

Ryszard Rusak

Pociągi z wychylnym nadwoziem w Europie



Pendolino czwartej generacji, produkcji Alstom, już wkrótce rozpocznie regularną komunikację w relacji Włochy – Szwajcaria w barwach spółki Cisalpino. ETR 610 001 podczas jazdy testowych na szlakach SBB w okolicy Silenen (10.07.2008 r.)

Fot. H-U. Oehninger

Koncepcja pociągów z wychylnym nadwoziem w łukach torowych powstała do wypełnienia luki rynkowej w segmencie szybkich połączeń kolejowych na liniach konwencjonalnych o dużej liczbie łuków. Mechanizm wprowadzania wychyłu nadwozia umożliwił zwiększenie prędkości pociągów w łukach nawet o 35%. Pociągi te są popularnie nazywane Pendolino – „Wahadetko” od włoskich konstrukcji, które osiągnęły największy sukces handlowy w stosunku do innych rozwiązań. W Europie eksploatowane są także pociągi z wychylnym nadwoziem innych producentów, ale zdecydowana większość z nich ma mechanizm przechyłu włoskiej konstrukcji.

Pociągi Talgo

Pomysł pociągu z wychylnym nadwoziem narodził się w latach 40. XX w. w Hiszpanii, gdzie firma Tren Articulado Ligero Goicoetscha (Talgo) rozpoczęła budowę lekkich wagonów z techniką przechyłu pudła, opartych na pojedynczych osiach (patent baskijskiego inżyniera José Luis Oriol). Prototyp swoją stylistyką nawiązywał do rakiety. W 1949 r. zakupiono w USA zbudowane w tej technologii lokomotywy spalinowe wraz z zestawami wagonów i pociągi te weszły do regularnej eksploatacji. Dalsze badania już w firmie Talgo pozwoliły na rozwinięcie kolejnych konstrukcji i pociągi tej konstrukcji dzisiaj eksploatowane są na trasach z Madrytu do Paryża i z Barcelony do Genewy. Na granicy francuskiej przejeżdżają przez torowe stanowiska przestawcze umożliwiające przejazd z toru o szerokości 1668 mm na tor szerokości 1435 mm.

Od 1995 r. nowe pociągi Talgo łączą Walencję z Montpellier we Francji. Pod koniec lat 70. XX w. pojawiła się kolejna generacja tych wagonów z pasywnym układem przechyłu pudła, znana jako Talgo Pendular. 25.04.1994 r. skład Talgo Pendular, pro-



Skład pociągu Talgo prowadzony lokomotywą 252-039 (Tudela, luty 2005 r.)

Fot. F. Aranda



Jedną z najnowszych konstrukcji to zespół trakcyjny Talga 350 na kolejach RENFE oznaczony serią 102 (Epila, wrzesień 2005 r.)

Fot. F. Aranda

wadzonej lokomotywą serii 252 na szlaku Mora – Urda, osiągnął rekordową prędkość 303 km/h. Od października do grudnia 1994 r. prowadzono również jazdy próbne na kolejach niemieckich na odcinku linii dużych prędkości Hanower – Getynga i osiągnięto prędkość 356 km/h. Rok później kolej DB zakupiła 112 wagonów tego typu do obsługi pociągów hotelowych. Dzisiaj

obok wielu relacji krajowych pociągi Talgo kursują również na międzynarodowych trasach: Lizbona – Madryt, Paryż – Madryt, Paryż – Barcelona, Mediolan i Zurych – Barcelona. Prace nad nowymi pociągami tego typu wciąż trwają i stopniowo wdrażane są do eksploatacji. Najnowsza konstrukcja, która jest już w regularnej eksploatacji, to Talgo 350 o napędzie elektrycznym.



Prototypowy zespół Pendolino serii 401 odkupiony przez Hiszpanów i oznaczony serią 443
Fot. F. Aranda



Prototypowy wagon silnikowy ALe 668 (Y0160), który zapoczątkował epokę pociągów typu Pendolino
Fot. Fiat Ferroviaria



Pierwszy seryjnie budowany pociąg z aktywnym mechanizmem przechyłu pudła ETR 450
Fot. Fiat Ferroviaria

Początki pociągów z przechylnym nadwoziem we Włoszech

Pomysł pociągu z wychylnym nadwoziem powrócił ponownie w latach 60. i 70. XX w., kiedy do eksploatacji weszły japońskie pociągi Shinkansen i francuskie TGV rozwijające prędkości ponad 250 km/h odnosząc ogromny sukces komercyjny. Ale pociągi te kursowały po specjalnie wybudowanych torowiskach o dużych promieniach łuków. Wówczas wiele wiodących firm budujących tabor kolejowy zastanawiało się nad wprowadzeniem mechanizmu przechyłu pudła, który pozwalałby na zwiększenie prędkości pociągów kursujących po liniach klasycznych. Wyzwanie to podjęły włoskie zakłady Fiat Ferroviaria (obecnie Alstom Ferroviaria), które w 1960 r. zbudowały prototypowy spalinowy wagon silnikowy ALe 668 (oznaczenie fabryczne Y0160). Po wielu latach testów, prób i analiz na jego bazie dopiero w 1974 r. wyprodukowano prototypowy czteroczłonowy elektryczny zespół trakcyjny oznaczony serią ETR 401. Pociąg miał wyłącznie miejsca w klasie 1 i rok później rozpoczęto nim regularną eksploatację po sieci kolei włoskich FS na trasie Rzym – Ancona. Pociąg swym wyglądem wzorowany był na długim „przegubowym” kadłubie samolotu, a jego stylistyka budziła kontrowersje. Później, po wycofaniu z eksploatacji, zespół ten odkupiły koleje hiszpańskie RENFE i oznaczyły serią 443. W 1985 r., bazując na tym samym projekcie, koleje włoskie FS zamówiły 15 pociągów z aktywnym układem przechyłu pudła. Były to 9-wagonowe zespoły oznaczone serią ETR 450. Miały moc 5400 kW i mogły rozwijać prędkość 250 km/h, a do regularnej eksploatacji weszły w 1988 r. Była to nowatorska konstrukcja, w której w porównaniu z pierwowzorem cylindry hydrauliczne sterujące mechanizmem przechyłu umieszczono pod podłogą wagonu. Na bazie ich wózków skonstruowano później bardzo podobne wózki do niemieckich spalinowych zespołów trakcyjnych serii 610.

W 1993 r. powołano spółkę Cisalpino, która zamówiła 9 nowych pociągów oznaczonych serią ETR 470 (seria ETR 460 była wtedy w fazie projektu). W konstrukcji wprowadzono wiele udoskonaleń, opracowanych na podstawie doświadczeń z eksploatacji wcześniejszych konstrukcji, między innymi napęd mechanizmu przechyłu zintegrowano z wózkiem. Zespoły otrzymały już nową, zmienioną stylistykę czoła pociągu i kadłubów pudła, która podkreśla ich elegancję i może się podobać, a jego projektantem był słynny włoski projektant Giorgetto Giugiaro. 29.09.1996 r. pierwsze dwie pary pociągów rozpoczęły obsługę trasy Mediolan – Zurych, a później Mediolan – Stuttgart. W 2002 r. koleje niemieckie (DB) cofnęły dla tych zespołów pozwolenie wjazdu na sieć DB (również i czeskie Pendolino nie uży-

skwały pozwolenia) i w relacji Mediolan – Stuttgart kursują obecnie składy klasyczne ze zmianą lokomotywy na granicy niemiecko-szwajcarskiej.

W latach 1995/1996 dla FS zbudowano 7 pojazdów serii ETR 460 wzorowanych stylistycznie na serii ETR 470, ale wyposażonych w „stary” hydrauliczny system przechyłu pudła pochodzący z seryjnych jednostek ETR 450. Były to 7-członowe zespoły o mocy 5880 kW i prędkości maksymalnej 250 km/h. W 1996 r. pojawiła się ich 9-wagonowa odmiana (zbudowano 3 jednostki oznaczone serią ETR 463) na zasilanie 3 kV/1,5 kV do obsługi relacji Mediolan – Lyon (FS/SNCF). W 1997 r. dla kolei FS dostarczono 15 zespołów serii ETR 480 o mocy 5580 kW i prędkości maksymalnej 250 km/h. Ta konstrukcja oraz pozostałe wersje eksportowe wzorowane były na święcącym wówczas wielkie sukcesy zespole trakcyjnym serii ETR 470. W 2006 r. przebudowano 5 zespołów na dodatkowe zasilanie 25 kV/50 Hz i oznaczono serią ETR 485. Kursują one obecnie po włoskiej linii dużych prędkości „Direttissima”.

Pociągi z wychylnym pudłem w Wielkiej Brytanii

Na początku lat 70. XX wieku w Wielkiej Brytanii narodziła się koncepcja pociągów dużych prędkości pod nazwą Advanced Passenger Train. Zakładała ona zbudowanie pociągów zdolnych poruszać się z prędkością do 150 mil/h (240 km/h). Głównym jej orędownikiem był dr Sydney Jons. W 1972 r. zbudowano prototypowy pociąg Advanced Passenger Train Experimental (APT-E), który wykonano jako zespół 4-wagonowy osadzony na wózkach Jacobsa. W wagonach silnikowych pierwotnie planowano zabudować silnik turbinowy z samolotu, ale ostatecznie napęd stanowiły 4 turbiny gazowe firmy Leyland, które napędzały prądnicę elektryczną przekazującą napęd na silniki trakcyjne. Piąta turbina zasilala urządzenia sterujące i pokładowe. Testy APT-E rozpoczęły się w 1972 r. i trwały przez kolejne 4 lata, po czym w 1976 r. zrezygnowano z prób z napędem turbinowym i pociąg przekazano do muzeum kolejnictwa w Yorku. W tym czasie zelektryfikowano całą magistralę z Londynu do Glasgow i w 1974 r. rozpoczęto prace konstrukcyjne nad nowym pociągiem pod nazwą Advanced Passenger Train Prototype (APT-P), ale już w wersji elektrycznej. APT-P zaprojektowano jako 14 członowy elektryczny zespół trakcyjny. Pudła wagonów silnikowych wykonano z lekkich stopów stalowych, zaś wagonów pasażerskich – z aluminium w celu obniżenia masy pociągu. Wagon silnikowy o mocy 2×3000 kW umieszczony był w środku składu i osadzony na indywidualnych wózkach dwuosiowych. Pozostałe po 6 wagonów na obu końcach osadzone było na wózkach Jacobsa. Wyposażenie elektryczne pochodziło ze szwedzkiej firmy ASEA. Pierwszy zespół przekazano w 1977 r., a kolejne dwa w 1979 r. Pociągi te ustanowiły kilka rekordów prędkości BR, w tym ostatni wynoszący 261 km/h. Pociągi te przez bardzo krótki czas eksploatowano na linii z Londynu do Glasgow długości około 650 km z czasem przejazdu około 4 godz. Wskutek licznych usterek pociągi te wycofano z eksploatacji.

Zespół trakcyjny serii ETR 470

Pociągi typu Pendolino serii ETR470 zostały zakupione przez szwajcarsko-włoską spółkę Cisapilino AG do komunikacji między Szwajcarią a Włochami i nieco później przez koleje włoskie FS. W zamyśle miały zastąpić kursujące po części tej trasy luksusowe czterosystemowe zespoły trakcyjne RAe Trans Europ Express



Niepełniona nadzieja BR: APT-E na stacji Stafford (lata 80. XX w.)

Fot. J. Ashley, ze zbiorów R. G. Lathama



Pociąg APT-E

Fot. J. Ashley, ze zbiorów R. G. Lathama



Brytyjski APT-E kursował na trasie z Londynu do Glasgow w latach 80. XX w. APT-P (370 003 + 370 004) mija stację Rugeley

Fot. J. Ashley, ze zbiorów R. G. Lathama

i wypełnić lukę braku prestiżowych połączeń na osi Włochy – Szwajcaria – Niemcy.

Pudła wagonów wykonano jako samonośne konstrukcje z metali lekkich. Szkielet pudła stanowi 18 profili aluminiowych wzmocnionych poprzecznkami i materiałami z tworzyw sztucznych. Pudła wagonów z kabinami sterowniczymi mają dodatkowe wzmocnienia w partii czołowej. Na czołownicy pod ostoną umieszczono odchylane do wewnątrz zderzaki i sprzęg klasyczny,



Do najbardziej prestiżowych pociągów na linii Św. Gotharda należą obecnie jednostki ETR 470 eksploatowane przez Cisalpino. Cis 156 relacji Milano C. – Stuttgart Hbf wyjeżdża z północnego portalu tunelu Św. Gotharda (Göschenen, 6.06.2004 r.)

Fot. R. Rusak



Od września tego roku zespoły trakcyjne spółki Cisalpino są modernizowane i otrzymują zmieniony wystrój wnętrza i nową kolorystykę. ETR 470 006 na stacji Mülenen (29.09.2008 r.)

Fot. H-U. Oehninger



Wersje eksportowe zespołów wzorowanych na włoskim ETR 470 mają pulpity maszynisty umieszczone centralnie. Pulpit zespołu ČD serii 680. Paradoksalnie na niewielkiej części szlaków ČD obowiązuje ruch lewostronny, a na pozostałych ruch prawostronny

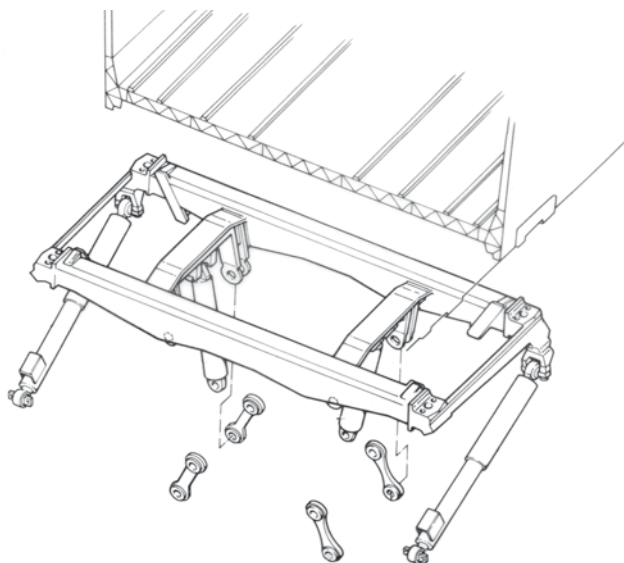
Fot. R. Rusak

umożliwiający np. na holowanie zespołu w przypadku awarii. Po otwarciu osłony na czołownicy systemy komputerowe automatycznie odłączają mechanizm przechyłu pudła.

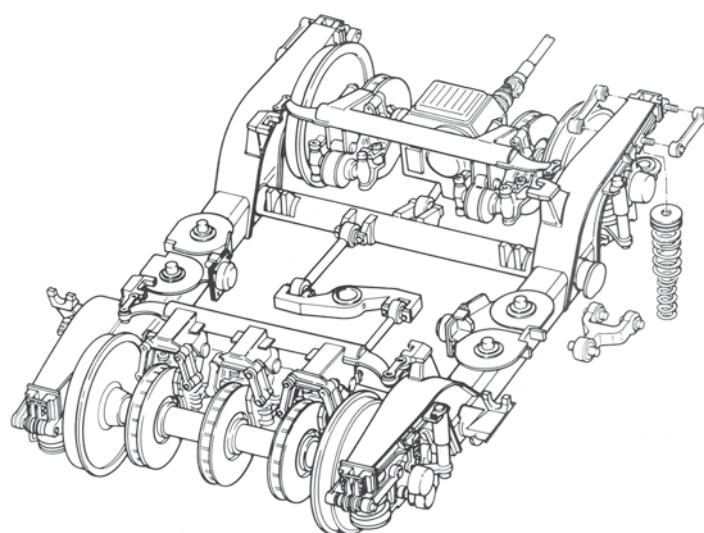
Rama wózka ze spawanych blach stalowych ma kształt litery H z dwoma poprzecznikami, które połączone są mechanicznym nastawiaczem radialnego prowadzenia osi (skręt bezwładnościowy). Osie osadzone na łożyskach tocznych i jedna oś jest napędna, a druga to oś toczna. Na osi napędnej umieszczona jest przekładnia zębata, która za pomocą wału kardana przenosi napęd z elektrycznego silnika trakcyjnego zawieszono pod pudłem wagonu. Ponadto zabudowano na niej dwie wentylowane tarcze hamulcowe. Na osi tocznej umieszczone są trzy takie tarcze. Każda tarcza hamowana jest obustronnie. Każdy wagon osadzony jest na dwóch takich wózkach oprócz obu wagonów RA i wagonu RB, które osadzone są na wózkach tocznych. Na ramie wózka z każdej strony w zagłębieniu między osiami na dwóch parach potrójnych sprężyn oparta jest kołyska. Ma ona dwa wsporniki, do których przytwierdzone są pneumatyczne siłowniki i amortyzatory tłumiące poprzeczne drgania wózka. Z kolei kołyska, z pomocą czterech łączników i dwóch siłowników hydraulicznych, połączona jest do ramowej podstawy, a ta z kolei za pomocą śrub do pudła wagonu. Z drugiej strony siłowniki hydrauliczne podparte są na ramie wózka i sterowane za pomocą serwa, a te z kolei sterowane za pomocą impulsów elektrycznych przekazywanych z urządzeń pokładowych. Urządzenie to umożliwia przechył pudła wagonu.

Każdy wózek wyposażony jest w instalację pneumatyczną, instalację napędu hydrauliki przechyłu, czujnik kąta przechyłu pudła, a wózki skrajne zespołu między innymi w magnesy systemów zrk DB, FS i SBB, żyroskopy, instalację smarowania osi. Ponadto ramowa podstawa za pomocą dwóch amortyzatorów hydraulicznych połączona jest z zewnętrzną ramą wózka. Amortyzatory te spełniają rolę nastawiacza powrotnego wózka, na którym osadzono pudło wagonu. Zespół wyposażony jest w 6 pantografów. Oba wagony sterownicze (BAC) mają na dachu po jednym pantografie do odbioru prądu z sieci trakcyjnej FS zasilanej prądem o napięciu 3 kV DC. Wagon nr 3 (RA) ma dwa pantografy półwkowe do odbioru prądu z sieci zasilanej napięciem 15 kV 16,7 Hz – podstawowy dla sieci DB (ślizgacz 1950 mm) i rezerwowo dla sieci SBB (ślizgacz 1450 mm). Wagon nr 6 (BAH) ma również dwa pantografy półwkowe, z tym, że podstawowym jest pantograf dla sieci SBB, a rezerwowo dla DB.

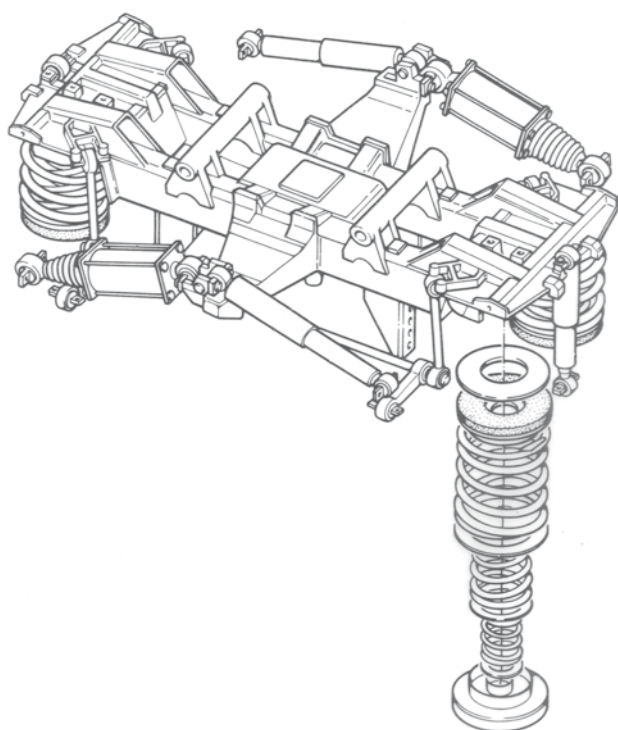
Koncepcja wyposażenia elektrycznego opiera się na konstrukcji modułowej i każde trzy wagony mają identyczne wyposażenie elektryczne oprócz wyposażenia na dachu. Układ ten nazywany jest „Triplette” (dosł. potrójny). Zasadniczo pod każdym z systemów zasilania zespół pobiera prąd tylko z jednego pantografu. Ponieważ pudło wagonu wychyla się na łukach, aby zapobiec „uciekaniu” pantografu spod sieci, jest on przymocowany do specjalnej nieruchomej ramy połączonej z ramą wózka, co powoduje zachowanie stałej pozycji panto-



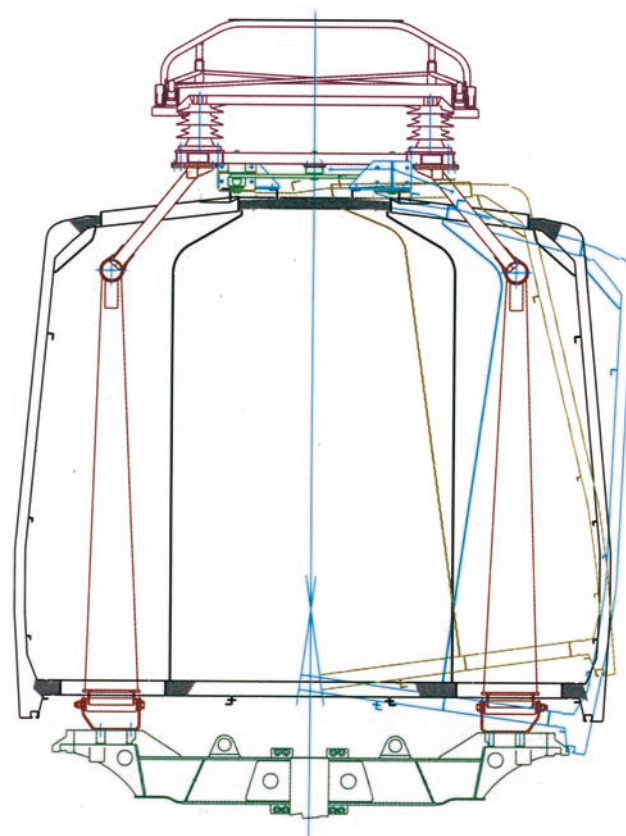
Elementy ramowej podstawy z siłownikami hydraulicznymi



Elementy konstrukcji ramy wózka



Elementy budowy kołyski



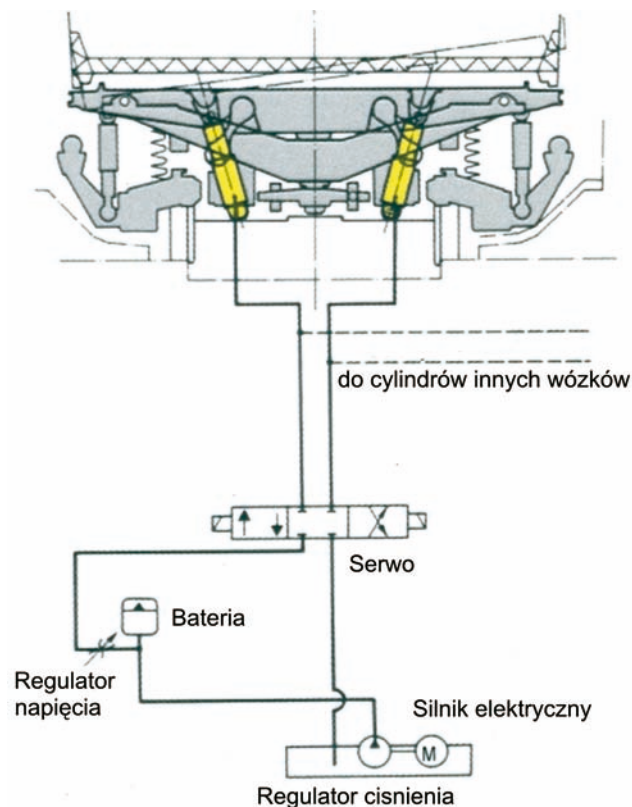
Schemat podparcia pantografu



Wózek ETR 470

Fot. Fiat Ferroviaria

grafu względem sieci trakcyjnej i nie ma wpływu na ruchy pudła. Wyjątkiem są rezerwowe pantografy SBB i DB, które są przymocowane bezpośrednio do dachu wagonu. W przypadku, gdy któryś z nich zostanie podniesiony, układy sterujące wyciągają automatycznie układy przechyłu całego pociągu. Układy elektroniczne oparto na technice tyrystorowej GTO. Ze względu na liczbę przekazywanych informacji i bezpieczeństwo, cały zespół wyposażono w dwie szyny zbiorcze, które przekazują informacje do ośrodka centralnego na pulpicie maszynisty. Każdy wagon ma indywidualne urządzenie diagnostyczne nadzorujące i kontrolujące pracę poszczególnych mechanizmów i układów elektronicznych. Urzą-



Schemat napędu układu przechyłu pudła wagonu

Tabela 1

Konfiguracja zespołu trakcyjnego ETR470

Rodzaj wagonu	Układ osi	Seria	Typ wagonu	Uwagi
Wagon rozrządzący z kabiną maszynisty	(1A)'(A1)'	470.00	BAC	50 miejsc 1. klasy
Wagon rozrządzący	(1A)'(A1)'	470.2	BB	54 miejsca 1. klasy
Wagon rozrządzący z transformatorem	2'2'	470.5	RA	47 miejsc 1. klasy
Wagon rozrządzący z transformatorem	2'2'	470.4	RB	Wagon restauracyjny 29 miejsc
Wagon rozrządzący	(1A)'(A1)'	470.25	BB	69 miejsc 2. klasy
Wagon rozrządzący	(1A)'(A1)'	470.1	BAH	56 miejsc 2. klasy
Wagon rozrządzący z transformatorem	2'2'	470.3	RA	67 miejsc 2. klasy
Wagon rozrządzący	(1A)'(A1)'	470.25	BB	69 miejsc 2. klasy
Wagon rozrządzący z kabiną maszynisty	(1A)'(A1)'	470.05	BAC	63 miejsca 2. klasy

Tabela 2

Dane techniczne ETR 470

Napięcie zasilania	FS	[kV DC]	3
	SBB/DB	[kV/Hz]	15/16,7
Prędkość maksymalna		[km/h]	200
Moc ciągnąca przy prędkości ponad 110 km/h		[kW]	5880
Siła pociągowa	przy prędkości do 80 km/h	[kN]	260
	przy prędkości 200 km/h	[kN]	105
Siła hamowania na koło		[kN]	170
Przełożenie przekładni			2,864:1
Długość wagonu sterowniczego		[m]	27,6
Długość wagonu środkowego		[m]	25,9
Długość pociągu		[m]	236,6
Rozstaw osi wózka		[mm]	2700
Rozstaw wózków		[mm]	19 000
Masa służbowa		[t]	503
Największy nacisk na oś		[t]	14,2

dzenia klimatyzacji, systemy przechyłu pudła, sprężarki, wentylatory przekształtników, przetwornice ładowania baterii i wyposażenie wagonu restauracyjnego zasilane są napięciem 380 V AC. Część urządzeń zasilana jest napięciem stałym 24 V z baterii akumulatorów. W kabinie maszynisty pulpit umieszczony jest po stronie lewej, co odpowiada standardowi na kolejach FS i SBB. Do poruszania się po sieci DB pulpit został nieznacznie przebudowany. Pociągi budowane później dla innych kolei, jak np. czeski pociąg serii 680 mają pulpity umieszczone centralnie. W części pasażerskiej siedzenia umieszczone są w układzie 2+1 w klasie 1 i w układzie 2+2 w klasie 2. Niektóre wersje eksportowe miały siedzenia w układzie 2+1 w obu klasach.

Pociągi serii 610, 611 i 612 w Niemczech

Ciągła konkurencja ze strony samochodu zmusiła koleje niemieckie (DB) do konstrukcji coraz szybszych i wygodniejszych pojazdów. Obecnie wiele szlaków przystosowanych jest do prędkości od 160 do 230 km/h, a nowo budowane linie – do 300 km/h. Jednak pozostał nadal problem zwiększenia prędkości szlakowych na istniejących liniach magistralnych przebiegających przez tereny góryste lub zakolami rzek. Małe promienie łuków i duża różnica pokonywanych wysokości ograniczają prędkość nierzadko do 80–100 km/h. Problemowi temu próbowano zaradzić już w latach 20. XX w. na kolei Deutsche Reichsbahn, poprzez elektryfikację niektórych linii, jak i wprowadzenie elektrowozów lokomotyw elektrycznych serii E18 o dużej mocy rozwijających prędkość do 150 km/h. Mimo to nadal na ostrych łukach prędkość musiała być odpowiednio ograniczona.

Myślano wówczas o skonstruowaniu pociągu, który mógłby się poruszać po takich liniach z większą prędkością.

Pierwsze testy konstrukcji zespołu trakcyjnego z wychylnym nadwoziem przeprowadzono w Niemczech już latach 60. Prototyp spalinowego zespołu serii 624 z pneumatycznym mechanizmem przechyłu po raz pierwszy zaprezentowano w 1965 r. podczas Międzynarodowych Targów Transportowych w Monachium. Prace studialne zakończono w 1971 r. opracowaniem mechanizmu z siłownikami hydraulicznymi. Jednak w 1975 r. koleje DB wstrzymały dalsze prace.

Powrót do koncepcji pociągów z wychylnym nadwoziem nastąpił dopiero w latach 90. XX w., kiedy sukces odniósł włoskie pociągi ETR. Pierwszy taki pociąg w Niemczech uruchomiono w 1992 r. w Bawarii. Był nim 2-wagonowy spalinowy zespół trakcyjny serii 610, zwany potocznie Pendolino, który na krętych trasach osiągał prędkości do 160 km/h – nawet na łukach. Następną generacją była seria 611, której technika przechyłu bazuje na systemie opracowanym przez AEG pod nazwą NeigeTechnik (*NeiTech*). Ogółem skonstruowano trzy typy pojazdów oznaczonych serią: 610, 611 i 612, które przeznaczone były jako uzupełnienie obsługi tras pociągów dalekobieżnych. Podróżny po odbyciu jazdy szybkim pociągiem ICE bądź Inter City miał się przesiąść na stacjach węzłowych na szybki pociąg regionalny, którego prędkość handlowa była tylko niewiele mniejsza, bo wahająca się w granicach 90–100 km/h. Zespoły serii 611 i 612 kursują obecnie w różnych relacjach zarówno na linach magistralnych, jak i lokalnych, a przez jakiś czas zastępowały wycofane z eksploatacji pociągi ICE-TD na prestiżowej trasie z Drezna do Norymbergi.

Pociągi ICE-T kolei DB

W latach lat 90. XX w. w Niemczech narodził się pomysł wprowadzenia do eksploatacji pociągów wzorowanych na ICE, które mogłyby kursować ze zwiększoną prędkością również po liniach konwencjonalnych. Bodźcem do budowy nowych pociągów miała być też organizowana w Niemczech w 2000 r. ogólnoświatowa wystawa EXPO'2000. Wzorem miały tu być włoskie pociągi Pendolino serii ETR 460 i ETR 470. Zamierzano w nich wykorzystać mechanizm przechyłu pułta, który zwiększał prędkość do 30% w porównaniu z zespołami klasycznymi. Pierwsze prace nad konstrukcją takich pociągów podjęto już w 1994 r. Powołano wtedy zespół konstruktorów, który opracował dwa projekty pociągów: pierwszego z napędem elektrycznym pod roboczą nazwą ICT-ET (*Inter City Tilting – Elektrisches Triebwagen*) oraz z napędem spalinowym o nazwie roboczej ECT-VT (*Euro City Tilting – Verbrennungs Triebwagen*). W grudniu tego samego roku powołano konsorcjum, utworzone z niemieckich firm: Siemens i Düwag oraz Alstom Ferroviaria, które miały zbudować nowe pociągi. Tym samym dostawcy zaczęli realizować nową modułową koncepcję DB budowy podstawowych wersji wagonów, które pozwoliłyby na zestawienie składu 5- lub 7-wagonowego. Tak powstał pociąg ICE-T oznaczony serią 411, który składał się z dwóch wagonów sterowniczych z pantografami na dachu (jeden klasy 1, a drugi klasy 2) umieszczonych na obu końcach, dwóch wagonów rozrządnych, dwóch wagonów silnikowych i jednego wagonu środkowego (doczepny). Taką konfigurację oznaczono schematycznie T1+SR1+FM1+M+FM+SR+T. W specyfikacji tej symbole miały następujące znaczenie:

- T – wagon sterowniczy lub wagon z transformatorem z zabudowanym układem sterowania rozrządem, układem powietrznym (sprężarki), zasilania obwodów pomocniczych i obwodów instalacji elektrycznej wewnątrz pociągu,
- SR1 – wagony środkowe (1. lub 2. klasy) z silnikami trakcyjnymi,
- SR – wagon bezprzedziałowy (tzw. *Großraumwagen*) wyposażony w aparaturę pomocniczą sterowania obwodów zasilana (m.in. falowniki itp.),
- FM1 – wagon silnikowy,
- FM – wagon silnikowy z przedziałem dla obsługi pociągu,
- FM-R – wagon silnikowy z przedziałem restauracyjnym,
- M – wagon środkowy (doczepny).

Powstała również jego wersja 5-wagonowa, oznaczona również ICE-T, ale jako seria 415. Taki pociąg zestawiono w formacji T1+SR1+M+SR-B+T, gdzie w wagonie SR-B zabudowano przedział bistro, przedział rodzinny, telefon i terminal informacyjny.

Moc zespołu serii 411 wynosi 4000 kW, a zespołu serii 415 – 4000 kW. Ponieważ pociągi miały jeździć po liniach konwencjonalnych, przewidziano zastosowanie hamulców wiroprądowych. Podczas prób okazało się, że hamulce te powodują uszkodzenia urządzeń zrk i dodatkowo niebezpiecznie rozgrzewają szyny. W związku z tym przebudowano układy hamulcowe poprzez zabudowanie hamulca magnetycznego oraz pneumatycznego hamulca tarczowego hamującego dwie tarcze na każdej osi. Ten system hamowania zapewnia bezpieczne zatrzymanie pociągu z prędkości 230 km/h. Łącznie zbudowano 43 pociągi: 11 jako seria 415 (5-członowa), z czego 5 wyposażono w tzw. pakiet SBB (pantograf i urządzenia ABP) umożliwiające ich poruszanie się po sieci kolei szwajcarskich. Pozostałe 32 zespoły dostarczono w wersji 7-członowej. Zakłady Bombardiera w Görlitz zbudowały łącznie



Niemiecki dwuczłonowy spalinowy zespół trakcyjny 611 015 na stacji Ulm (14.03.2007 r.)
Fot. M. Knappe



Niemiecki zespół serii 612. Pojazd 612 637 (29.08.2006 r.)
Fot. M. Knappe



Niemiecki pociąg ICE-T serii 411
Fot. R. Këis

138 wagonów w wersjach: sterowniczych (T/T1) i doczepnych (M/MF), a zakłady Düwag Krefeld pozostałe 141 wagonów w wersjach: doczepny 1. i 2. klasy (SR/SR1), restauracyjny (FM-R) i bistro (SR-B). Wyposażenie elektryczne dostarczyły zakłady Siemens, a urządzenia przechyłu i wózki Alstom. Pierwsza publiczna prezentacja zespołu serii 415 miała miejsce 15.04.1999 r. w Stuttgarcie. Od zmiany rozkładu jazdy 30.05.1999 r. pociągi te wprowadzono do obsługi relacji Stuttgart – Zurich. Nieco wcze-



Po lewej zespół ICE-T 411 058, po prawej 415 002. Oba niemieckie pociągi ICE-T są identyczne, z tym, że seria 411 liczy siedem wagonów, a seria 415 – pięć wagonów (Frankfurt am Main Süd, 22.04.2007 r.) *Fot. R. Këis*

śniej, bo od grudnia 1998 r., na trasie Berlin Ostbahnhof – Magdeburg – Düsseldorf rozpoczęły kursowanie zespoły serii 411. Jednak dopiero od 30.01.2000 r. zaczęły one zastępować klasyczne pociągi IC na liniach Berlin – Leipzig/Halle – Norymberga – Monachium, a większość innych relacji IC przejęły od 28.06.2000 r., kiedy otwarto również wystawę EXPO'2000. W 2003 r. koleje DB zamówiły drugą partię pociągów serii 411 opiewająca na 28 zespołów (ICE-T2) z ulepszoną techniką sterowania przechyłem, sterowania pokładowego itp. Zakup tej wersji pociągu w 2004 r. rozważyły koleje czeskie ČD do obsługi linii Berlin – Praga. Jednakże wymagałyby to zabudowy zasilania na system 3 kV DC. Ostatecznie ČD zdecydowały się na zakup jednostek serii 680 opartych na konstrukcji włoskiego ETR 470.

Pociągi ICE-TD kolei DB

Wszystkie do tej pory budowane pociągi typu ICE eksploatowano wyłącznie na liniach zelektryfikowanych. W dalszym ciągu jednak wiele linii, po których kursują pociągi EC i IC, jak choćby magistrała Drezno – Norymberga, do dziś nie ma trakcji elektrycznej. Chętnych do podróży takimi supernowoczesnymi pociągami było jednak wielu pasażerów. Tym bardziej, że koleje niemieckie już przed II wojną światową miały bogate tradycje w tej dziedzinie poprzez eksploatację spalinowych zespołów trakcyjnych typu SVT. W związku z tym kierownictwo DB zleciło konsorcjum Siemens/Bombardier budowę spalinowych zespołów trakcyjnych – również z mechanizmem przechyłu pudła opartych na konstrukcji

pociągu ICE-T. Projekt zakładał, że 4-wagonowy pociąg powinien pracować w trakcji wielokrotnej do 3 zespołów i osiągać prędkość maksymalną 200 km/h. W latach 1998–2000 konsorcjum Siemens/Bombardier dostarczyło 20 takich pociągów oznaczonych na DB serią 605. Miały one długość 107 m, masę służbową 232 t.

Zespół składał się z dwóch wagonów sterowniczych oznaczonych serią 605.5 (klasa 1. z układem siedzeń 1+2) i 605.0 (klasa 2. z układem siedzeń 2+2). Ten ostatni mógł mieć skrócony przedział pasażerski i w tym miejscu przewidziano przedział bagażowy na rowery (maks. 10 rowerów). Dwa pozostałe wagony środkowe oznaczonych serią 605.1 (klasa 2. z układem siedzeń 2+2 oraz miały przedział dla matki z dzieckiem) i 605.2. (klasa 2. z układem siedzeń 2+2 oraz miały przedział dla personelu obsługi). Łącznie do dyspozycji było 196 miejsc do siedzenia. Wagon sterownicze nie miały WC, które umieszczone były w wagonach środkowych. W wagonach sterowniczych dodatkowo znajdowały się pomieszczenia urządzeń sterujących mechanizmem przechyłu. Pod podłogą każdego z wagonów znajdował się silnik spalinowy Cummins-Diesel o mocy 425 kW (razem 1700 kW), zintegrowany z prądnicą, stanowiące konstrukcyjną całość odpowiednio wytłumioną. Pod każdym wagonem osadzony był również zbiornik paliwa o pojemności 1000 l.

Zawieszenie wózków było dwustopniowe: pierwszy stopień stanowiły sprężyny cylindryczne, a drugi poduszki powietrzne. Pociąg wyposażono w systemy zrk: LZB 80/16, PZB, ZUB 262, Integra-Signum, Eurobalise (ECTS) oraz GNT (dla mechanizmu przechyłu). Wszystkie wagony wyposażono w hamulec elektrodynamiczny oporowy i pneumatyczny, a środkowe dodatkowo w magnetyczny hamulec szynowy. W pociągu zastosowano całkiem inną konstrukcję mechanizmu przechyłu pudła opracowaną przez firmę Siemens, a nie tak jak w ICE-T pochodzącą z firmy Fiat. Pudło wagonu oparto na nieruchomej kołyszce, a tę na wózku. Na wózku z kolei zamontowano dwa silniki i przetworniki elektromechaniczne, które uruchamiały – zawsze razem – przechył pudła w jedną lub w drugą stronę. Na wózku dodatkowo znajdowały się po dwa wrzeciona z każdej strony, które łączyły pudło z kołyską i zapewniały stabilność mechanizmu podczas przechyłu pudła. Sterowanie mechanizmem odbywało się automatycznie poprzez komputer, który otrzymywał sygnały od czujników i odpowiednie parametry przesyłał do silników i przetworników. Mechanizm ten z powodzeniem stosowany był na dwuczłonowych spalinowych zespołach trakcyjnych serii 610, jednak całkowicie się nie sprawdził na jednostkach serii 605, w których od samego początku występowały usterki. Już podczas jazd testowych na torze doświadczalnym Siemens w Wegberg Wildenrath nie zachowywały się one poprawnie i eksperci DB orzekli, że pociąg powyżej prędkości 160 km/h podczas przejazdu przez łuki nie zachowuje się zgodnie z założeniem. W styczniu 2000 r., podczas jazd próbnych tych jednostek na trasie dużych prędkości Hanower – Getynga, osiągnięto prędkość maksymalną 222 km/h. Po pierwszej prezentacji w połowie 1999 r. podczas jazd próbnych pojawiły się najpierw problemy z hamulcami. Od nadmiernego rozgrzewania zaczęły pękać tarcze hamulcowe, co również groziło pożarem, bo pod podłogą umieszczone były zbiorniki paliwa. Z tym sobie poradzono i rok później od 10.06.2001 r. jednostki ICE-TD wprowadzono do obsługi pociągów IC na trasie Drezno – Norymberga. Od razu zaczęły się problemy z mechanizmem przechyłu, co w efekcie spowodowało jego wyłączenie. Z uruchomionych w tym



Zespół trakcyjny ICE-TD na stacji München Hbf

Fot. M. Knappe

Dane techniczne zespołów ICE-T i ICE-TD

Seria	411 i 411.5	415	605
Producent	Bombardier/Siemens/Alstom	Bombardier/Siemens/Alstom	Siemens/Bombardier
Zarząd kolejowy	DB	DB	DB
Liczba jednostek	32 + 28	11	20
Oznaczenie jednostek	411 001–032, 051–078	415 001–006, 080–084	605 001–020
Lata produkcji	1997–1999 (411); 2004–2006 (411.5)	1998–2000	1998–2000
Zasilanie	15 kV 16,7 Hz	15 kV 16,7 Hz	
Układ osi	2'2' + (1A)'(A1)' + (1A)'(A1)' + 2'2' + + (1A)'(A1)' + (1A)'(A1)' + 2'2'	2'2' + (1A)'(A1)' + (1A)'(A1)' + + (1A)'(A1)' + 2'2'	2'Bo' + Bo'2 + 2'Bo' + Bo'2
Mechanizm przechyłu pudła	Alstom, hydrauliczny	Alstom, hydrauliczny	Siemens/SGP, elektryczny
Kąt przechyłu	[°] 8	8	8
Średnica kół	[mm] 890	890	860
Długość całkowita	[mm] 185 300/184 400	132 600	106 700
Nacisk na oś	[t] 16,8	16,8	14,5
Moc elektrycznych silników trakcyjnych	[kW] 8 × 515	6 × 515	8 × 250
Typ i moc silnika spalinowego	[kW]		Cummins QSK 19-R, 4 × 560
Moc jednostki	[kW] 4000	3000	1700
Prędkość maksymalna	[km/h] 230	230	200
Rodzaje hamulców	tarczowy, magnetyczny, szynowy elektrodynamiczny, odzyskowy i oporowy	tarczowy, magnetyczny, szynowy elektrodynamiczny i oporowy	tarczowy, magnetyczny, szynowy elektrodynamiczny, odzyskowy i oporowy
Liczba miejsc pasażerskich (1. kl./2. kl./rest.)	53/304/24	41/209/0	41/154/0
Stacjonowanie	München Süd	Frankfurt Greisheim	(München Süd/Hof)
Uwagi			Kilka zespołów kursuje na trasach Niemcy – Dania

czasie łącznie 1802 par pociągów tylko 88% kursowało punktualnie. Producent kwalifikując to jako usterki „wieku dziecięcego” wymienił oprogramowanie, ale niewiele to pomogło. 2.12.2002 r. na dawnej stacji granicznej DR/DB Hof doszło do poważnego wykołowania pociągu ICE-TD. Federalny Urząd Kolejowy (EBA) orzekł, że przyczyną była jazda z włączonym mechanizmem przechyłu, który niewłaściwie analizując dane spowodował nadmierny przechył, przez co siły nacisku spowodowały pęknięcie jednego z kół przekładni zębataj koła napędowego mającego zbyt małą tolerancję wymiarową. W efekcie jednostka nie nadawała się do odbudowy i została skasowana, a pozostałe zespoły tej serii wycofano z ruchu i odstawiono do rezerwy na różnych stacjach DB. 12.11.2003 r. EBA ponownie dopuścił je do ruchu, ale wykorzystywane były okazjonalnie. Kilkakrotnie już podejmowano próby ich wprowadzenia do regularnego ruchu, jednak sprawa się przeciągała i miano je nawet sprzedać do Austrii. Ostatecznie jednak od grudniowej zmiany rozkładu jazdy 2007/2008 kilka zespołów reaktywowano do obsługi pociągów w relacji Niemcy – Dania.

Brytyjski zespół trakcyjny serii 390

Projekt pociągu został opracowany przez firmę Alstom i wykonany we współpracy ze szwajcarską firmą Alusuisse. Zespół trakcyjny składa się z 9 wagonów i jest przystosowany do kursowania po liniach zelektryfikowanych napięciem 25 kV/50 Hz AC i zestawiony w konfiguracji S+S+D+S+D+S+D+S+S. Elementy szkieletu i wyposażenia produkowano w różnych krajach, a ostateczny montaż końcowy odbywał się w brytyjskich zakładach Alstom w Birmingham. Ściany czołowe wagonów sterowniczych oraz ściany skrajne wagonów środkowych mają strefy zgniotu zdolne pochłoniąć odpowiednio 3 MJ i 2 MJ energii. Długość pudła każdego wagonu wynosi 23 m. Dodatkowo pudła mają izolację akustyczną i ciśnieniową (do zminimalizowania dla pasażerów skutków przejazdu przez tunele). W wagonach doczepnych nr 3

i nr 7 znajdują się transformatory, a na dachu po jednym pantografie połówkowym. Jeden transformator przypada na trzy wagony silnikowe. Prąd po przejściu przez transformator i prostownik (1 kV DC) przechodzi przez dławiki (choppery) i dopływa do przekształtników głównych typu ONIX 800 opartych o tranzystory IGBT. Tam jest przekształcany w prąd trójfazowy i kierowany do asynchronicznych silników trakcyjnych o mocy po 425 kW każdy. Silniki trakcyjne umieszczone są, tak jak w ETR 470, pod pudłem wagonu i poprzez wał kardana oraz przekładnię zębatą przekazują moment obrotowy na jedną oś wózka. Przekształtniki pomocnicze dostarczają prąd jednofazowy o napięciu 400 V AC oraz prąd 100 V DC, używany do zasilania elektrycznego mechanizmu przechyłu pudła i ładowania akumulatorów. Pociągi są wyposażone w system sygnalizacji kabinowej TCS (*Train Control System*).



Fot. 19. Zespół 390 039 „Virgin Quest” w pełnym biegu podczas przejazdu przez stację Millmeece (17.04.2007 r.)

Fot. A. Appleton

Zespół ma trzy typy hamulców: elektrodynamiczny (oporowy i odzyskowy) oraz tarczowy.

Mechanizm przechyłu pudła jest rozwinięciem wózków stosowanych w szwajcarskich zespołach ICN 2000. Jest to samostabilizujący system elektryczny typu SIG-Alstom. Pudło wagonu spoczywa na kotyśce opartej na wózku, zaś między kotyśką i wózkiem znajdują się metalowe rolki. Podczas przejazdu pociągu przez zakręty następuje przesuwanie się kotyśki (i pudła) na metalowych rolkach. Stopień przechyłu pudła (tj. przesuwanie się kotyśki po rolkach) jest regulowany silnikiem elektrycznym na wózku i połączonym z kotyśką poprzez wałek śrubowy. Maksymalny kąt przechyłu wynosi 8° i pozwala na zminimalizowanie do 80% skutków siły dośrodkowej. Podobny mechanizm elektryczny jest zamontowany między pantografem i dachem wagonu, przy czym działa on w przeciwnym kierunku w stosunku do kierunku przechyłu pudła. Mechanizm elektryczny działa z prędkością do 4° na sekundę oraz powyżej prędkości 50 km/h.

W związku z nieco odmienną – węższą skrajnią brytyjską – linie, po których kursują te pociągi wyposażono w system TASS (*Tilt Authorisation & Speed Supervision*). Zbiera on informacje z czujników zamontowanych wzdłuż torów o przebiegu szlaku do 5 km przed jadącym pociągiem. Dane są analizowane przez komputer, który tak steruje mechanizmem przechyłu, że w przypadku obecności większych przeszkód na łukach zmniejsza prędkość pociągu lub maksymalny kąt przechyłu pudła. W przypadku, gdy system TASS nie jest w stanie odczytać sygnałów wysyłanych przez czujniki naziemne, mechanizm przechyłu pudła jest blokowany do momentu, gdy odczytywanie sygnałów stanie się możliwe. Ostatecznie system przechyłu zaprogramowano w taki sposób, że podczas przejazdu przez łuki o bardzo małych promieniach, na których zachodziłaby obawa uszkodzenia pociągu czy zderzenia się z przeszkodą – mechanizm przechyłu jest wyłączone. Producent systemu przechyłu (Alstom) nie zanotował poważniejszej awarii w opisanej wyższej sytuacji w czasie przebiegu 75 mln km swych pociągów. Pociągi Pendolino między Londynem i Manchesterem rozpoczęły regularne kursy w styczniu 2003 r. W grud-

niu tego samego roku, na magistrali WCML, osiągnięto prędkość maksymalną 200 km/h. W październiku 2004 r. dostarczono ostatni zamówiony pociąg. Prędkość 200 km/h dla Pendolino zdecydowano się dopuścić po dwóch miesiącach kursowania, zaś 225 km/h – po zamontowaniu systemu ATP i ETCS 2.

We wrześniu 2006 r. brytyjskie pociągi Pendolino ustanowiły rekord prędkości na dystansie 401 mil (642 km) na magistrali WCML między Londynem i szkockim miastem Glasgow. Odległość dzieląca oba miasta została pokonana w czasie 3 godz. 55 min, co daje średnią prędkość 164 km/h.

Pociągi z wychylnym nadwoziem w innych krajach

Po wprowadzeniu do eksploatacji włoskich zespołów ETR 450 wiele zarządów kolejowych zafascynowanych ich możliwościami zaczęło upatrywać w nich szansę relatywnie „taniego” środka umożliwiającego zwiększenie prędkości pociągów. Nie bez znaczenia były udane doświadczenia kolei szwedzkich z elektrycznymi zespołami trakcyjnymi X2000 o prędkości maksymalnej 200 km/h.

W 1994 r. koleje fińskie VR zakupiły 18 pojazdów wzorowanych na włoskim ETR 470, zwanych tam „Pendo” lub „Sämpylajuna”, ale w wersji 6-członowej na tor szerokości 1524 mm. W związku z tym musiano nieco przeprojektować wózki. Do 2001 r. dostarczono 10 zespołów, a kolejnych 8 do 2004 r. Oznaczone są jako seria Sm3, mają moc 4000 kW i osiągają prędkość maksymalną 200/220 km/h.

W 1998 r. koleje norweskie zamówiły 16 pociągów wyposażonych w technikę przechyłu pudła wzorowanych na szwedzkim pociągu X2000. W konstrukcji wprowadzono wiele zmian, a główną był brak głowicy napędowej. Pociąg wykonano jako czteroczłonowy elektryczny zespół trakcyjny w konfiguracji BM+ +BFR+BMU+BFM (Bo'2'+2'2'+2'Bo'+2'Bo') i oznaczono serią BM 73. Napęd stanowi 6 silników trakcyjnych o łącznej mocy 1950 kW. Pociąg rozwija prędkość maksymalną 210 km/h i popularnie nazywany jest „Krengetog” (pociąg wychylny). Jednostka dysponuje 54 miejscami w klasie 1., 151 miejscami w klasie 2., przedziałem barowym, przedziałem dla osób niepełnosprawnych oraz przedziałem dla dzieci (gdzie mogą się one bawić). Pierwsze pociągi BM 73 od 1.11.1999 r. rozpoczęły obsługiwać trasę Oslo – Kristiansand, a następnie trasy do Trondheim i Bergen (2000). W 2002 r. zamówiono kolejnych 6 zespołów oznaczonych serią BM 73B, ale z nieco zmodyfikowanym wnętrzem – dysponują 30 miejscami w klasie 1. i 213 miejscami w klasie 2. Pociągi te są również czteroczłonowe, jednak mają odmienne czerwono-srebrne malowanie, w odróżnieniu od niebiesko-srebrnego malowania zespołów BM 73.

W 1999 r. dla hiszpańskiego przewoźnika „Alaris” zakupiono pociągi IC2000 (10 pojazdów – seria 490 RENFE) w wersji trójczłonowej, do obsługi linii Madryt – Valencia na zasilanie 3 kV DC. Pociągi te w latach 2007/2008 były przebudowane na zasilanie dwusystemowe (dodatkowa zabudowa urządzeń na zasilanie 25 kV 50 Hz). Poza tym w 2004 r. RENFE zakupiło 20 takich samych jednostek, ale w wersji 4-członowej bez systemu przechyłu pudła i na napięcie 25 kV 50 Hz. Oznaczono je serią S-104.

Obecnie realizowane jest zamówienie na dostawę 13 pojazdów, oznaczonych serią S-114, również bez systemu przechyłu pudła, wzorowanych na najnowszym pociągu serii ETR 610. 18.10.2008 r. pierwszy pociąg S-114 rozpoczął jazdy testowe.

Tabela 4

Charakterystyka techniczna jednostek serii 390 (Pendolino Britannico)

Napięcie zasilania	25 kV 50 Hz
Zestawienie pociągu*	S+S+D+S+D+S+D+S+S
Liczba osi napędnych (liczba silników trakcyjnych)	12
Długość catkowiata	[m] 193,0 (zespół 8-wagonowy) [m] 216,9 (zespół 9-wagonowy)
Szerokość	[mm] 2730
Masa pociągu	[t] 459,7
Nacisk na oś	[t] 13,9
Liczba miejsc	441
Moc	[kW] 5100
Przyspieszenie (0-100 km/h)	[m/s ²] 0,368
Maksymalna siła pociągowa	[kN] 204
Silniki trakcyjne	asynchroniczne trójfazowe
Moc pojedynczego silnika trakcyjnego	[kW] 425
Sprzęg	samoczynny typu Dellner 12
Prędkość maksymalna	[km/h] 200
Rodzaj mechanizmu przechyłu, kąt przechyłu	SIG-Alstom, elektryczny, 8°
Zamontowane systemy zabezpieczenia ruchu	AWS, TPWS, TASS

*S = (1A)'(A1)', D = 2'2'

Również w 1999 r. koleje portugalskie Caminhos de Ferro Portugueses (CP) zakupiły 10 zespołów Pendolino w wersji 6-członowej wzorowanej na włoskim ETR 460. I tu wózki musiały zostać przystosowane do większej szerokości torów (1667 mm). Eksploatowane są po nazwę Alfa Pendular i obsługują między innymi połączenia między miastami Braga, Porto, Aveiro, Coimbra, Santarém, Lizbona, Albufeira i Faro z prędkością maksymalną 220 km/h. Wszystkie zespoły zostały wyprodukowane przez Alstom w portugalskiej fabryce Amadora.

W 2000 r. koleje Słowenii (SŽ) zakupiły 3 pojazdy w wersji trójczłonowej. Oznaczone są serią 310, mają moc 2000 kW i rozwijają prędkość maksymalną 200 km/h. Pociągi eksploatowane są pod szyldem InterCitySlovenija i łączą główne miasta Słowenii: Ljubljana, Zidani Most, Celje, Maribor oraz Koper (tylko w wakacje). Jedna para pociągów dziennie relacji Maribor – Ljubljana wydłużana jest jako pociąg międzynarodowy do Wenecji przez Monfalcone i Triest.

W 2000 r. na zlecenie kolei szwajcarskich (SBB) konsorcjum ADtranz/Alstom Ferroviaria-SIG/Schindler rozpoczęło dostawę 44 pociągów RABDe serii 500, znanych jako InterCityNeigetech (ICN). Wózki tych pojazdów to ponownie ulepszona konstrukcja ETR 470. Natomiast stylistyka pociągów wzorowana była na wagonach piętrowych i lokomotywach elektrycznych Re460. Pociągi ICN kursują na trasach Genewa/Lozanna – Bazylea, Genewa/Lozanna – St Gallen (przez Biel) i Biel – Konstanz.

W 2002 r. zamówienie na pociągi typu Pendolino złożyły koleje czeskie (ČD). Dostarczono 7 pociągów 7-członowych serii 680, również wzorowanych na zespołach ETR 470, z aktywnym systemem przechyłu pudła sterowanym elektronicznie, który umożliwia wychylenie pudła o 7,5° od osi toru i przejazd po zmodernizowanych liniach z prędkością maksymalną 230 km/h. Moc silników wynosi 4000 kW, maksymalna siła pociągowa 200 kN umożliwia uzyskanie przyspieszenia 0,41 m/s². Jednostki przystosowane są do zasilania z sieci 3 kV DC, 15 kV 16,7 Hz i 25 kV 50 Hz, oraz wyposażone w systemy zrk typu: PZB 90, INDUSI, LS 90, ETCS 2 i system GSM-R. Zespół serii 680 zestawiony jest z 2 wagonów klasy 1. (105 miejsc), wagonu 2. klasy z przedziałem barowym i 4 wagonów klasy 2. – łącznie 226 miejsc. Wszystkie wagony są bez przedziałowe z układem siedzeń 2+1. Pociągi kursują w relacjach krajowych Praga – Ostrawa oraz międzynarodowych Praga – Wiedeń i Praga – Bratysława.

W 2008 r. zaprezentowano nowy 7-członowy pociąg dla spółki Cisalpino (14 jednostek) oznaczony serią ETR 610 w wersji 3 kV DC, 15 kV 16,7 Hz, 25 kV 50 Hz do obsługi trasy Zürich/Bazylea/Stuttgart – Neapol/Rzym/Florencja/Wenecja. Prototyp przeszedł już testy w połowie tego roku i po uzyskaniu wszystkich homologacji będzie poruszał się po nowych trasach dużych prędkości we Włoszech i nowej trasie przez tunel Lötschberg. W fazie produkcji dla FS na linię dużych prędkości „Direttissima” znajduje się również jego 7-członowa odmiana (12 jednostek) w wersji dwusystemowej na zasilanie 25 kV 50 Hz, 3 kV DC o mocy 5500 kW i prędkości maksymalnej 250 km/h.



Fiński Pendolino wzorowany na włoskim ETR 470. Są one oznaczone serią Sm3 (Helsinki, 3.08.2006 r.)
Fot. M. Knappe



Hiszpańska wersja Pendolino oznaczona serią 490 eksploatowana jest pod szyldem przewoźnika Alaris. Zespół 490-000 w okolicy Moixent (4.08.2005 r.)
Fot. F. Arranda



W Słowenii zespoły oznaczone są serią 310 i eksploatowane jako InterCitySlovenija
Fot. M. Juvanec

Należy jeszcze wspomnieć o dwóch konstrukcjach hiszpańskich pociągów typu Pendolino wyprodukowanych przez Construcciones y Auxiliars de Ferrocarriles (CAF), S.A. Pierwsza to spalinowy zespół trakcyjny serii 594.1 zbudowany na bazie duńskich dwuczłonowych zespołów tzw. „gumowych nosów”. Głów-

nym elementem nowej konstrukcji są wózki, które sterowane są za pomocą systemu przechyłu pudła pod nazwą Sistema Inteligente Basculacion Integral (SIBI). Działa on na zasadzie łączności

satelitarnej GPS i umożliwia lokalizację pozycji pociągu. Odpowiednie urządzenia analizują przekazywane sygnały dotyczące prędkości pojazdu, porównują ją z danymi trasy wprowadzonymi do pamięci komputera i natychmiast dostosowują przechył pudła do aktualnej pozycji na trasie. Projekt ten – nieco kosztowny, bo już wydano na niego około 3 mln euro – jest jeszcze w fazie testów. Pierwsze pociągi prowadzone dwuczłonowymi zespołami 594.1 uruchomiono w 2002 r. i do dziś kursują one na trasach Madryt – Salamanca, Salamanca – Palencia/Valladolid i Corogne – Vigo. Ponieważ ich wyniki eksploatacyjne były bardzo zadowalające, zdecydowano o budowie ich ulepszonej wersji i już w 2004 r. pojawiły się nowa konstrukcja. Były to zespoły serii 598 zwane „Nexios”. To trójczłonowe pociągi, w których każdy wagon osadzony jest również na indywidualnych wózkach wyposażonych w system przechyłu SIBI. Wyprodukowano 21 zespołów w konfiguracji S+D+S, które mogą pracować również w trakcji wielokrotnej. Każdy wagon silnikowy (S) ma dwa silniki spalino-we o mocy 338 kW (łącznie $2 \times 2 \times 338 = 1392$ kW) i rozwija prędkość maksymalną 160 km/h. Każdy silnik za pomocą 4 przekładni hydraulicznych i wałów Kardana napędza jedną oś wózka. Wózki oparte są za pomocą sprężyn śrubowych i tłumików hydraulicznych. Zespoły obsługują wiele tras w Andaluzji, Galicji oraz linię Madryt – Jaen.



Szwajcarski pociąg ICN2000 to również modyfikacja ETR 470

Fot. SBB

Mimo prowadzenia dużych programów badawczych nie wprowadzono pociągów w wychylnym nadwoziem we Francji. Już w 1957 r. koleje SNCF zbudowały eksperymentalny pojazd, który miał możliwość osiągnięcia kąta przechyłu aż 18°. Pojazd ten miał owalne nadwozie dla zachowania skrajni podczas przechyłu jednak do eksploatacji nie wszedł. Badania nad pociągami z wychylnym nadwoziem ponowiono w latach 90., upatrujących w tego typu pojazdach uzupełnienie dla sieci pociągów dużej prędkości TGV. Pociągi z wychylnym nadwoziem miały obsługiwać konwencjonalne linie o małym natężeniu ruchu. W tym adoptowano standardowy pociąg TGV-R, wyposażając w mechanizmy przechyłu nadwozia. Miał to być najszybszy pociąg z wychylnym nadwoziem na świecie o prędkości maksymalnej 300 km/h. W 1998 r. został on wystawiony na Targach Innotrans w Berlinie w ramach wystawy pociągów dużej prędkości podczas Kongresu Railspeed. Mimo pozytywnych rezultatów badań zrezygnowano z dalszych prac nad rozwojem tej konstrukcji. Zbiegło się to w czasie z rozpoczęciem kolejnego etapu budowy linii dużych prędkości we Francji. Ponadto potencjalny producent nowego pociągu, Alstom, przejął w tym czasie zakłady Fiat Ferroviaria, lidera w produkcji pociągów z wychylnym nadwoziem na świecie.



Czeski pociąg serii 680 wzorowany na ETR 470 wykonano w wersji trójnapięciowej. Jest on codziennym gościem na stacji Wien Südbahnhof (18.06.2007 r.)

Fot. R. Rusak

Zespół trakcyjny serii ETR 600/610

To już czwarta generacja pociągów Pendolino. Przy ich projektowaniu zastosowano najnowocześniejsze światowe osiągnięcia w dziedzinie techniki i elektroniki. Pudła wykonano z lekkich profili aluminiowych wzmocnionych strefami zgniotu. Są one nieco bardziej zaokrąglone. Zmianie uległa też konstrukcja i stylizacja kabiny maszynisty, która jest znacznie wydłużona i ma bardziej opływowe kształty. Największe zmiany nastąpiły w konstrukcji wózków. Są one wyposażone w technikę aktywnego przechyłu pudła typu TILTRONIX sterowane elektrohydraulicznie oraz aktywne pneumatyczne zawieszenie boczne minimalizujące oddziaływanie siły odśrodkowej. Maksymalny kąt przechyłu pudła na łukach wynosi 8°, co umożliwia zwiększenie prędkości o 30–35% w porównaniu z taborom konwencjonalnym.



Hiszpański zespół 594-102 z mechanizmem przechyłu pudła sterowanym systemem GPS jako pociąg relacji Salamanca – Madryt (Oklica El Teraj, luty 2006 r.)

Fot. F. Aranda

Każdy pociąg jest wyposażony w dwa transformatory (wagony 3 i 4), po 4 przekształtniki główne i pomocnicze. W przypadku awarii jednego z przekształtników głównych, moc jednostki zmniejsza się o 25%, co jednak umożliwia utrzymanie prędkości 250 km/h. Awaria jednego transformatora powoduje zmniejszenie mocy o 50%, jednak umożliwia to dotarcie pociągu do stacji docelowej, chociaż ze znacznie mniejszą prędkością. Każda para silników (układ osi wagonu silnikowego to (1A)'(A1)') jest zasilana z osobnego przekształtnika IGBT typu ONIX 1400 kW 6,5 kV, wyposażonego w regulator prądu typu AGATE. Silniki trakcyjne są rozwinięciem konstrukcji stosowanych wcześniej w ETR 470/480.

Pociąg ma dwa niezależne systemy ogrzewania i klimatyzacji oraz jest wyposażony w system nawigacji satelitarnej GPS. Pociągi są wyposażone w różne systemy zrk, między innymi włoskie SCMT, oraz ECTS 2, szwajcarskie Signum, ZUB 121 i ZUB 122, natomiast w pociągach poruszających się po sieci DB – dodatkowo systemy LZB i PZB. Pierwszy zespół przeznaczony dla spółki Cisalpino został zbudowany w I połowie 2006 r., a następnie wysłany do Czech, gdzie przez 3 miesiące był testowany na torze doświadczalnym w Velimiu. Latem tego roku pojazdy przechodziły ostatnie testy w Szwajcarii między innymi na linii przez przełęcz św. Gotharda.

Tabela 5

Dane techniczne zespołów trakcyjnych ETR 600/610

Operator	Trenitalia	Cisalpino	
Zestawienie pociągu*	S+S+T+T+D+S+S		
Układ osi	(1A)'(A1)' + (1A)'(A1)' + 2'2' + 2'2' + 2'2' + (1A)'(A1)' + (1A)'(A1)'		
Szerokość toru	[mm]	1435	
Pudło	aluminiowe, norma UIC 505		
Mechanizm przechyłu pudła	aktywny, elektrohydrauliczny		
Oznaczenie serii	ETR 600	ETR 610	
Napięcie	3 kV DC, 25 kV 50 Hz	3 kV DC, 25 kV 50 Hz, 15 kV 16,7 Hz	
Prędkość maksymalna	[km/h]	250	
Moc sumaryczna	[kW]	5500	
Maksymalna siła pociągowa	[kN]	228	
Charakterystyka trakcyjna (przyspieszenie 0–40 km/h)	[m/s ²]	0,48	
Długość całkowita	[m]	187,4	
Długość wagonów skrajnych (1 i 7)	[m]	28,2	
Długość wagonów pośrednich (2-6)	[m]	26,2	
Szerokość pociągu	[mm]	2830	
Masa pociągu wraz z pasażerami	[t]	443	450
Wysokość podłogi ponad główkę szyny	[mm]	1260	
Maksymalny nacisk na oś	[t]	17	
Liczba miejsc dla pasażerów		432	431
Obsługa pasażerów	bar bistro, biuro kierownika pociągu	wagon restauracyjny (18 miejsc), biuro kierownika pociągu	

*S – silnikowy, T – doczepny z transformatorem, D – doczepny.



Najnowszą – czwartą generacją pociągów Pendolino jest elektryczny zespół trakcyjny ETR 610, produkcji Alstom, zamówiony przez spółkę Cisalpino AG do komunikacji między Włochami i Szwajcarią. Pociągi te wchodziły do regularnej eksploatacji od grudniowej zmiany rozkładu jazdy. ETR 610 001 podczasjazd testowych na linii Św. Gotharda w Szwajcarii (Wassen, 10.07.2008 r.) Fot. H-U. Oehninger

Trainset configurations	Train	Overall length [m]	Standard capacity	High Density capacity
	NP 4	109	216	292
	NP 5	135	272	318
	NP 6	161	352	406
	NP 7	187	432	494
	NP 8	214	512	582
	NP 9	240	568	638
Seat Pitch [mm]	1st Class (V is a Vis/Unidirectional)	2000	2000	
		950	950	
	2nd Class (V is a Vis/Unidirectional)	1900	1900	
		900	870	

Modułowe zestawienia pociągów Pendolino IV Źr. Alstom
 CM1 – sterowniczy: 1. klasa, 44 miejsca siedzące; M1 – silnikowy: 1. klasa, 56 miejsc siedzących; TR2 – doczepny: 2. klasa, 24 miejsca siedzące + bar; M2 – silnikowy: 2. klasa, 80 miejsc siedzących; CM2 – sterowniczy: 2. klasa, 66 miejsc siedzących; TT2 – doczepny: 2. klasa, 80 miejsc siedzących

Tabela 6

Porównanie pociągów Pendolino

Typ pociągu		ETR 470/480	ETR 600/610
Prędkość maksymalna	[km/h]	200 – ETR 470 250 – ETR 480	250
Liczba miejsc pasażerskich		460	430 + 2
Liczba wagonów w pociągu		9	7
Długość całkowita	[m]	236	187,4
Odległość między siedzeniami	[mm]	1920 (1. kl. – 2. kl.)	2000 (1. kl.) 1900 (2. kl.)
Powierzchnia pasażerska (średnio na jeden wagon)	[m ²]	45	49
Przekształtniki		GTO	IGBT
System sygnalizacyjny		Systemy krajowe	ERTMS
System ogrzewania i klimatyzacji		2 grupy (częściowa separacja)	2 grupy (całkowita separacja)
Poziom hałasu w pociągu	[Db]	65 przy 200 km/h	65 przy 250 km/h
System informacji pasażerów		Ekrany	System interaktywny (Wi-Fi - Wi LAN)
Przystosowanie pociągu dla osób niepełnosprawnych		Nie	Tak

Zestawienie pociągów z wychylnym nadwoziem w Europie

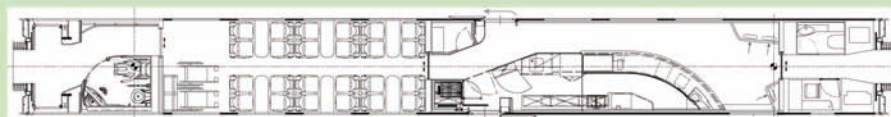
Kraj	Rok produkcji	Operator	Seria pociągu	Liczba wagonów w zespole	Liczba zbudowanych pojazdów	System zasilania	Producent	Uwagi
Włochy	1960		ETR 401	1	1	3 kV DC	Fiat Ferroviaria	Prototyp zbudowany na bazie ALe 668
Wielka Brytania	1972	BR		4	1	Napęd spalinowy		APT-P
Wielka Brytania	1976	BR	370	14	3	25 kV 50 Hz		APT-E
Włochy	1985	FS	ETR 450	9	15	3 kV DC	Fiat Ferroviaria	
Szwecja	1990	SJ	X2 (X2000)	7	43	15 kV 16,7 Hz		3 zespoły (X2N) dostosowane do komunikacji z NSB, 8 zespołów (X2K) do komunikacji z DSB i 4 (X2NK) do komunikacji z DSB/NSB
Niemcy	1992	DB	610	2	20	Napęd spalinowy	ADtranz	Wagony w konfiguracji 610.0+610.5
Włochy/Szwajcaria	1995	Cisalpino AG	ETR 470	9	9	3 kV DC, 15 kV 16,7 Hz	Fiat Ferroviaria	
Włochy	1995/1996	FS	ETR 460	7	7	3 kV DC	Fiat Ferroviaria	
Niemcy	1996	DB	611	2	50	Napęd spalinowy	ADtranz	
Włochy	1996	FS	ETR 463	9	3	3 kV/1,5 kV	Fiat Ferroviaria	3 zespoły dwusystemowe w wersji 9-wagonowej, wzorowane na ETR 460
Włochy	1997	FS	ETR 480	9	15		Fiat Ferroviaria	W 2006 r. przebudowano 5 zespołów na dodatkowe zasilanie 25 kV 50 Hz (seria ETR 485)
Hiszpania	1997	RENFE	594.1	2	8	Napęd spalinowy		Hiszpańska wersja duńskich „gumowych nosów” wyposażona w system przechyłu pudła typu SIBI
Hiszpania	1999	Alaris	490 (IC-2000)	3	10	3 kV DC, 25 kV 50 Hz		
Portugalia	1999	CP (Alfa Pendular)	4000	6	10	25 kV 50 Hz		
Niemcy	1999	DB	411	7	32	15 kV 16,7 Hz	Bombardier/ /Siemens/Alstom	3 zespoły sprzedane dla ÖBB i oznaczone serią 4011
Niemcy	1999	DB	415	5	11	15 kV 16,7 Hz	Bombardier/ /Siemens/Alstom	5 zespołów przystosowanych do komunikacji DB/SBB i oznaczonych serią 415.5
Niemcy	2000	DB	612	2	192	Napęd spalinowy	Bombardier	17 pojazdów serii 612.0 przystosowano do obsługi magistrali Drezno – – Norymberga i oznaczone serią 612.4
Szwajcaria	2000	SBB	RABDe500	7	44	15 kV 16,7 Hz	Bombardier/Alstom- -SIG/Schindler	
Słowenia	2001	SZ	310	3	3	3 kV DC	Alstom Ferroviaria	
Niemcy	2001	DB	605	4	20	Napęd spalinowy	Siemens/ /Bombardier	Reaktywowano 10 zespołów w ruchu do obsługi tras Niemcy – Dania
Finlandia	2001	VR	Sm3 (220)	6	18	25 kV 50 Hz	Alstom Ferroviaria	10 zespołów w 2001 r. i 8 zespołów w 2004 r.
Wielka Brytania	2002	Virgin Trains	390	9	53	25 kV 50 Hz	Alstom/ /Bombardier	Pierwsze 34 zespoły zbudowano jako 8-wagonowe i w latach 2004-2005 uzupełniono do wersji 9-wagonowej
Niemcy	2004	DB	415	7	28	15 kV 16,7 Hz	Bombardier/Alstom- -SIG/Schindler	ICE-T2 z opcją na dostawę kolejnych 42 zespołów
Hiszpania	2004	RENFE	598	3	8			Na bazie zespołów serii 594.1
Czechy	2005	ČD	680	7	7	3 kV DC, 25 kV 50 Hz, 15 kV 16,7 Hz	Alstom Ferroviaria	
Włochy/Szwajcaria	2008	Cisalpino AG	600	7	14	3 kV DC, 25 kV 50 Hz, 15 kV 16,7 Hz	Alstom Ferroviaria	
Włochy	2008	FS	610	7	12	3 kV DC, 25 kV 50 Hz	Alstom Ferroviaria	



CM1
44 miejsca 1 klasy



M1
56 miejsc 1 klasy



TB2 (TI)
24 miejsca 2 klasy
2 miejsca dla
niepełnosprawnych



M2
80 miejsc 2 klasy



CM2
66 miejsc 2 klasy

Rys. 8. Układ wagonów dla pociągu serii 600 dla kolei włoskich

Tabela 8

Najważniejsze relacje pociągów z wychylnym nadwoziem w Europie

Państwo	Relacje
Portugalia	Braga – Porto – Coimbra – Lizbona – Faro
Hiszpania	Madryt – Valencia
Słowenia	Koper (tylko w wakacje), Ljubljana, Zidani Most, Celje oraz Maribor. Jedna para pociągów dziennie relacji Maribor – Ljubljana wydłużana jest jako pociąg międzynarodowy do Wenecji przez Montfalcone i Triest
Wielka Brytania	Londyn – Glasgow, Londyn – Liverpool, Londyn – Holyhead
Finlandia	Helsinki–Oulu, Helsinki–Turku, Helsinki–Jyväskylä–Kuopio, Helsinki–Kouvola–Iisalmi–Kajaani, Helsinki–Joensuu
Niemcy	Wiesbaden – Frankfurt – Leipzig – Dresden, Berlin – Leipzig – Nürnberg – München, Dortmund – Koblenz – Mainz – Frankfurt – Nürnberg – Passau – Wien, Hamburg – Berlin – Monachium i wiele innych
Cisalpino – międzynarodowy	Genewa/Bazylea/Schaffhausen – Mediolan – Livorno/Florencja/Wenecja/Triest
Czechy	Praha – Ostrawa, Praha – Wien Süd., Praha – Bratislava



Literatura

- [1] Graff M.: *Pociągi Pendolino w Wielkiej Brytanii*. Świat Kolei 8/2007.
- [2] Hughes M.: *Die Hochgeschwindigkeits Story*. Eisenbahnen und Re-kordfahrten Alba Publikation Düsseldorf 1994.
- [3] *Katalog Pendolino FiatFerrovía S.p.A.* 1999.
- [4] *Neigetchnik in Europa*. Eisenbahn Journal Special Ausgabe 4/2001 Herman Merker Verlag GmbH Fürstentfeldbruck 2001.
- [5] Rusak R.: *Czeskie Pendolino*. Świat Kolei 5/2006.
- [6] Rusak R.: *Pociągi dużych prędkości w Niemczech*. Świat kolei 11/2007, 12/2007 i 4/2008.

- [7] Zbinden J.: *Die Neigezüge ETR470 der Cisalpino*. Eisenbahn-Revue International 11/1999.
- [8] König Ch., Forrer D.: *Szwajcarski pociąg ICN z przechylnym pudłem wagonu*. Technika Transportu Szynowego 4/1999.
- [9] Biliński J.: *Zagadnienia teoretyczne dynamiki pociągów z przechylnym nadwoziem*. Technika Transportu Szynowego 6/2000.
- [10] Biliński J.: *Pociągi z przechylnym pudłem – rozwój konstrukcji*. Technika Transportu Szynowego 7-8/2000.