

Maciej MICHNEJ¹

ZAGADNIENIA INTEROPERACYJNOŚCI POJAZDÓW TRAKCYJNYCH NA ZLIBERALIZOWANYM RYNKU PRZEWOZÓW KOLEJOWYCH

W artykule przedstawiono krótką charakterystykę podstawowych kryteriów i wymagań uwzględnianych w doborze pojazdów trakcyjnych przeznaczonych do obsługi przewozów międzynarodowych. Problematyka doboru środków transportu kolejowego w przewozach międzynarodowych wymaga wielokryterialnego podejścia, ze szczególnym uwzględnieniem przyszłych warunków eksploatacji pojazdu.

INTEROPERABILITY ISSUES FOR LOCOMOTIVES ON LIBERALIZED MARKET OF RAIL TRANSPORT

The article presents short characteristics of basic criterions and requirements in selection of traction vehicles – locomotive designed to service of international transport. The problems of selection of means railway transport requires the multi criterions approach, from special regard of future conditions of exploitation of vehicle.

1. WSTĘP

Wzrost przewozu osób i towarów w Unii Europejskiej, dążenie do wzmocnienia pozycji kolei w konkurencji z transportem drogowym w zakresie przewozów międzynarodowych oraz liberalizacja kolejowych przewozów towarowych i pasażerskich, wymaga konieczności unifikacji kolei pozwalającej na zapewnienie interoperacyjności taboru i infrastruktury kolejowej w granicach UE.

Przez słowo kolej interoperacyjna rozumie się taką kolej, która daje m.in. możliwość:

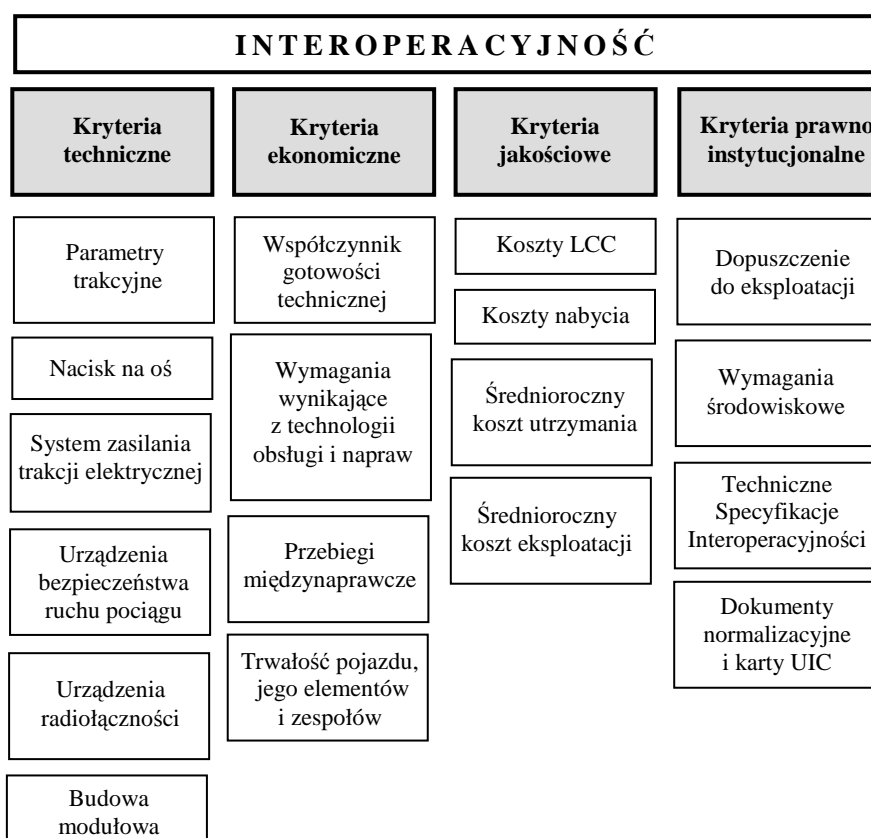
- przekraczania granic bez zatrzymania pociągu
- kontynuacji jazdy za granicą bez wymiany lokomotywy i jej obsługi
- stosowania jednolitej procedury niezależnie od infrastruktury, z której korzysta pociąg.

Liberalizacja rynku kolejowego w Unii Europejskiej pozwala wykonywać transgraniczne przewozy kolejowe przez jednego operatora bez konieczności wymiany

¹Mgr inż. Maciej Michnej, Instytut Pojazdów Szynowych, Politechnika Krakowska

lokomotywy na stacjach granicznych [4]. Otwarcie rynku przewozów towarowych w państwach UE stanowi dla przewoźników możliwość rozwoju i poprawy oferty świadczonych usług przewozowych w zakresie międzynarodowych przewozów ładunków, a od 2010r. również pasażerów.

Przewozy kolejowe w ruchu transgranicznym mogą być realizowane efektywnie za pomocą interoperacyjnych środków transportowych (lokomotyw i zespołów trakcyjnych) pozwalających na wykonywanie pracy przewozowej przy różnych systematach zasilania trakcji elektrycznej, lub za pomocą spalinowych pojazdów trakcyjnych do obsługi przewozów w ruchu przygranicznym, gdzie inwestycje w drogi, wielosystemowy tabor trakcyjny są nieekonomiczne.



Rys. 1. Główne kryteria interoperacyjności pojazdów trakcyjnych

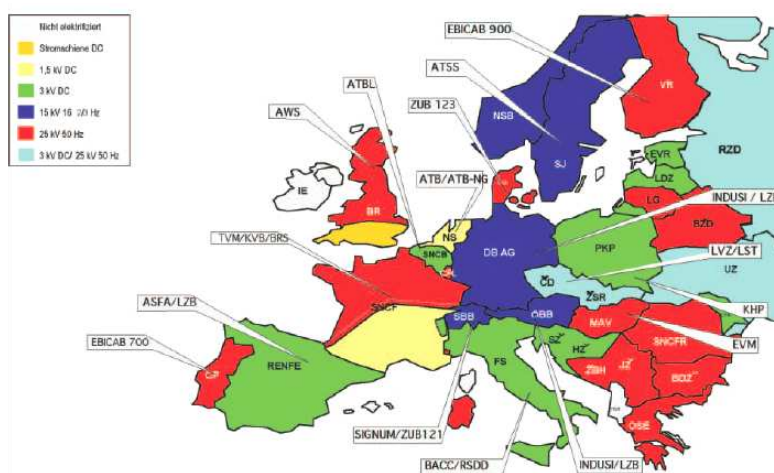
Wybór pojazdu trakcyjnego do obsługi przewozów międzynarodowych stanowi wielokryterialny problem decyzyjny uzależniony od szeregu czynników takich jak: rodzaj wykonywanej pracy przewozowej, parametry linii kolejowych na których pojazd będzie

eksploatowany, systemy zasilania i bezpieczeństwa ruchu pociągu, wyposażenie zaplecza technicznego, itp. Biorąc pod uwagę ww. czynniki należy określić kryteria pod kątem których będzie wykonywana analiza efektywności inwestycji związanej z zakupem pojazdu. Szereg wymagań stawianych przed pojazdami trakcyjnymi do obsługi przewozów międzynarodowych, można podzielić trzy główne grupy kryteriów do których zaliczają się: kryteria jakościowe, kryteria techniczne, kryteria ekonomiczne oraz kryteria prawno-instytucjonalne.

2. KRYTERIA TECHNICZNE

Grupa kryteriów technicznych ma największe znaczenie z punktu widzenia interoperacyjności pojazdu trakcyjnego i determinuje w przeważającej większości pozostałe wymagania dotyczące jakości i efektywności ekonomicznej. Najważniejsze kryteria techniczne ważne dla obsługi przewozów międzynarodowych w transporcie kolejowym to:

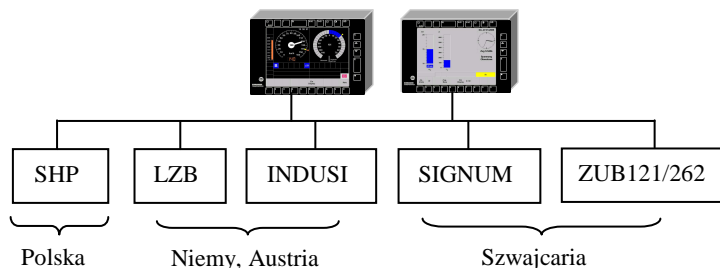
- **parametry trakcyjne**, określają wymaganą moc pojazdów, siłę pociągową, największe wzniesienie na jakim lokomotywa powinna ruszyć z pociągiem o zadanej masie oraz zdolności prowadzenia pociągów na określonym wzniesieniu z wymaganą prędkością;
- **system zasilania trakcji elektrycznej**. W Europie występuje pięć systemów; 25kV 50Hz AC, 15kV 16,7Hz AC, 3kV DC, 1,5kV DC, 0,75kV DC (Rys.2). W zależności od zasięgu wykonywanych przewozów międzynarodowych, do ich obsługi wykorzystywane są pojazdy trakcyjne dwusystemowe lub wielosystemowe. Istotną barierą dla eksploatacji pojazdów wielosystemowych przez jednego operatora w kilku krajach są kosztowne, czasochłonne i zróżnicowane pod względem wymagań procedury uzyskiwania dopuszczenia do eksploatacji. W związku z tym operatorzy kolejni w większości eksploatują lokomotywy posiadające dopuszczenie do eksploatacji dla 2÷4 krajów.



Rys. 2. Systemy zasilania i bezpieczeństwa ruchu pociągów w Europie [1]

Dla Polskich przewoźników towarowych, najbardziej optymalnym rozwiązaniem jest pozyskanie lokomotyw dwusystemowych posiadających dopuszczenie do ruchu odpowiednio w Niemczech, Austrii, Szwajcarii i Holandii (3kV DC/15kV 16,7Hz AC) oraz w Czechach, Słowacji i na Węgrzech. (3kV DC/25kV 50Hz AC)

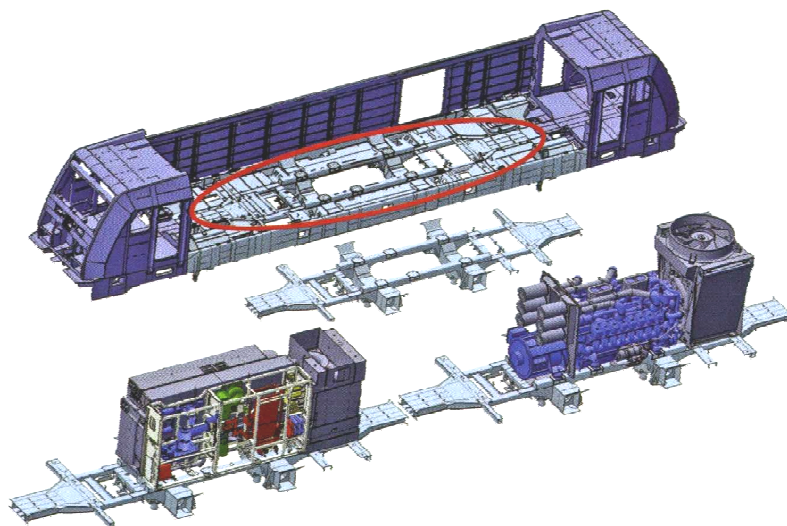
- **urządzenia bezpieczeństwa ruchu pociągu (ATP)** różnią się pod względem rozwiązań technicznych i zasady działania dla każdego kraju w Unii Europejskiej (Rys.2). Podobnie jak w przypadku systemów zasilania trakcji elektrycznej dobór wyposażenia pojazdu trakcyjnego w te systemy uzależniony jest od zasięgu wykonywanych przewozów międzynarodowych. W pojazdach nowej generacji za działanie poszczególnych systemów odpowiada komputer pokładowy umożliwiający podawanie informacji maszyniście z jednego monitora. Wszystkie pojazdy trakcyjne powinny mieć możliwość rozbudowy o ETCS (European Train Control System), który stanowi zunifikowany system bezpieczeństwa ruchu pojazdu i w który są wyposażane główne korytarze transportowe. Na rysunku 3 podano wymagane wyposażenie w systemy ATP dla lokomotywy przeznaczonej do przewozów pomiędzy państwami: Polska (PL), Niemcy (D), Austria (A) i Szwajcaria (CH);



Rys. 3. Wymagane wyposażenie lokomotywy dopuszczonej do ruchu PL-D-A-CH

- **urządzenia radiolączności** stosowane na kolei można podzielić na analogowe oraz cyfrowe oparte na technologii GSM-R (Global System Mobile Communication – Rail). System GSM-R jest częścią składową Europejskiego Systemu Zarządzania Ruchem Kolejowym ERTMS (European Railway Traffic Management System) i został opracowany dla potrzeb utworzenia spójnego i transeuropejskiego systemu kolejowego. Od pojazdów trakcyjnych do obsługi przewozów międzynarodowych wymaga się wyposażenia w obydwa systemy – analogowy i cyfrowy;
- **nacisk na oś** determinuje koszty dostępu do infrastruktury oraz uzależnia dostępność sieci kolejowej danego kraju, zróżnicowaną pod względem nacisków. To kryterium jest szczególnie istotne w przypadku lokomotyw spalinowych, ponieważ obsługują one pociągi na bocznicach oraz liniach kolejowych w gorszym stanie technicznym, gdzie nacisk na oś nie powinien przekraczać 200kN. Docelowo na liniach wchodzących w skład międzynarodowych korytarzy transportowych TEN-T dopuszczalne naciski na oś będą wynosić odpowiednio:
 - v ≤100 km/h – 225kN,
 - v ≤ 120km/h/oś – 200kN;

- **budowa modułowa** nadwozia i wyposażenia pojazdów trakcyjnych pozwala na łatwy dostęp do przedziałów maszynowych, zespołów napędowych i urządzeń pojazdu oraz umożliwia szybki demontaż kompletnych zespołów.



Rys. 4. Warianty wyposażenia modułowego lokomotyw z platformy produktowej Bombardier TRAXX [2]

Zastosowanie rozwiązań modułowych pozwala na znaczne oszczędności w zakresie:

- zaopatrzenia w części zamienne,
- nakładów inwestycyjnych na wyposażenie jednostek utrzymania i warsztatów,
- szkolenia maszynistów oraz personelu w jednostkach utrzymania i warsztatach,
- projektowania, montażu i testowania przyszłych modernizacji,
- niezawodności i dostępności pojazdów.

3. KRYTERIA EKONOMICZNE

Kryteria ekonomiczne stanowią podstawę decyzji związanej z nabyciem środka transportowego do wykonywania określonej pracy przewozowej. Grupa tych kryteriów składa się głównie z kosztów wynikających z nabycia, eksploatacji i utrzymania pojazdu trakcyjnego. Zasadniczą grupę kryteriów ekonomicznych można scharakteryzować poprzez:

- **koszty LCC** – koszty cyklu życia, uwzględniające pełny cykl "życia" pojazdu od chwili powstania koncepcji poprzez eksploatację do momentu złomowania (recycling). Łączne koszty ponoszone w wyżej wymienionych fazach można podzielić na koszty nabycia, posiadania i koszty likwidacji [3].

$$LCC = K_N + K_P + K_L \quad (1)$$

gdzie:

K_N – koszty nabycia

K_P – koszty posiadania

K_L – koszty likwidacji

Analiza LCC dostarcza kompleksowych informacji wyrażonych w kosztach o różnorodnych konsekwencjach uzależnionych od wyboru oferty dostawy lub modernizacji lokomotywy.

- **koszty nabycia** – związane są głównie z ceną oferowanego pojazdu i nie mogą stanowić podstawy decyzji przy wyborze oferty bez przeprowadzenia wcześniejszej analizy LCC;
- **średnioroczne koszty utrzymania** dla przyjętego okresu trwałości pojazdu należy szacować przyjmując:
 - koszt naprawy awaryjnej określony dla prognozowanego współczynnika awarii. W strukturze niezawodnościowej oferowanego pojazdu – model FMEA – należy przyjąć najsłabsze ogniwa pojazdu,
 - liczbę poszczególnych rodzajów napraw z uwzględnieniem wymaganego okresu trwałości pojazdu i rocznego przebiegu.
 - koszty napraw bieżących, rewizyjnych, głównych i awaryjnych określone na podstawie podanego średniego kosztu roboczogodziny,
 - przebiegi międzyprzeładowe i okresy międzynaprawcze dla pojazdu,
 - koszty wynikające z realizacji wszystkich poziomów utrzymania włącznie z naprawami awaryjnymi.
- **średnioroczne koszty eksploatacji** określa się przy założeniu kosztów energii elektrycznej, wzgl. dla spalinowych pojazdów trakcyjnych kosztów paliwa oraz przy założeniu kosztów użytkowania infrastruktury, które obejmują: m.in. koszty udostępnienia sieci kolejowej oraz koszty zużycia toru zależne od masy pojazdu, liczby osi, prędkości i częstotliwości ruchu.

4. KRYTERIA JAKOŚCIOWE

Grupa kryteriów jakościowych określa zbiór wskaźników i cech związanych z niezawodnością i eksploatacją pojazdu. Podstawowe kryteria w tej grupie to:

- **współczynnik gotowości technicznej**, uwzględniający wszystkie planowe i nieplanowe wyłączenia z eksploatacji. Jego wymaganą wartość dla lokomotyw elektrycznych szacuje się na poziomie $0,92 \div 0,95$, natomiast dla lokomotyw spalinowych $0,9 \div 0,92$;
- **wymagania wynikające z technologii obsługi i napraw** dotyczą przede wszystkim: możliwości łatwej lokalizacji uszkodzeń zespołów i podzespołów, wykrywalności uszkodzeń i stanu osiągania wartości granicznych określonych parametrów technicznych, dostępności do elementów i podzespołów pojazdu trakcyjnego, pracochłonności wymiany podzespołów, oraz unifikacji części dla ograniczenia niezbędnych narzędzi i oprzyrządowania;

- **trwałość pojazdu** uzależniona jest od średnich rocznych przebiegów w tyś km. Dla nowych lokomotyw przyjmuje się ją na poziomie 40 lat, natomiast dla pojazdów zmodernizowanych w zależności od stopnia modernizacji nie jest ona większa niż 25-30 lat;
- **przebiegi międzynaprawcze** dotyczą przede wszystkim przetaczania obręczy kół, przeglądu wózków oraz realizacji napraw wynikających z 4 i 5 poziomu utrzymania;

5. KRYTERIA PRAWNO-INSTYTUCJONALNE

Kryteria prawno-instytucjonalne związane są ze spełnieniem przez pojazd trakcyjny wymagań kreślonych w odpowiednich normach i warunkach technicznych w celu zapewnienia bezpieczeństwa ruchu, bezpiecznego przewozu osób i rzeczy oraz ochrony środowiska. Do najważniejszych kryteriów z pośród tej grupy należą:

- **dopuszczenie do eksploatacji** z uwagi na kosztowne procedury jest uzależnione od tego w jakich krajach pojazd będzie eksploatowany. Uzyskanie świadectwa dopuszczenia do eksploatacji i poniesienie związanych z tym kosztów należy do obowiązku producenta.
- **wymagania środowiskowe** dla taboru kolejowego zostały określone w karcie UIC 345 opublikowanej w 2006r. przez Międzynarodowy Związek Kolei UIC. Pojazdy trakcyjne w trakcie swojej eksploatacji wpływają negatywnie na środowisko w sposób bezpośredni – emitując hałas czy spaliny oraz w sposób pośredni poprzez zużywanie energii elektrycznej lub paliw kopalnianych, a po zakończeniu eksploatacji stwarzają problem utylizacji materiałów, z których zostały wykonane. Wymienione aspekty muszą być uwzględnione na wszystkich etapach cyklu życia pojazdu. Ważne aspekty środowiskowe związane z zakupem taboru kolejowego (rys.5), dotyczą emisji hałasu, emisji spalin z silników diesla, wydajności energetycznej oraz recyklingu odpadów.

Hałas	Wydajność energetyczna
Emisje spalin (diesel)	Materiały/ recykling/ odpad

Rys. 5. Ważne aspekty środowiskowe zakupu taboru kolejowego [8]

- **Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności**, zawierają szczegółowe wymagania techniczne i funkcjonalne, procedury i metody oceny zgodności z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi interoperacyjności kolei. Warunki eksploatacji i utrzymania dotyczące składników interoperacyjności i podsystemów transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości i transeuropejskiego systemu kolei konwencjonalnej są określone i ogłaszane przez Komisję Europejską. W tabeli 1 przedstawiono harmonogram wprowadzania TSI dla podsystemów kolei konwencjonalnej.

Tab 1. Harmonogram wprowadzania TSI dla kolei konwencjonalnych

Lp.	Podsystem	TSI	Numer dokumentu	Data wprowadzenia
1	Infrastruktura	INS	-	2010
2	Energia	ENE	-	2010
3	Sterowani i sygnalizacja	CCS	2008/386/EC	01.06.2008**
4	Hałas	NOI	2006/66/EC	23.06.2006
5	Wagony towarowe	WAG	2006/861/EC	31.01.2007
6	Wagony pasażerskie	COA	-	2010
7	Pojazdy trakcyjne	LOC	-	2010
8	Zarządzanie ruchem	OPE	2006/920/EC	11.02.2007
9	Aplikacje telematyczne dla przewozów towarowych	TAF	62/2006/EC	19.01.2006
10	Aplikacje telematyczne dla przewozów pasażerskich	TAP	-	2010
11	Dostępność dla osób z ograniczoną możliwością poruszania się	PRM*	2008/164/EC	01.07.2008
12	Bezpieczeństwo w tunelach kolejowych	SRT*	2008/163/EC	01.07.2008

* - dotyczy również kolei dużych prędkości

** - ostatnia modyfikacja

- **dokumenty normalizacyjne i karty UIC.** Konstrukcja, parametry techniczne i eksploatacyjne pojazdu muszą spełniać wymagania odpowiednich norm PN, BN ISO, IEC, CEN/CENELEC, kart UIC, zaleceń ERRI (ORE). Każdy pojazd musi przejść próby zgodnie z wymaganiami ujętymi w normie PN-EN 50215:2002(U) oraz warunkami technicznymi odbioru, jak również spełnić wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dn. 12 października 2005r. w sprawie zakresu badań koniecznych do uzyskania świadectw dopuszczenia do eksploatacji typów budowli i urządzeń przeznaczonych do prowadzenia ruchu kolejowego oraz typów pojazdów kolejowych (Dz. U. Nr 212, poz. 1772 z poz. zm.). Pojazd powinien spełniać warunki określone w wykazie krajowych specyfikacji technicznych i dokumentów normalizacyjnych, których zastosowanie umożliwi spełnienie zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności kolei.

6. PODSUMOWANIE

Przedstawione powyżej techniczno-ekonomiczne aspekty doboru pojazdów trakcyjnych, zwiernają jedynie pewien wycinek wymagań istotnych z punktu widzenia interoperacyjności kolei, umożliwiającej obsługę przewozów międzynarodowych bez konieczności dokonywania zmiany lokomotywy na stacjach granicznych leżących na trasie ważnych korytarzy transportowych.

Wybór pojazdu trakcyjnego do obsługi przewozów międzynarodowych z uwagi na jego dużą cenę wynikającą z zaawansowanej technologii produkcji i ilości wyposażenia musi być poprzedzony przygotowaniem szczegółowej specyfikacji technicznej. Przed przygotowaniem specyfikacji należy możliwie najbardziej dokładnie określić przeznaczenie

pojazdu, warunki eksploatacji, wymagania dot. wyposażenia oraz docelowy obszar realizacji przewozów.

Efektywność międzynarodowych przewozów towarowych determinowana jest głównie przez koszty operacyjne, uzależnione od planu pracy pojazdu trakcyjnego oraz jego parametrów technicznych.

Do głównej grupy kosztów operacyjnych zaliczają się:

- Koszty energii:
 - zdolność maksymalnego odzysku energii przy hamowaniu,
 - unikanie jazdy „stop i start”,
 - przeszkolenie maszynistów umożliwiające redukcje zużycia energii o 20% i kosztów operacyjnych o 4%,
 - bezpośredni pomiar energii z licznika lokomotywy.
- Koszty eksploatacji pojazdu trakcyjnego:
 - jednolity park pojazdów trakcyjnych,
 - redukcja kosztów utrzymania.

Jednym z warunków rentowności kolejowych przewozów w ruchu międzynarodowym jest realizacja pracy przewozowej w oparciu o lokomotywy wielosystemowe nowej generacji, umożliwiające prowadzenie pociągów w relacjach transportowych liczących ponad 1000 km.

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Mamon H., Kornau M., Häfner I.: *Optimale Fahrzeuge und ihre Instandhaltung im Schienengüterverkehr der Zukunft*. Eisenbahntechnische Rundschau 54 (2005), s. 272-283
- [2] Buscher M., Köck F., Trotsch P., Bikle U.: *TRAXX: Integrale Plattform zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Schienenverkehrs*. Eisenbahntechnische Rundschau 9/2006, s.554-564
- [3] Szkoda M.: *Koszt cyklu trwałości LCC jako model decyzyjny modernizacji pojazdów szynowych*. XVII Konferencja Naukowa Pojazdy Szynowe. s. 669-678.
- [4] Michnej M.: *Techniczne Specyfikacje Interoperacyjności Kolei*. Transport i Komunikacja 2/2006 s.8-14.
- [5] Tułeczki A.: *Modele decyzyjne w odnowie parku spalinowych pojazdów trakcyjnych*. Technika Transportu Szynowego 9/2005.
- [6] Tułeczki A.: *Ekonomiczno-techniczne aspekty odnowy parku spalinowych pojazdów trakcyjnych*. Czasopismo Techniczne Politechniki Krakowskiej z.3-M/2005.
- [7] Tułeczki A., Michnej M.: *Warunki techniczne modernizacji lokomotywy elektrycznej serii ET42 w zakresie zasilania dwusystemowego 3kV DC / 15kV 16,7Hz AC*. XIII Konferencja Naukowa SEMTRAK 2008, Zakopane 16-18.10.2008r. ss. 277-286.
- [8] Karta UIC 345: *Specyfikacje środowiskowe dla nowych pojazdów szynowych*. Wydanie 1, Czerwiec 2006.