażerów nie ma już tak dużego wpływu.

Dla scenariusza s w roku r prognozy wartość energetyczną zużytego paliwa $P^{s,r}$ określono jako sumę wartości dla przewozów pasażerskich i towarowych następującymi wzorami:

$$P^{s,r} = P_{pas}^{s,r} + P_{tow}^{s,r}$$

$$P_{pas}^{s,r} = \left(\sum_i z_i^{s,r} p_{e,i}^{s,r} \right) (1 - \gamma_{pas}^{s,r}) (1 - \mu^{s,r}) \varepsilon$$

gdzie:

- $z_i^{s,r}$ – średnie zużycie paliwa dla i -tej kategorii pociągu pasażerskiego [litr/pockm],
- $p_{e,i}^{s,r}$ – praca eksploatacyjna dla i -tej kategorii pociągu pasażerskiego realizowana taborem spalinowym [pockm],
- $\gamma_{pas}^{s,r}$ – współczynnik zastępowalności trakcyjnego taboru spalinowego taborem bezemisyjnym dla przewozów pasażerskich [-],
- $\mu^{s,r}$ – współczynnik poprawy sprawności trakcyjnego taboru spalinowego [-],
- ε – wartość energetyczna zużytego paliwa [TJ/litr].

$$P_{tow}^{s,r} = \left(\sum_j z_j^{s,r} p_{b,j}^{s,r} \right) (1 - \gamma_{tow}^{s,r}) (1 - \mu^{s,r}) \varepsilon$$

gdzie:

- $z_j^{s,r}$ – średnie zużycie paliwa dla j -tej kategorii pociągu towarowego [litr/brtkm],
- $p_{b,j}^{s,r}$ – praca przewozowa brutto dla j -tej kategorii pociągu towarowego realizowana taborem spalinowym [brtkm],
- $\gamma_{tow}^{s,r}$ – współczynnik zastępowalności trakcyjnego taboru spalinowego taborem bezemisyjnym dla przewozów towarowych [-],

Pracę eksploatacyjną pociągów pasażerskich $p_{e,i}^{s,r}$ i pracę przewozową brutto pociągów towarowych $p_{b,j}^{s,r}$ na liniach spalinowych określono w następujący sposób:

$$p_{e,i}^{s,r} = \alpha_{pas}^{s,r} \sum_{o \in OE} l_{o,i}^{s,r} d_o + \sum_{o \in ON} l_{o,i}^{s,r} d_o$$

$$p_{b,j}^{s,r} = \alpha_{tow}^{s,r} \sum_{o \in OE} l_{o,j}^{s,r} d_o m_{o,j} + \sum_{o \in ON} l_{o,j}^{s,r} d_o m_{o,j}$$

gdzie:

- OE – zbiór odcinków zelektryfikowanych, ON – zbiór odcinków niezelektryfikowanych (indeksy s i r dotyczących scenariusza oraz roku prognozy dla większej czytelności),
- $\alpha_{pas}^{s,r}$ – wskaźnik procentowy pracy eksploatacyjnej pociągów pasażerskich na liniach zelektryfikowanych realizowanej trakcją spalinową,
- $\alpha_{tow}^{s,r}$ – wskaźnik procentowy pracy przewozowej brutto pociągów towarowych na liniach zelektryfikowanych realizowanej trakcją spalinową,
- $m_{o,j}$ – średnia masa pociągu towarowego kategorii j na odcinku o .

³ SOLK – Statystyka Obciążenia Linii Kolejowych

Kalibracja modelu

Jako bazowy przyjęto dla prognozy rok 2019. Na podstawie bazy danych PKP PLK (SOLK) określono, dla każdej kategorii pociągów pasażerskich i towarowych, na podstawie danych dla poszczególnych odcinków sieci kolejowej, sumaryczne prace eksploatacyjne (pockm) dla pociągów pasażerskich oraz sumaryczne prace przewozowe brutto (brtkm) dla pociągów towarowych. Dzięki przyporządkowaniu każdemu odcinkowi wartości zmiennej binarnej określającej jego elektryfikację uzyskano dane o pracy transportu kolejowego z podziałem na linie zelektryfikowane i nieelektryfikowane. Dane te nie uwzględniają jednak faktu, że część transportu na liniach zelektryfikowanych odbywa się za pomocą spalinowych pojazdów trakcyjnych. Z tego względu uzyskane sumy zestawiono z danymi GUS, które dotyczą pracy transportu kolejowego nie z podziałem na rodzaj linii, tylko na rodzaj trakcji.

Na podstawie tych danych określono współczynniki wykorzystania trakcji spalinowej na liniach zelektryfikowanych ($\alpha_{pas}^{s,r}$, $\alpha_{tow}^{s,r}$), dzięki którym można określać, na podstawie danych dotyczących odcinków linii kolejowych, wielkości dotyczące poszczególnej trakcji (elektrycznej oraz spalinowej). Za pomocą wyznaczonych współczynników obliczono, dla roku bazowego, na podstawie danych dotyczących odcinków linii, liczbę pockm dla transportu pasażerskiego i liczbę brtkm dla transportu towarowego wykonywanych przez poszczególne trakcje. Zestawiono wyniki z danymi GUS i określono wielkość błędu, który wynosi:

- 0,71% dla pociągów pasażerskich trakcji elektrycznej,
- 1,78% dla pociągów pasażerskich trakcji spalinowej,
- 1,3% dla pociągów towarowych trakcji elektrycznej,
- 15,4% dla pociągów towarowych trakcji spalinowej.

Wyróżniająca się wartość błędu dla pociągów towarowych trakcji spalinowej prawdopodobnie wiąże się z pracą manewrową.

Następnie, dla określonej w ten sposób wielkości pracy eksploatacyjnej i pracy przewozowej brutto realizowanej trakcją spalinową, określono zużycie paliwa (za pomocą dobranych wskaźników średniego jednostkowego zużycia), obliczono modelowe zużycie paliwa dla roku bazowego oraz jego wartość energetyczną. Uzyskano błąd modelowego wyniku względem danych rzeczywistych wynoszący 0,2%.

Należy podkreślić, że przyporządkowanie wskaźników jednostkowych zużycia paliwa do poszczególnych rodzajów lub kategorii pociągów nie odzwierciedla wiernie rzeczywistości z uwagi na różnorodność taboru kolejowego obsługującego połączenia w ramach poszczególnych kategorii. Z tego względu istnieje ryzyko występowania błędów w podziale zużycia pomiędzy transport pasażerski i transport towarowy, mimo dużej zgodności, jeśli chodzi o zużycie ogółem. Nie ma jednak danych pozwalających na dokładne skalibrowanie modelu w tym zakresie. Podsumowując, należy uznać, że mimo opisanych nieścisłości model może być wykorzystany do sporządzenia prognozy z wystarczającą dokładnością, biorąc pod uwagę cel prowadzonych analiz.

Scenariusze prognozy

Bazą do określenia prognozy zużycia paliwa jest przygotowana prognoza wielkości pracy eksploatacyjnej [pockm] dla pociągów pasażerskich, którą uzyskano poprzez korektę liczby połączeń kolejowych na wybranych odcinkach sieci (kierując się planami transportowymi poszczególnych województw oraz tzw. krajowym planem transportowym). W przypadku pociągów towarowych opracowano, według metody i wskaźników opracowanych w [5], ogólnosieciową prognozę wskaźnikową pracy przewozowej brutto [brtkm], z podziałem na odcinki linii zelektryfikowane i nieelektryfikowane.

Innymi zmiennymi, które określano przy sporządzeniu prognozy dla poszczególnych scenariuszy, są:

- elektryfikacja wybranych odcinków sieci kolejowej, co powodowało zmianę podziału pracy transportu kolejowego pomiędzy trakcją elektryczną i spalinową (z uwzględnieniem wskaźnika jazdy pojazdami trakcji spalinowej na liniach zelektryfikowanych), elektryfikację definiowaną za pomocą zmiennej binarnej przyjmującą wartość 0 w przypadku elektryfikacji oraz 1 w przypadku braku elektryfikacji, wartości zmienne przyporządkowano poszczególnym odcinkom sieci kolejowej, w wyniku czego obliczana jest praca eksploatacyjna / przewozowa brutto w podziale na linie zelektryfikowane i nieelektryfikowane;
- wskaźnik jazdy pojazdami trakcji spalinowej na liniach zelektryfikowanych dla transportu pasażerskiego i towarowego (procent realizowanej w ten sposób pracy eksploatacyjnej / przewozowej brutto);
- zastępowalność pasażerskiego taboru spalinowego taborem alternatywnym („bezemisyjnym”), jako odzwierciedlenie rozwoju rynku bezemisyjnych pojazdów trakcyjnych;
- zastępowalność spalinowych pojazdów trakcyjnych prowadzących składy towarowe taborem alternatywnym („bezemisyjnym” lub hybrydowym), jako odzwierciedlenie rozwoju rynku bezemisyjnych pojazdów trakcyjnych;
- poprawa sprawności taboru spalinowego, jako odzwierciedlenie wprowadzania nowych rozwiązań w spalinowych pojazdach trakcyjnych.

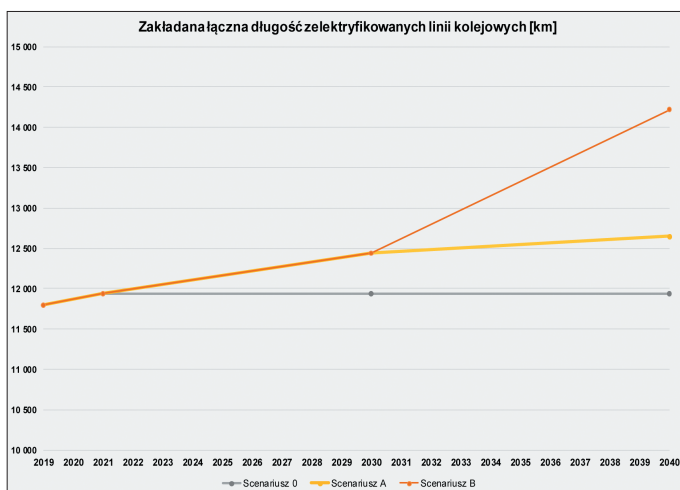
Prognozę opracowano dla lat 2025, 2030, 2035 oraz 2040 dla trzech scenariuszy:

- scenariusza 0 „zero”, zakładającego wartość zmiennych taką, jak dla roku bazowego prognozy, z wyjątkiem liczby pociągów na poszczególnych odcinkach, którą opracowano według wcześniej wspomnianej metody;
- scenariusza A „bez dodatkowych działań”, zakładającego, ponad scenariusz „zero”, ukończenie zaplanowanych obecnie działań w zakresie elektryfikacji sieci, pewną poprawę w zakresie zmniejszenia wykorzystania taboru spalinowego na liniach nieelektryfikowanych oraz wymianę części taboru na bezemisyjny;
- scenariusza B „z dodatkowymi działaniami”, zakładającego, w stosunku do scenariusza „bez dodatkowych działań”, większy stopień zachodzących zmian.

I tak w scenariuszu B założono, że do roku 2040 zostaną zelektryfikowane następujące odcinki polskiej sieci kolejowej:

- linia kolejowa nr 14 na odcinku Ostrów Wielkopolski – Głogów,
- linia kolejowa nr 24,
- linia kolejowa nr 25 na odcinku Tomaszów Mazowiecki – Skarżysko-Kamienna,
- linia kolejowa nr 30,
- linia kolejowa nr 31 na odcinku Siedlce – Hajnówka,
- linia kolejowa nr 32,
- linia kolejowa nr 36,
- linia kolejowa nr 38 na całym niezelektryfikowanym obecnie odcinku,
- linia kolejowa nr 40,
- linia kolejowa nr 49,
- linia kolejowa nr 52,
- linia kolejowa nr 71 (już zrealizowano),
- linia kolejowa nr 106,
- linia kolejowa nr 137 na odcinku Kędzierzyn-Koźle – Legnica,
- linia kolejowa nr 182,
- linia kolejowa nr 201 na całym niezelektryfikowanym obecnie odcinku,
- linia kolejowa nr 203 na odcinku Piła – Kostrzyn,
- linia kolejowa nr 213,
- linia kolejowa nr 274 na całym niezelektryfikowanym obecnie odcinku,
- linia kolejowa nr 287,
- linia kolejowa nr 288,
- linia kolejowa nr 299,
- linia kolejowa nr 301,
- linia kolejowa nr 358 na całym niezelektryfikowanym obecnie odcinku,
- linia kolejowa nr 402 na całym niezelektryfikowanym obecnie odcinku.

Łączną długość linii zelektryfikowanych założoną w poszczególnych scenariuszach przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Zakładana długość zelektryfikowanych linii kolejowych
Źródło: Opracowanie własne

W zakresie pracy eksploatacyjnej (przewozy pasażerskie), realizowanej na liniach zelektryfikowanych taborem spalinowym, przyjęto spadek udziału tej pracy z 4% w roku bazowym do 2,8% w scenariuszu A oraz do 1,2% w scenariuszu B. Całkowite wyeliminowanie jazdy taborem spalinowym na tych liniach nie jest możliwe z uwagi na odcinki w obrębie zelektryfikowanych węzłów kolejowych, do których wbiegają linie niezelektryfikowane.

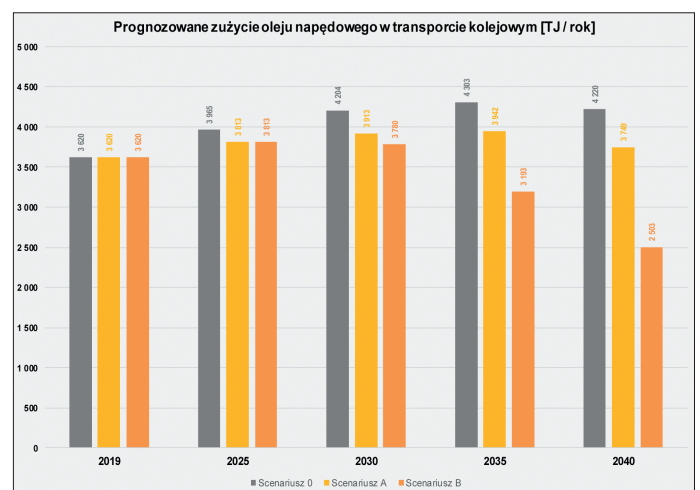
Jeśli chodzi o pracę przewozową brutto (przewozy towarowe) na liniach zelektryfikowanych realizowaną trakcją spalinową, przyjęto spadek udziału tej pracy z 16,3% w roku bazowym do 15,5% w scenariuszu A oraz do 13% w scenariuszu B. Specyfika przewozów towarowych oraz fakt istnienia wielu małych operatorów tych przewozów może nie pozwolić na taką organizację pracy pojazdów, która w znaczącym stopniu ograniczy wykorzystywanie trakcji spalinowej na liniach zelektryfikowanych. Istnieją również podmioty, w których posiadaniu nie ma pojazdów innych niż spalinowe.

W obydwu scenariuszach – A i B – przyjęto poprawę sprawności spalinowych pojazdów trakcyjnych o 5% względem roku bazowego. Jest to założenie wyłącznie eksperckie mające na celu uwzględnienie rozwoju technologicznego, który jednak trudno przewidzieć.

Na podstawie obecnych planów taborowych przewoźników i ich projekcji założono: w scenariuszu A – brak znaczącego udziału pojazdów bezemisyjnych do roku 2040, natomiast w scenariuszu B – zastąpienie do 2040 roku 30% pasażerskich spalinowych pojazdów trakcyjnych oraz 10% spalinowych pojazdów trakcyjnych w ruchu towarowym pojazdami bezemisyjnymi (lub hybrydowymi, których zastosowanie w praktyce redukuje „pracę spalinową” na liniach zelektryfikowanych).

Wyniki i wnioski

Uzyskane wyniki w wartościach bezwzględnych zaprezentowano na rysunku 5. Wartości względne, odnoszące się do roku bazowego 2019, przedstawiono w tabeli 1. Wartości względne odnoszące się do scenariusza „0” przedstawiono



Rys. 5. Prognozowane zużycie oleju napędowego w transporcie kolejowym
Źródło: opracowanie własne

Tabela 1

| Wyniki prognozy w ujęciu względnym (100% = rok 2019) | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| Scenariusz / Rok | 2019 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
| Scenariusz 0 | 100% | 110% | 116% | 119% | 117% |
| Scenariusz A | 100% | 105% | 108% | 109% | 104% |
| Scenariusz B | 100% | 105% | 104% | 88% | 69% |

Źródło: opracowanie własne

Tabela 2

| Wyniki prognozy w ujęciu względnym (100% = scenariusz 0) | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|
| Scenariusz / Rok | 2019 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
| Scenariusz 0 | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Scenariusz A | 100% | 96% | 93% | 92% | 89% |
| Scenariusz B | 100% | 96% | 90% | 74% | 59% |

Źródło: opracowanie własne

Tabela 3

| Prognoza pracy eksploatacyjnej pociągów pasażerskich [mln pockm / rok] | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Scenariusz / Rok | 2019 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
| Scenariusz 0 | 167,1 | 167,1 | 167,1 | 167,1 | 167,1 |
| Scenariusz A | 167,1 | 168,6 | 170,1 | 170,8 | 171,5 |
| Scenariusz B | 167,1 | 168,6 | 170,1 | 175,9 | 181,6 |

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4

| Prognoza pracy przewozowej brutto pociągów towarowych [mld brtkm / rok] | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Scenariusz / Rok | 2019 | 2025 | 2030 | 2035 | 2040 |
| Scenariusze 0, A, B | 112,6 | 121,6 | 130,5 | 133,5 | 131,0 |

Źródło: opracowanie własne

w tabeli 2. Jako tło dla prognozy zużycia paliwa (ściślej: wartości energetycznej zużytego oleju napędowego) przedstawiono prognozowaną pracę eksploatacyjną pociągów pasażerskich (tab. 3) oraz prognozowaną pracę przewozową brutto dla przewozów towarowych (tab. 4).

Prognoza przedstawiona w tabeli 3 nie uwzględnia ruchu po liniach powstałych w ramach komponentu kolejowego CPK, jako że będą w całości zelektryfikowane i nie będzie się po nich odbywał ruch pojazdów spalinowych.

Nie różnicowano prognoz wielkości ruchu towarowego ze względu na przyjęte scenariusze.

Z opracowanych prognoz wynika, że prawdopodobne jest (scenariusz A), że zużycie oleju napędowego w perspektywie roku 2035 będzie rosło, głównie w związku z rosnącymi przewozami towarowymi. Jednocześnie w scenariuszu A do roku 2040 prognozuje się spadek zużycia paliwa w transporcie pasażerskim o 15%, przy 10% wzroście zużycia paliwa w przewozach towarowych (przy ponad trzykrotnie większym zużyciu bazowym).

W scenariuszu B, zakładającym istotne zmiany na rynku taboru kolejowego, prognozuje się spadek zużycia paliwa o 31% do roku 2040, przy czym w kolejowych przewozach pasażerskich wynosiłby on aż 69% w stosunku do roku bazowego 2019.

Przewozy towarowe realizowane są przez wiele stosunkowo niewielkich podmiotów, dla których inwestycje w nowy

tabor kolejowy mogą być nieosiągalne i wymiana na tabor bezemisyjny nastąpi prawdopodobnie dopiero w momencie pojawienia się takich pojazdów na „rynku wtórnym”. Wydaje się więc, że osiągnięcie poziomu określonego według scenariusza B, przy spodziewanym wzroście przewozów, jest celem bardzo ambitnym.

Wyniki przedstawione w artykule dotyczące przewidywanego zużycia oleju napędowego przez transport kolejowy (oraz jego wartości energetycznej) należy odczytywać, mając jednocześnie na uwadze to, że bazują na założeniach, które z niezerowym prawdopodobieństwem mogą nie sprawdzić się w przyszłości. W szczególności dotyczy to:

- kierunku i tempa rozwoju techniki w zakresie nowych rodzajów napędów pojazdów kolejowych oraz czasu i zakresu ich wdrożenia na polskiej sieci kolejowej, w chwili obecnej wdrażane są pierwsze rozwiązania, które należy uznać za pilotażowe;
- kierunku rozwoju transportu towarowego, w tym intermodalnego – wobec przewidywanego spadku masowych przewozów węgla, istnieje zagrożenie, że udział kolei w przewozach ładunków będzie spadał, jeżeli polityka transportowa państwa nie będzie ukierunkowana na zwiększenie wykorzystania kolei w innych rodzajach przewozów;
- ostatecznego zakresu działań związanych z elektryfikacją sieci kolejowej;
- sytuacji na rynku paliw;
- regulacji polityczno-prawnych na szczeblu europejskim i krajowym dotyczących wykorzystywania paliw w transporcie.

Z uwagi na fakt, iż zasoby surowców nieodnawialnych, z których wytwarzane są paliwa płynne na potrzeby transportu, prędzej czy później się wyczerpią, kwestią czasu wydaje się ich całkowite zastąpienie alternatywnymi źródłami energii. Wdrażanie nowych technologii będzie następowało stopniowo, i choć perspektywa całkowitego odejścia od stosowania oleju napędowego wydaje się dość odległa, to w praktyce jedyną, alternatywą dla tej drogi jest poważny kryzys światowy związany z brakiem paliw.

Literatura

1. Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji, tekst jednolity z dnia z dnia 7 maja 2020 r.: Dz. U. 2020 r. poz. 1077.
2. Bebenow E., *Współczesne wykorzystanie trakcji parowej do obsługi transportu kolejowego w Polsce*, Prace Komisji Geografii Komunikacji PTG 2017, 20(3).
3. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/transport-i-lacznosc/transport/transport-wyniki-dzialalnosci-w-2019-roku,9,19.html>
4. <https://www.utk.gov.pl/pl/dokumenty-i-formularze/opracowania-urzedu-tran/16553,Tabor-kolejowy-2019.html>
5. Kruk R., Brona P., *Metoda wskaźnikowa prognozowania przewozów towarowych w oparciu o wskaźniki makroekonomiczne*, „Transport Miejski i Regionalny”, 2018, nr 6.