

Harry Hondius

# Rozwój tramwajów i kolejek miejskich o niskiej i średniej wysokości podłogi (2)

**W artykule omówiono rozwój tramwajów i kolejek miejskich ze 100-procentowym udziałem niskiej podłogi. Producentów pojazdów uszeregowano w kolejności alfabetycznej.**

## Alstom Transport

Alstom Transport w dużym tempie powiększa swoje zamówienia na pojazdy typu tram. Do stanu zamówień z 15.10.2007 r. na 1039 pojazdów Citadis doszły w międzyczasie następujące:

- Oran, Algieria – nowy system o długości linii 18 km i 32 przystankach wymaga 30 pojazdów Citadis 302 z napędem na wszystkie koła;
- Constanine, również Algieria – budowa linii o długości 8 km z 11 przystankami wymaga 27 pojazdów Citadis 302;
- Rabat, Maroko – budowa linii tramwajowej do Salé o długości 19 km z 32 przystankami, która będzie wymagała ponad 40 (+15) pojazdów Citadis 302.

W sumie powiększa to liczbę sprzedanych pojazdów Citadis do 1096 szt. Pojazdy dla Maroka wykonane zostaną w Barcelonie.

Rynek francuski w latach 1995–2010 wchłonie:

- 46 pojazdów typu TFS1,
- 116 pojazdów TFS2,
- 52 pojazdy typu Citadis 301 i 401,
- 456 Citadis 302 i 402 oraz 41 pojazdów typu Citadis 403.

Łącznie 711 pojazdów Alstoma dla 18 systemów. Trzy spośród jeszcze funkcjonujących systemów okresu przedwojennego nie kupiły żadnych pojazdów Alstoma. Lille zakupiło 24 wagony produkcji Breda/Westinghouse, ST-Etienne 35 pojazdów DU-EWAG/Vevey/Alstom, a Marsylia zakupiła 26 pojazdów Outlook z Bombardiera. Ponadto Strasburg zakupił 53 pojazdy typu Eurotram w Adtranz, a Nantes 33 pojazdy Incentro produkcji Adtranz/Bombardier. W sumie daje to 171 pojazdów typu tram, z czego 19% całego zapotrzebowania przypada na realizację zamówień przez innych producentów europejskich. W obszarze pojazdów tram-train kolej SNCF zamówiła w firmie Siemens 27 pojazdów tego typu Avantos i 31 pojazdów Dualis w firmie Alstom.

Na rynki zagraniczne Alstom dostarcza 40 pojazdów Citadis 401 i 368 Citadis 302 i 402, jak również 26 pojazdów Citadis 202S (Melbourne), 113 Citadis 302C (Rotterdam) i 30 pojazdów Citadis 301X (Istanbul). Łącznie 558 pojazdów.

Jean-Noël Debroise, twórca pojazdu typu Citadis, nie przyszło z pewnością nawet w marzeniach do głowy, że jego pojazd osiągnie tak duży sukces. Pomimo silnych nacisków, aby wykorzystać znaną metodę łączenia ze sobą elementów konstrukcji metalowych Alusuisse-Alugrip, Alstom po wykonaniu wyczerpujących obliczeń i prób, zdecydował się na zastosowanie stosowanej już metody kombinacyjnej, polegającej na stosowaniu stalowych płyt podłogowych oraz skręcanych i nitowanych ścian

bocznych z dachami z aluminium. Metoda okazała się niezawodna. W ogólnym przypadku sprawdzały się nieźle również podwozia Arpège z ramami przegubowymi bez usprężynowania pierwszego stopnia. Przy kołach ze sprężynami gumowymi, przy występujących obciążeniach osi, dochodzących do 6,4 t, wymagane są ugięcia sprężyny równe 3 mm, porównywalne jak przy obciążeniach osi 3 t w wagonach typu PCC-B3. Przy kołach ze sprężynami gumowymi problem stanowi wzrost temperatury powodowany dynamicznymi odkształceniami ogumienia. Niedopuszczalne jest przekroczenie temperatury 70°. W obszarach położonych bardziej na południe temperatura otoczenia jest wyższa i tym samym następuje skrócenie żywotności wkładek firmy Paulstra lub Continental, które wulkanizowane są do tarczy kół. Obecnie producenci kół wytwarzają usprężynowane gumą koła tarczowe według rysunku Alstoma. Obecnie stawia się wymagania, aby czas życia osiągnął 180 tys. km, ale w strefach klimatycznych o wyższych temperaturach nie jest to osiągalne. Przy podwoziach Arpège szyny muszą być w bardzo dobrym stanie, gdyż występujące różnice wysokości między lewą i prawą szyną prowadzą szybko do kołowania poprzecznego wagonu. Rowki, piasek, czy też złącza stykowe szyn stają się bardzo odczuwalne przy podwoziach bez pierwotnego usprężynowania. Chociaż stosowane są lekkie silniki o chłodzeniu cieczą o masie do 335 kg, nieusprężynowane masy (amortyzowane gumą koła nie są liczone jako usprężynowanie) wynoszą, w odniesieniu do jednego koła, w podwoziach napędnych Arpège, 700 kg, przy podwoziach tocznych 470 kg, przy podwoziach Solfege 320 kg, a przy Corège 380 kg lub 350 kg.

Pojazdy Citadis 302 dla Tunisu zostały oddane do eksploatacji (rys. 1–7). 39 szt. jest zamówionych, oczekiwane jest zamówienie na dalszych 16 pojazdów. Na szynach z 1983 r. Citadis jeździ zupełnie porządnie z prędkością do 60 km/h, choć czasami występuje silne kołowanie poprzeczne. Na wpół wyrobionych zakrętach jest jednak nieco gorzej.



Rys. 1. Wagony sprężone tył-tył; Alstom, Citadis 302 w Tunisie w trakcji podwójnej

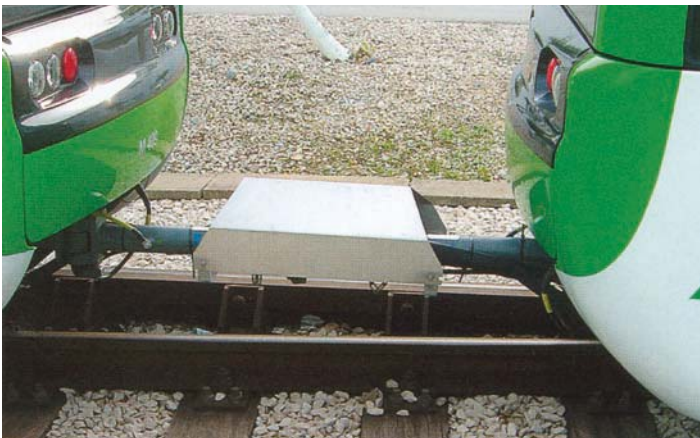


Pojazd nr 169 madryckiego metra jeździł na linii 7 i 21 w Sztokholmie. Po drugiej z wymienionych tutaj linii, częściowo zmodernizowanej, jeździł Citadis 302, według opinii ekspertów bardzo dobrze, w przeciwieństwie do jazdy na linii Museumlinie 7, gdzie odczuwalne były znaczne dudnienia i kotłowanie boczne (rys. 8–11).

Do eksploatacji została oddana również kolejka w Teneryfie. Odwiedzający byli pod wrażeniem właściwości trakcyjnych na



Rys. 2. Tył pojazdu Citadis 302, 32×2,4 m dla Tunisu



Rys. 3. Proste, stałe sprzężenie za pomocą drążka i kabli



Rys. 4. Platforma tylna z pomocniczym stanowiskiem motorniczego



Rys. 5. Pomocnicze stanowisko motorniczego Tunisie



Rys. 6. Citadis 302; jak zawsze 3×16 miejsc siedzących na podestach i pojedyncze grupy siedzeń w lektkach



Rys. 7. Pulpit motorniczego w wykonaniu dla Tunisu; dwa monitory ekranowe zamiast lustek





Rys. 8. B30 + A30 (dawniej B + A24) z 1944 r. i Citadis 302 z Madrytu na południowej linii Lidingöbahn 21, Kappala. Przygotowano perony dla szerokości pojazdów 2,65 m, a do pojazdu A30 dopasowano małe stopnie wejściowe  
Fot. T. Johannson



Rys. 10. Citadis 302 z Madrytu; 32,34x2,4 m, w czasie jazdy próbnej na linii Museumslinie 7 w Sztokholmie, Djurgården, sierpień 2007 r. Po lewej Tw 335, 1923, MAN/ASEA, 11,68x2,2 m, rozstaw zestawów kołowych 1300 mm, rozstaw punktów obrotu 4,4 m, średnica kół 650 mm, 4x37 kW, 20 t  
Fot. T. Johannson



Rys. 9. Citadis 302, Madryt; lektyka  
Fot. T. Johannson



Rys. 11. Stanowisko motorniczego, Madryt, prawie identyczne, jak w pojeździe dla Tunisu  
Fot. T. Johannson

długich wzniesieniach toru (rys. 12). Również ruszyła kolejka w Nizza, tutaj dwa odcinki trasy przejeżdżane są na zasilaniu z baterii akumulatorów (rys. 13). Dostarczony został do Jerozolimy pierwszy pojazd z serii Enthoven-Design (rys. 14). Trzy pojazdy Citadis 302 z Mulhouse wypożyczone zostaną do Melbourne, a jeden madrycki Citadis 302 będzie odbywał próbne jazdy w Oslo.

Jeżeli firma pokonuje konkurencję, to nie jest to zasługą tylko projektantów wyglądu zewnętrznego pojazdu, ale odnosi się do całego systemu. Również przy zamówieniach mniejszych niż 20 pojazdów opracowywane są nowe projekty wyglądu zewnętrznego i wewnętrznego pojazdów, tak aby pojazdy miały wygląd unikalny. Modułowy system części wagonów oraz pulpit obsługi w kabinie motorniczego, włączając funkcje obsługi, pozostają w zasadzie zachowane, zmienia się część czołowa pojazdu. Kosztuje to około 30 tys. godzin pracy inżynierskiej. Prawie dla każdego zamówienia budowany jest *mock-up* (model w skali 1:1), tak że zamawiający dokładnie wie co otrzyma. Zasada ta zaczyna obowiązywać również dla regionów położonych na południe od Morza Śródziemnego. Na rysunku 17 przedstawiono *mock-up* modułu 14x2,4 m pojazdu Citadis 202 dla Reims, wygląd według projektu MBD. Kolorystyka wskazuje, że jest to moduł dla Szampanii. W tym przypadku na 2-kilometrowym odcinku zasilanie li-



Rys. 12. Citadis 302 z napędem na wszystkie koła, 32,16x2,4 m, Tenerife  
Fot. Müller-Eberstein





Rys. 13. Citadis 302 w Nizza, 33,02×2,65 m

Fot. Alstom



Rys. 16. Citadis 302, makieta pojazdu dla Tuluzji

Fot. J. Goudstrikker (Alstom)



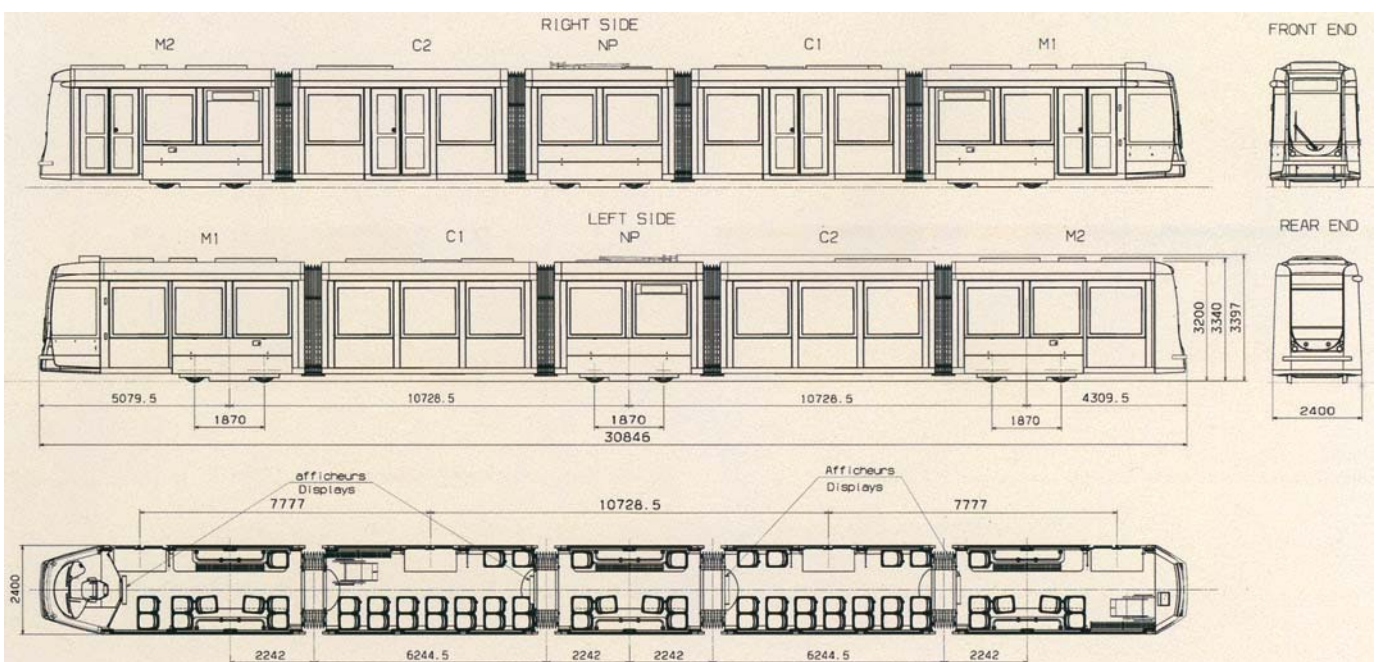
Rys. 14. Citadis 302 z napędem na wszystkie koła dla Jerozolimy, 32,52×2,65 m w La Rochelle; projekt Enthoven

Fot. Alstom



Rys. 17. Citadis 302, makieta wykonana dla Reims, Aytré, wrzesień 2007 r.

Fot. J. Goudstrikker (Alstom)



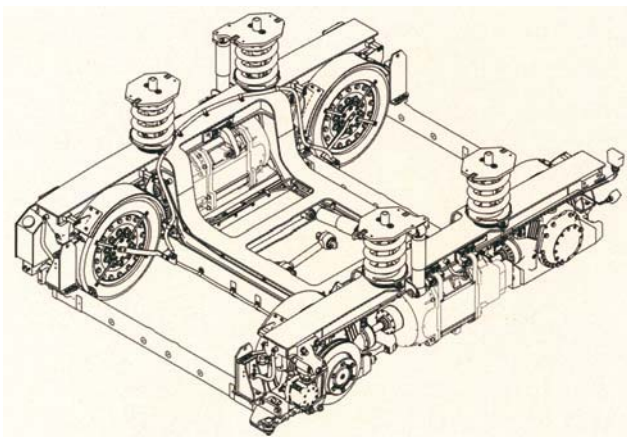
Rys. 15. Citadis 302C, RET Rotterdam, 30,846×2,4 m

Źr. Alstom



nii ułożone jest również w torowisku metodą APS firmy Alstom. W Tuluzie powstał model *mock-up*, jako rezultat dyskusji z udziałem Alstomu, klientów klientów SMTC i projektantów z Airbus. Już na pierwszy rzut oka widoczne jest podobieństwo do projektów przemysłu lotniczego (rys. 16).

Po próbnym jazdach w Rotterdamie pojazdu Outlook z Brukseli, produkcji Bombardiera, które wywołały bardzo pozytywne wrażenia, udało się firmie Alstom skłonić Rotterdam do złożenia zamówienia na zamówienie 53 szt. pojazdów Citadis II. Nowa wersja jest o 400 mm krótsza (rys. 15), co sprawia, że wagon bardziej wygodnie może jeździć po całym mieście, a poza tym belka czołowa podwozia Corège została wzmocniona i lepiej zamocowana (rys.18).



Rys. 18. Citadis 302C, podwozie Corège II

Rys. Alstom

## AnsaldoBreda

AnsaldoBreda nie otrzymał już od dłuższego czasu żadnego nowego zlecenia. Dostawa pierwszych 40 pojazdów dla Göteborga (rys. 19–21) przebiega raczej mało sprawnie. Dostarczono dopiero 25 wagonów, a opóźnienie w dostawach wynosi prawie 2 lata. Dochodzą informacje, że pojazdy oceniane są przez pasażerów jako głośnie, a przez motorniczek jako deska rysunkowa. W czasie jazdy na wiosnę 2003 r. w Mediolanie nic podobnego nie zwróciło naszej uwagi. Zachodzi obawa, że stan torów dawnego reprezentacyjnego systemu w Göteborgu nie jest już tak dobry. Pojazdy niskopodłogowe reagują na pogorszenie się stanu torów ze znacznie większą czułością, niż wysokopodłogowe. O wagonach tych pisaliśmy dokładnie w numerach 1/05 i 1/06



Rys. 19. Sirio – przestrzeń dla niepełnosprawnego na wózku

Fot. T. Johansson



Rys. 20. Sirio, 29×2,65 w Göteborgu, Drottningsparken



Rys. 21. Sirio, wszystkie grupy siedzeń ulokowane na podestach

Stadtverkehr. Spośród 273 pojazdów Siro – 65 pojazdów pojedzie do Göteborga, 35 do Aten i 17 zostanie przeznaczonych dla Kayser. Toulon zamawiał swego czasu pojazdy Siro, ale obecnie nie wygląda na to, żeby w najbliższym czasie powstał tam klasyczny system tramwajowy z kołami stalowymi.

## Bombardier Transportation

Spośród 473 pojazdów GTXN tylko 15 zostało wyeksportowanych do Japonii. Chyba do nieudanych należy zaliczyć wizyty GT6N w dziesięciu miastach Europy, między innymi w Amsterdamie, Sztokholmie, Göteborgu i różnych miastach w Polsce. Spośród 78 kolejek typu Vario jeździ obecnie: w Nantes 35, w Nottingham 15. W Strasburgu, Mediolanie i Port jes 151 pojazdów Eurotram. Przegląd międzynarodowy dość bogaty.

Spośród 74 zamówionych pojazdów Cobra VBZ Zurych otrzymał już 45 egzemplarzy. Pozostała część zamówienia, to jest dostawa 29 szt. pojazdów, zrealizowana będzie do 2009 r. VBZ Zu-

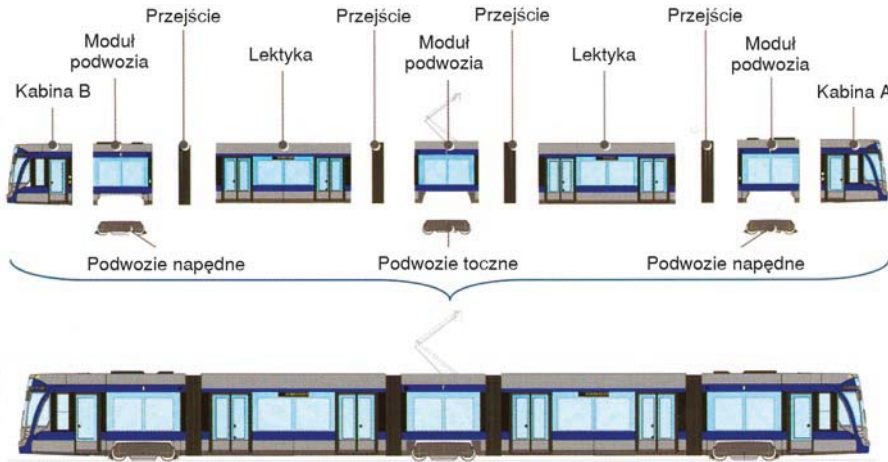


rych zamówiło z opcji 22 pojazdów Cobra dalszych 14 do eksploatacji na kolei Glattalbahn, gdzie pomalowane zostaną na biało oraz dla projektu Tram Zurych West. Cena pojazdu wynosi 2,6 mln euro (lub 30150 euro/m<sup>2</sup>). VBZ otrzyma je między czerwcem 2009 r. a marcem 2010 r.

Pojazd Outlook, który do czasu dostaw do Brukseli nosił nazwę Cityrunner, jest obecnie pokazowym pojazdem firmy Bombardier w sektorze pojazdów 100% niskopodłogowych. Spośród zamówionych 268 wagonów, tego pierwotnie austriackiego pojazdu, wyeksportowano 206 wagonów (do dnia ukazania się naszego

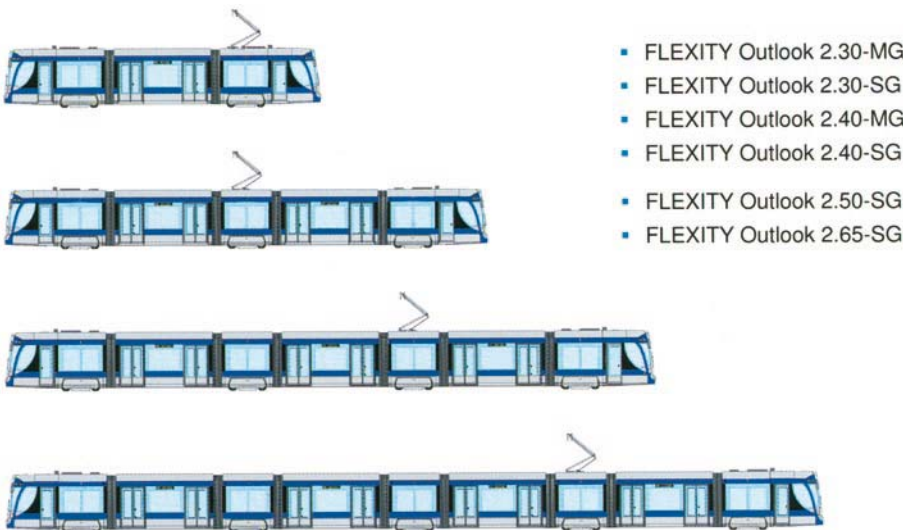
rocznego przeglądu, tj. do 15.10.2007 r.). Tylko Linz i Innsbruck otrzymały odpowiednio 40 i 22 egzemplarzy. Graz został utraczony na korzyść Stadlera, a w Wiedniu dominuje ULF. Przedsiębiorstwa komunikacyjne MIVB/SKIB w Brukseli 18.12.2007 r. zamówiły na pewno dziesięć 7-częściowych pojazdów typu Tram 4000 i 77 pięcioczęściowych pojazdów typu Tram 3000 plus opcja 15 szt. z dostawą między rokiem 2009 a 2013; pojazdy te będą w dalszym ciągu produkowane w Brügge. Krefeld zamówiło w grudniu 19+19 pojazdów długości 30 m z wyposażeniem elektrycznym firmy Vossloh Kiepe. Na rysunku 22 przedstawiono założoną modułowość pojazdu, a na 23 – rezultat. Na rysunku zaprezentowano różne warianty wykonania: jako jedno- i dwukierunkowe, 5- lub 7-częściowe, dla toru szerokości 1 m i normalnego, w wykonaniu o szerokości wagonu 2,3 m do 2,4 m. Pojazdy tego rodzaju są już w dużej mierze w eksploatacji. W *Stadtverkehr* 1/07 informowaliśmy wyczerpująco o konsekwencjach różnych rozwiązań. W międzyczasie dostarczono 30 pojazdów dla FCV w Walencji i Alicante (rys. 24, 25). 68 wagonów dla Brukseli zostało już z dużym powodzeniem włączonych do ruchu (rys. 26). Model produkowany dla Walencji będzie również dostarczany do Palermo. Zapoczątkowana została również dostawa pojazdów dla Innsbrucku (rys. 27 i 29). Model dla Walencji stał się „ojcem chrzestnym” dla nowych ofert.

W listopadzie 2007 r. BT powinien, zgodnie z zaplanowanym terminem, uruchomić swój zakład w Wiedeń-Donaustadt



Rys. 22. Bombardier Outlook, system modułów

Rys. Bombardier



Rys. 23. Bombardier Outlook, pojazdy konfigurowane, MG – tor 1-metrowy, SG – tor normalny; pojazdy długości 19 do 54 m mogą być dostarczane w wersji 1-kierunkowej lub 2-kierunkowej, zestawione z 3, 5, 7 lub 9 modułów

Rys. Bombardier



Rys. 24. Bombardier Outlook w Alicante, 32,51×2,4 m

Fot. V. Deutsch



Rys. 25. Wnętrze pojazdu Bombardier Outlook w Alicante Fot. V. Deutsch



o powierzchni 20 tys. m<sup>2</sup>. Podczas przeprowadzki udało się 500 pracownikom nie przerywać pracy na produkcji. Montownia zaprojektowana została na produkcję 70 pojazdów rocznie. Obecnie produkowane są tutaj pojazdy U6 dla wiedeńskiego przedsiębior-

stwa komunikacyjnego Wiener Linien, pojazdy Outlook dla Linzu i Innsbrucka oraz Swift dla Sztokholmu i Links dla Porto.

## CAF

CAF rozszerzył swoją paletę modeli o wersję dla toru o szerokości 1 m dla miasta Victoria-Gasteiz w Hiszpanii.

Pojazdy mają budowę modułową i 46 wagonów dla pierwszych czterech miast ma takie same moduły: falowniki firmy Elin i silniki produkcji TSA. Pojazdy dla Gasteiz mają szerokość tylko 2,4 m (rys. 30). Pojazdy dla Antalya (rys. 28) mają dwie wydłużone lektyki, poza tym wyglądają dokładnie tak, jak w wykonaniu dla Sewilli (rys. 37, 38 *Stadtverkehr* 1/07). Podwozia w gruncie rzeczy są takie same, jak przedstawione na rysunkach 41, 42 i 43 w *Stadtverkehr* 1/07, z tym, że tor metrowy wymaga innej konfiguracji (na rys. 33 przedstawiono różnice). Zespół silnika ma takie samo posadowienie, przekładnia umożliwia przesunięcie kół do środka. Jeśli chodzi o wygląd zewnętrzny, to pojazd przypomina edycję dla Bilbao (rys. 31). Wygląd wnętrza wagonu jest klasyczny (rys. 32). W sprawie dostawy pojazdów dla Edynburga przedłożono list intencyjny (LOI) na zakup 27 pojazdów. Na rysunkach 35 i 36 przedstawiono wstępne projekty wyglądu pojazdu. Oczekuje się, że wstępna umowa podpisana zostanie w styczniu 2008 r. Pojazdy dla Gasteiz mają wyposażenie elektryczne z firmy Tranelec, filii CAF, silniki z ABB Industria, Włochy. Fa-



Rys. 26. Bruksela, Outlook, 43,22×2,3 m serii 4000, Heysel



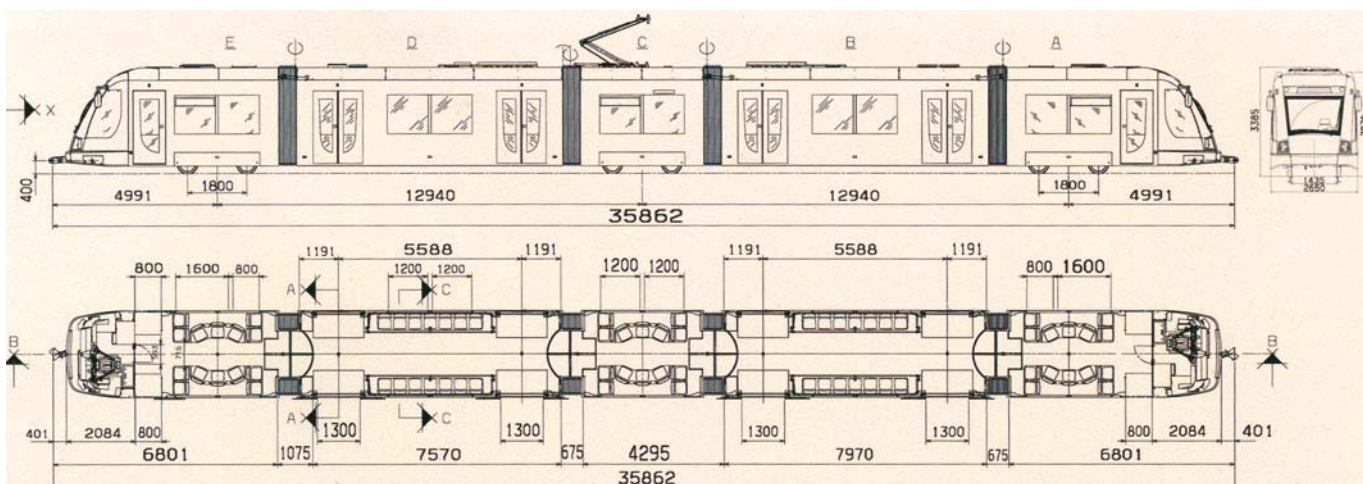
Rys. 27. Innsbruck, Outlook, 27,6×2,4 m

Fot. Bombardier

## Dane techniczne pojazdów CAF

### zamówionych i dostarczonych do chwili obecnej

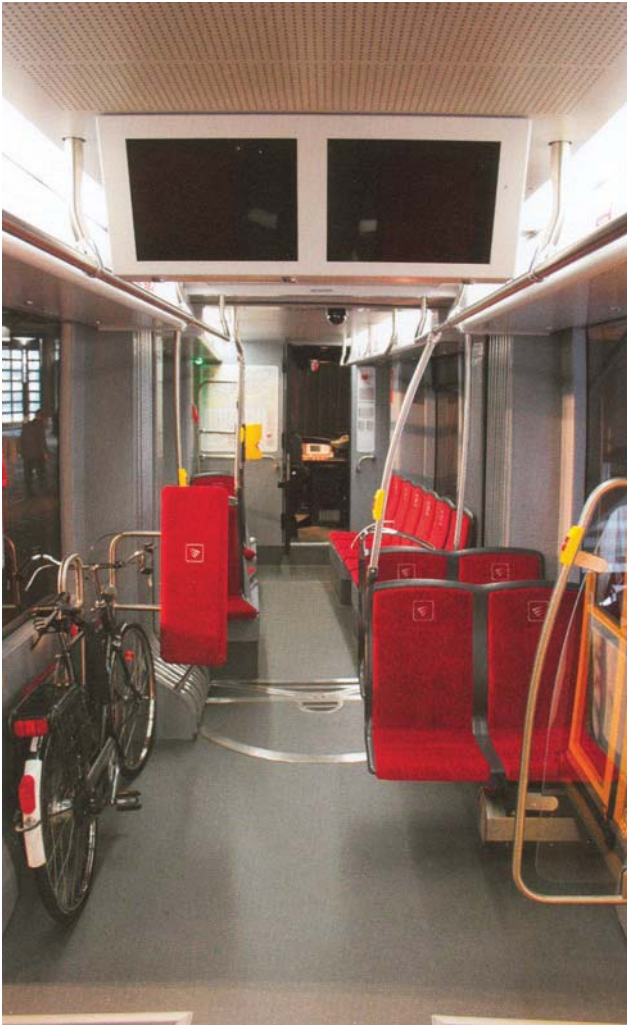
System		Sewilla/Vélez-Málaga/Málaga	Vitoria-Gasteiz	Antalya
Liczba wagonów		35	11	14
Szerokość toru	[mm]	1435	1000	1435
Długość	[m]	31,265	31,26	35,06
Szerokość	[mm]	2650	2400	2650
Rozstaw zestawów kołowych	[mm]	1800	1800	1800
Średnica koła	[mm]	590	590	590
Masa własna pojazdu	[t]	41,7	40,5	43,6
Masa/powierzchnia	[kg/m <sup>2</sup> ]	503	540	470
Moc	[kW]	8×61	8 x 61	8 x 61
Moc jednostkowa	[kW/t]	11,7	12	10,8
Liczba siedzeń		54	48	70
Liczba miejsc do stania	[4/m <sup>2</sup> ]	151	142	158



Rys. 28. CAF, Antalya, 35,05×2,65, szkic wymiarowy

Rys. CAF





Rys. 29. Outlook, Innsbruck, wyposażenie wnętrza Fot. Bombardier



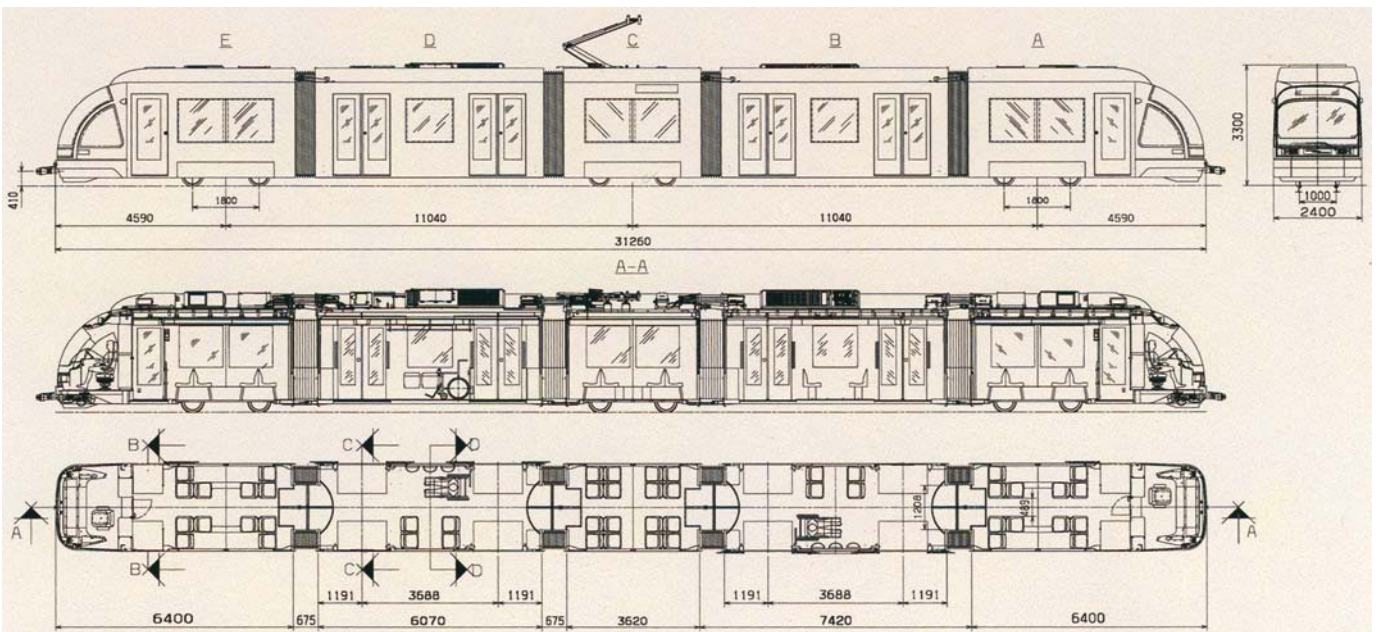
Rys. 31. CAF, Vitoria-Gasteiz, projekt robi wrażenie

Rys. CAF



Rys. 32. CAF, Vitoria-Gasteiz, wnętrze pojazdu

Rys. CAF



Rys. 30. CAF, Vitoria-Gasteiz, 31,26×2,4 m, wykonanie dla toru o szerokości 1000 mm, szkic wymiarowy

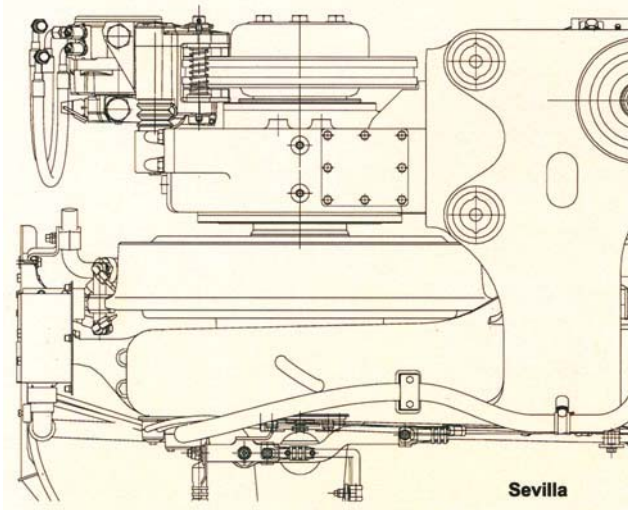
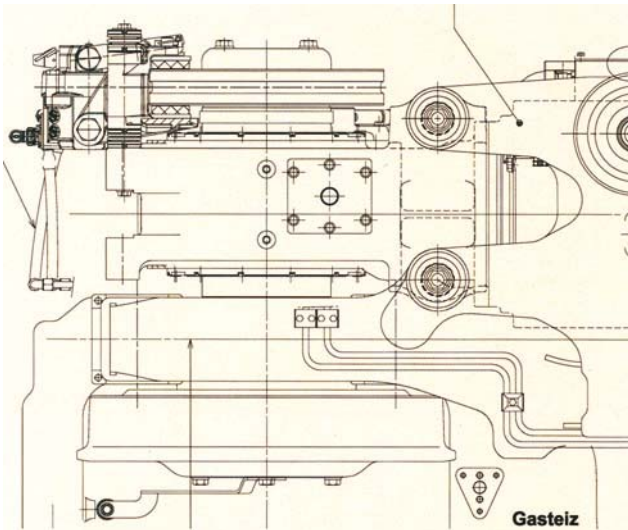
Rys. CAF



lowniki zasilają silnik stronami (w kierunku wzdłużnym), podwójny falownik podwozia I zasilą silniki 1 + 2 (po lewej) i 3 + 4 (po prawej).

## Siemens Transportation Combinio Classic

Berno zamówiło 21 siedmioczęściowych Combinio Advanced, szerokości 2,3 m (rys. 34), które obecnie noszą nazwę Classic. Jest to integralnie z aluminium spawany pojazd, również moduły



Rys. 35. CAF, Edynburg, projekt tymczasowy

Rys. CAF

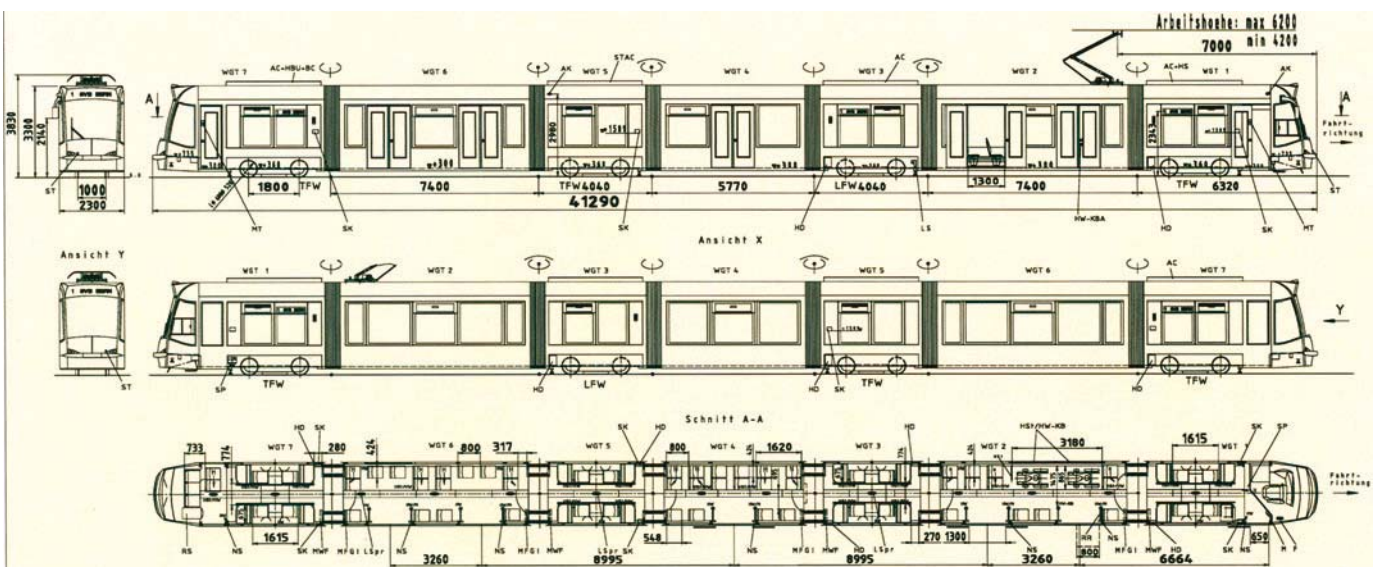


Rys. 36. CAF, Edynburg, przewidywany projekt wnętrza pojazdu 7-częściowego

Rys. CAF

Rys. 33. CAF, napęd dla toru 1000 mm (Gasteiz, góra) w porównaniu z napędem dla toru normalnego (Sevilla)

Rys. CAF



Rys. 34. Siemens, Combinio Classic dla Berna, 41,29×2,3 m

Rys. Siemens





Rys. 37. Combino Advanced i Combino Plus, oba pojazdy o szerokości 2,65 m, w Melbourne  
Fot. Siemens



Rys. 38. Duży ruch samochodowy na trasie tramwaju w Melbourne; Almada C 008, 33×2,65 m w ruchu w Melbourne  
Fot. Siemens

jezdne nie mają połączeń typu alugrip. Dla szerokości pojazdu 2,3 m jest to opcja technicznie możliwa do wykonania. Pojazdy te przewidziane są po pierwsze dla Tram Bern West, a po drugie, jako pojazdy, które mają zastąpić ostatnie Be 8/8 oraz wagony doczepne. Cena wyniosła 3,095 mln euro za pojazd, czyli 32 590 euro/m<sup>2</sup> i (jeżeli spojrzymy do tabeli 10 w *Stadtverkehr* 12/07 – tłumaczenie w *tts* 7-8/08) jest ceną raczej umiarkowaną. Berno zdecydowało zlecić firmie Siemens wydłużenie 8 z 15 obecnie posiadanych 5-częściowych pojazdów do pojazdów 7-częściowych. Pojazdy zostaną prawdopodobnie przebudowane w Wiedniu. Oprócz oferty pojazdu Outlook firmy Bombardier, Stadler oferuje pojazd typu Tango, a Raaility/Vossloh Kiep pojazd Vamos, który obecnie nosi nazwę Traveller.

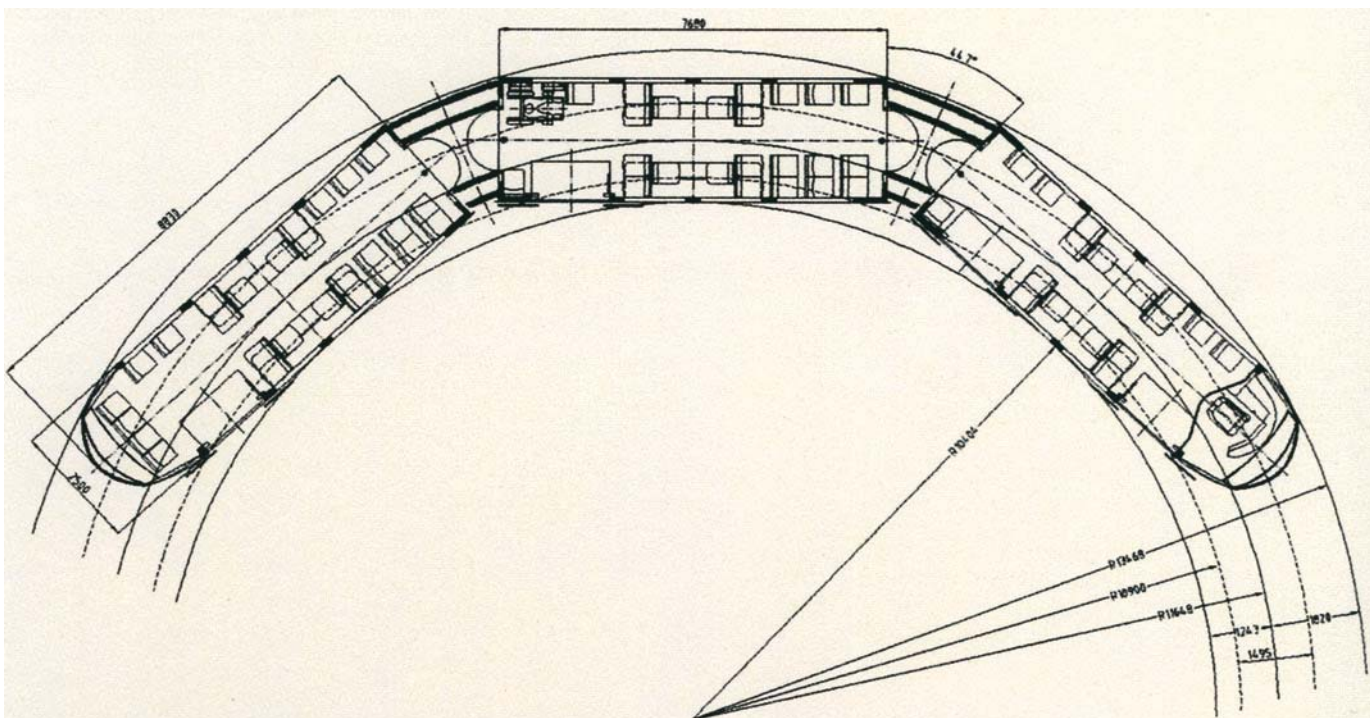
## NF8U

Wszystkie 15 pojazdów eksploatowanych jest w Düsseldorfie. Rada nadzorcza kolei Rheinbahn upoważniła kierownictwo spółki do zakupu w firmie Siemens 15 pojazdów NF8U FU z klimatyzacją.

## Combino Plus

Z Budapesztu, gdzie najstarsze pojazdy przejechały w międzyczasie już ponad 60 tys. km, doszły do nas bardzo pomyślne informacje o zużyciu się kół. Nie występują tam ani zużycia jednostronne, ani, co jest bardzo ważne, zużycia diagonalne. Zużycie obrzeży kół jest minimalne, wszystko koncentruje się na zużyciu się powierzchni toczonej. Podwozia, jakby z lenistwa, pozostają centryczne. Z pewnością pomagają temu beztarciowe, zwrotne ustawianie się gumowo-metalowego usprężynowania drugiego stopnia.

Almada C008 wyruszyła w podróż dookoła świata i 08.01.2007 r. dotarła do Zakładów Tramwajowych Preston w Melbourne (rys. 37). Tutaj, w pierwszej kolejności pojazd został poddany przebudowie w dość znacznym zakresie, aby mógł



Rys. 39. Combino Plus; wariant dla toru 1495 mm w Toronto, 28,34×2,54 m

Rys. Siemens



zostać włączony do regularnego ruchu tramwajowego w Melbourne (między innymi zmienione musiały zostać układy sterowania ruchem, system informacji pasażerów, system sprzedaży i kasowania biletów, sprzęgi, profil koła i inne). Jazdy próbne i pierwsze jazdy odbiorcze w sieci tramwajowej Melbourne rozpoczęły się 19.02.2007 r. Towarzydziły temu szkolenia motorniczych i pracowników obsługi eksploatacyjnej. Po przedłożeniu świadectwa o bezpieczeństwie ruchu oraz wszystkich innych wymaganych dokumentów i zaświadczeń Departament Infrastruktury 14.03.2007 r. udzielił zezwolenia na wprowadzenie pojazdu do ruchu. Tak więc pojazd mógł zostać wprowadzony do eksploatacji w ruchu wahadłowym na trasie Formuła-1-Grand-Prix. Gościnne jazdy w ruchu pasażerskim w Melbourne trwały trzy miesiące i zostały ocenione, według informacji firmy Siemens, pozytywnie przez przewoźnika i pasażerów (rys. 38). 15.08.2007 r. – po zakończeniu eksploatacji w ruchu pasażerskim pojazd został poddany programowi badawczemu, mającemu na celu wykonanie oceny obciążeń ruchowych w stanie nieobciążonym i w stanie pełnego obciążenia wagonu. 27.08.2007 r. pojazd został przekazany spedytorowi w celu powrotnego transportu pojazdu do Portugalii.

Specjalnie dla sieci w Toronto (tor szerokości 1495 mm) STS pracuje nad wersją pojazdu Combino Plus o wymiarach  $28,34 \times 2,54$  m (rys. 39), który będzie się składał z dwóch 2-osiowych wagonów, połączonych poprzez dwa sprzęgi przykryte mieszkim sprężystym. Oczekuje się, że duża bezwładność podwozia pojazdu stworzy warunki do stabilnej jazdy. Próby mają zostać wykonane w Monachium na bazie pojazdu GT6N.

## ULF

W dalszym ciągu produkowany jest w dwóch seriach standardowy pojazd dla wiedeńskich linii Wierne Linien, przy czym ciągle podlega on wprowadzaniu udoskonaleń. Wykonanie A z następnym osi 1'A'A'A' ma wymiary  $23,61 \times 2,34$  m, wykonanie B o następnym osi 1'A'A'A'A'1' ma długość 34,87 i szerokość 2,34 m. Do tej pory zamówiono dwa prototypy: 50 A + 80 A1, jak również 100 B + 70 B1. Pierwsze 51 A i 101 B są już eksploatowane. W numerze *Stadtverkehr* 1/05, s. 12, opisywaliśmy zmiany, jakich dokonano w ULF IV w porównaniu do ULF III. Po wypadku, jaki miał miejsce w Kapron, stwierdzono, że pojazdy te muszą być budowane z materiałów bardziej ogniotrwałych, szczególnie w odniesieniu do materiałów, z których wykonane są siedzenia. Na rysunku 42 przedstawiono pierwszy pojazd A1, o numerze 52, drugiej serii. Składa się on z modułu czołowego z trawersalnie ułożoną osią luźną (rys. 40) i osią napędną portalu (rys. 41) oraz modułu końcowego z dwoma napędzonymi osiami portalu. Między nimi zawieszona jest lektyka w usprężynowaniu wtórnym portalu przegubowego (rys. 45). Moduły końcowe wspierają się z jednej strony na przegubach sferycznych portalu przegubowego (rys. 46), a z drugiej strony – poprzez usprężynowanie wtórne – na podwoziu przedniego i tylnego portalu. Z uwa-



Rys. 40. Portal bez napędu; usprężynowanie pierwszego stopnia i koło z tarczą hamulcową, powyżej usprężynowanie drugiego stopnia z amortyzatorem



Rys. 41. Portal napędny; zamontowanie silnika, który wspiera się również poprzez sprężyny gumowe na portalu. Przekładnia napędza koło poprzez sprzęgło. Tarcza hamulcowa montowana jest na górze na silniku. Lektyka zawieszona jest na usprężynowaniu drugiego stopnia



Rys. 42. Wiedeń, druga seria pojazdu 80 ULF A,  $23 \times 2,34$  m

Fot. Siemens

gi na ruch portali przegubowych zastosowano symetryczny układ sterowania w celu radialnego ustawiania pary kół tocznych. Układ ten, poprzez układ sterowania poprzecznego, oddziałuje również na podwozie części przedniej. Nadwozie jest lekką konstrukcją ze stali czarnej, wytwarzane jest przez kolej ÖBB w Knittelfeld (rys. 43). Podwozia pochodzą z Grazu. Każdy z dwóch falowników produkcji firmy Elin, chłodzonych obecnie powietrzem, obsługuje dwa silniki produkcji TSA (rys. 44) po jednej stronie i jeden silnik po drugiej stronie. Cały pojazd, łącznie z kabiną motorniczą, jest klimatyzowany. We wnętrzu pojazdu, co jest zupełnie logiczne, uwidaczniają się w dominujący sposób napędy (rys. 47). Pojazd ULF zachowuje się podobnie, jak Cobra. Mało piszczy, ale niewyobrażalnie dudni na skrzyżowaniach, przyspiesza perfekcyjnie i jeżeli tor jest żłobkowy i bez piasku, to we wnętrzu jest

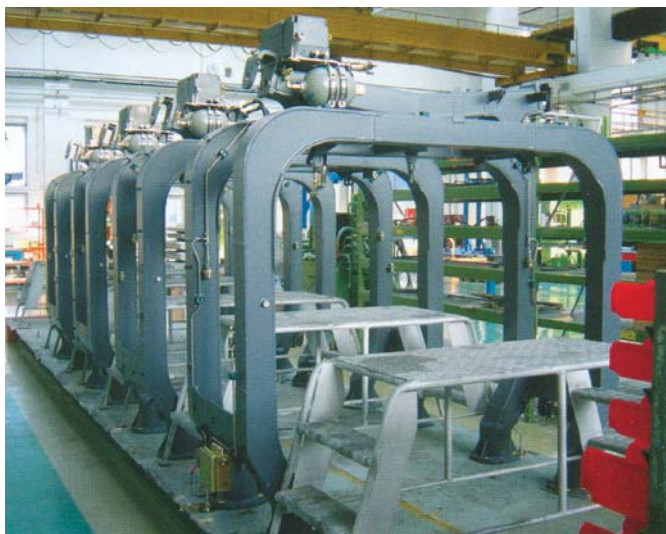




Rys. 43. Nadwozia ze stali czarnej, wytwarzane przez ÖBB w Knittelfeld



Rys. 44. Dach – kabina motorniczego i przestrzeń dla pasażerów są klimatyzowane



Rys. 45. Portale oparte na podwoziu

naprawdę cicho, a na zewnątrz hałas jest znacznie mniejszy niż w wagonów DUEWAG.

## Stadler

W 2001 r. firma Stadler, przy sprzedaży Adtranz firmie Bombardier, otrzymała prawa licencyjne na bezprzekładniowy pojazd Vario. Odlączenie tych praw wynika z zasad prawnych Unii Europejskiej. ABB-Henschel i Adtranz dostarczyły 30 bezprzekładniowych pojazdów typu Vario do Chemnitz, 7 do Sydney, 1 do Duisburga oraz, poprzez lokalnego nabywcę licencji, 40 pojazdów do Helsinek, razem 78 pojazdów [2, 3, 4, 5]. Pojazdy w Chemnitz jeżdżą bardzo cicho, piszczą tylko na zakrętach, a poza tym na szynach szerokostopowych zachowują się bardzo dobrze. W Duisburgu jazda pojazdu Vario była również do zaakceptowania (ale nie w Amsterdamie), w Helsinkach kolejki miały skłonność do dudnienia.

Na rysunkach 51, 52, 53 i 54 przedstawiono szkice wymiarowe czterech zamawianych wariantów pojazdów. Jeżeli porównać podane do wiadomości dane, można zauważyć, że w wykonaniach dla Bochum, Grazu i Norymbergii długości modułów końcowych są takie same i wynoszą 6140 m, w wykonaniach dla Norymbergii i Bochum takie same są długości wagoników prze-



Rys. 46. Przegub kulisty między lektyką i modułem końcowym



Rys. 47. Wnętrze pojazdu wykonane z materiałów niepalnych



gubowych wynoszą 5 m, a dla wersji dla Grazu i Bergen 4,2 m. Zróżnicowanie w długości całkowitej rozpatrywanych pojazdów wynikają z różnych długości lektyk.

Dostarczono pierwsze klimatyzowane pojazdy dla Norymbergii (rys. 48, 50). Wykonanie kolejek dla Monachium jest identyczne pod względem technicznym, ale nie dotyczy to projektu części czołowej (rys. 49). Bardzo interesujące jest porównanie 4-częściowego pojazdu GT8N2: 36×2,3 m, 40,8 t, 493 kg/m<sup>2</sup>, 73 miejsca do siedzenia, 145 miejsc do stania (4 osoby/m<sup>2</sup>), łącznie 218 miejsc z nowym pojazdem Vario: 33,76×2,3 m, 38,5 t, 496 kg/m<sup>2</sup>, 87 miejsc siedzących, 132 miejsca do stania, razem 219 miejsc. Pojazd Vario oferuje przy tej samej szerokości wagonu, ale mniejszej długości, więcej miejsc siedzących. Pojazd ten jest monitorowany za pomocą kamer wideo i kosztuje obecnie, według danych VAG, 3 mln euro lub 38634 euro/m<sup>2</sup>. Pierwsze 6 pojazdów zostało w 50% dofinansowanych przez GVFG, 2 ostatnie nie. W *Stadtverkehr* 11-12/05, w tabeli 9 podaliśmy jeszcze cenę 2,5 mln euro i 32179 euro/m<sup>2</sup>.

Łącznie pewne zamówienia obejmują 99 pojazdów. Bezprzekładniowe pojazdy Vario opisywane były regularnie w naszych rocznych zestawieniach od 1993 r. i powinny naszym czytelnikom być dobrze znane.

Liczba pojazdów z silnikami napędzającymi bezpośrednio piastę koła z przekładnią planetarną jest stosunkowo mała:

- Frankfurt n/Menem: 40 pojazdów typu R3.1, 8×55 kW, Siemens, 1993/1998,
- Bruksela: 51 pojazdów Tram 200, 8×44 kW, Bombardier/Alstom (Holec), 1993/1995,
- Würzburg: 20 pojazdów GT-N, 12×45 kW, AlstomLHB/Siemens, 1996/1997,
- Graz: 18 pojazdów Cityrunner, 8×48 kW, Bombardier/Skoda, 2000/01.

Łącznie 129 pojazdów. Generalnie napędy te się sprawdziły. O ile mi wiadomo, problemy występowały tylko w Brukseli z przenoszącymi się na pobliskie domy wibracjami, które powodowane były dużymi niezamortyzowanymi masami. Wynosiły one około 700 kg/koło, a jak dowiedzieliśmy się w firmie Alstom, było to dwa razy więcej, niż w napędzie zamortyzowanym. W napędach z wałem pustym wielkość ta ulega zmniejszeniu do 200–300 kg na koło napędne. W pojazdach typu Vario wielkość ta wynosi również około 700 kg/koło. Co nowego jest w pojazdach typu Vario z firmy Stadler?

1. Problemy z Combino doprowadziły do przeprowadzenia całkowicie nowych obliczeń całego pojazdu i przeprowadzenia intensywnych prób naprężeń i prób zmęczeniowych.
2. Przeguby w wykonaniu wieńca kulowego.
3. Podwozia mogą być amortyzowane pneumatycznie (rys. 55).
4. W części czołowej wbudowano elementy pochłaniające energię zderzenia.
5. Pudło wagonu jest konstrukcją spawaną ze stali szlachetnej.
6. Pokrycie jest naklejane.

Napęd bezprzekładniowy (rys. 56, 57) ma tę dużą zaletę, że odpada przekładnia, a wraz z nią źródło hałasu, nie występują nieszczelności i zużywanie się elementów. Wadą napędu bezprzekładniowego jest to, że ośmiobiegunowy, zainstalowany bezpośrednio silnik asynchroniczny w stanie obciążenia wykazuje stopień sprawności prawie 20% niższy, niż przy układzie silnik-przekładnia [7]. Przy częściowym obciążeniu straty spowodowane przez przekładnię są relatywnie większe, niż przy pełnym ob-

## Dane techniczne pojazdów produkowanych obecnie w firmie Stadler

System		Norymberga/ /Monachium	Bochum	Graz	Bergen
Liczba wagonów		8 + 4	30	45	12
Dostawa		2007/2008	2008/2011	2009/2015	2009/2010
Szerokość toru	[mm]	1435	1000	1435	1435
Długość	[m]	33,94	29,62	27,02	32,18
Szerokość	[mm]	2300	2300	2300	2650
Rozstaw zestawów kołowych	[mm]	1800	1800	1800	1800
Średnica koła	[mm]	650	650	650	650
Masa własna pojazdu	[t]	38,5/39,4	38,5	36,6	37,2
Masa/powierzchnia	[kg/m <sup>2</sup> ]	496	565	588	436
Moc	[kW]	8×45	8×45	8×45	8×45
Moc jednostkowa	[kW/t]	9,35	9,35	9,84	9,68
Liczba siedzeń		87	68	38	80
Liczba miejsc do stania	[4/m <sup>2</sup> ]	132	120	113	148



Rys. 48. Pojazd Vario 33,94×2,3 m w wersji dla Norymbergii na próbnym torze niedaleko Velten  
Fot. VAG Norymberga



Rys. 49. Projekt części czołowej wagonu w wersji dla Monachium  
Rys. MVG



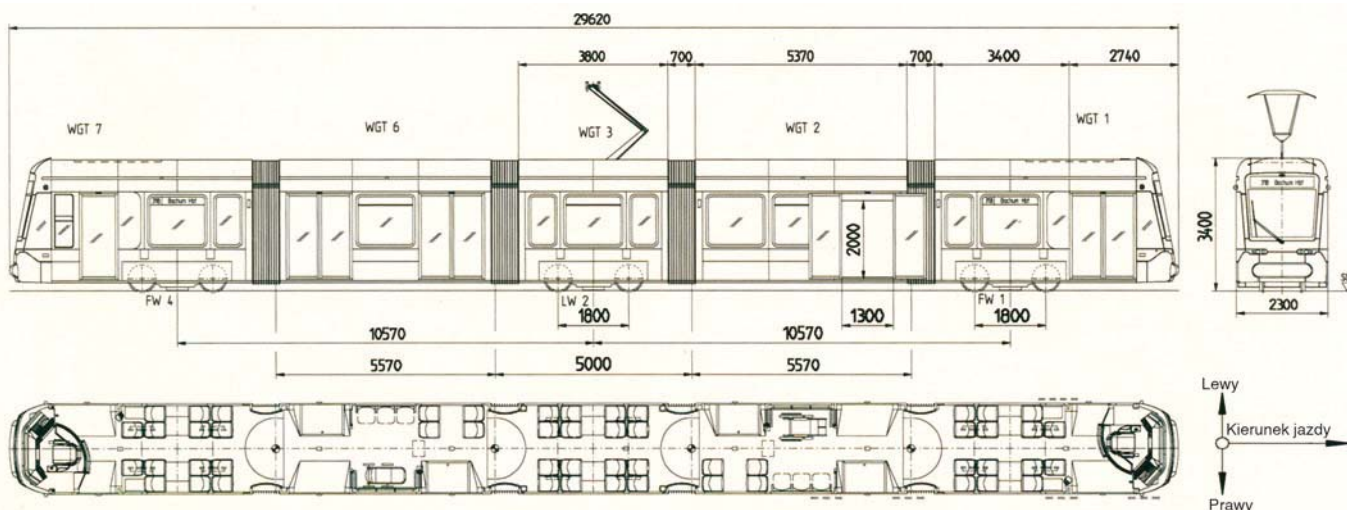
ciążeniu. Możliwe jest więc zmniejszenie strat efektywnych. Firma Stadler deklaruje, że nie będzie żadnej różnicy w zużyciu energii. Można to sprawdzić eksperymentalnie w Grazu. Grazu eksploatuje 18 pojazdów Cityrunner z przekładniami silnikowymi napędzają-

cymi bezpośrednio piasty kół oraz otrzyma kolejki typu Vario o tych samych praktycznie wymiarach, tylko o szerokości 2,3 m, a nie 2,2 m. Należy odłączyć ogrzewanie oraz przewietrzenie i w tym stanie pomierzyć trakcyjne zużycie prądu. W ten sposób otrzyma się precyzyjny wynik poboru prądu. Jednakże pojazd Vario ma masę o 4 t większą, co należy bezwarunkowo uwzględnić. Poprzez popchnięcie podwozia napędzonego pojazdu Vario można spowodować, że zacznie się on toczyć. Opory toczenia są bardzo małe. Podczas wstępnych jazd w Chemnitz pojazd Vario zachowywała się niezwykle cicho.

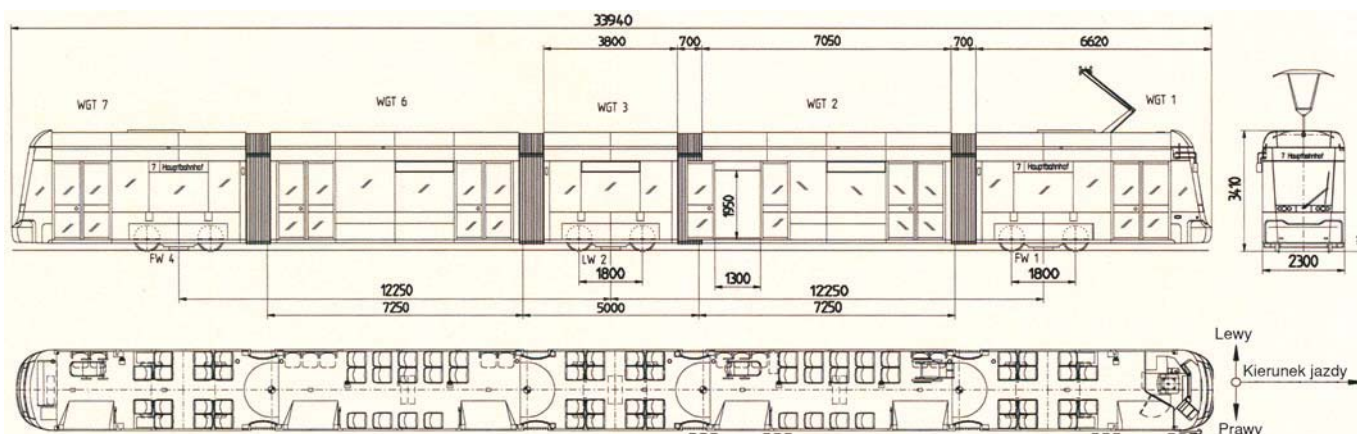
Podłża wagonu budowane są w zakładzie Verkehrsindustriesysteme Halberstadt GmbH, Saksonia Anhalt (VIS), jednym z dawniejszych zakładów naprawczych DR (Deutsche Reichsbahn – Niemieckiej Kolei Państwowej). Podwozia pochodzą z Winpro (dawnie SLM) w Winterthur, siostrzanej firmy zakładów Stadler. W dziedzinie wyposażenia elektrycznego Stadler wkroczył na nową drogę. Oprogramowanie układów sterowania elektronicznego wykonywane jest we własnym zakresie, sprzęt elektroniczny kupowany jest w firmie Friedrich Lütze GmbH, Wienstadt, przekształtniki prądowe pochodzą z firmy ABB, Szwajcaria, Turgi. Firma ta, w oparciu o swoje komponenty przemysłowe, konstruuje po umiarkowanych kosztach, chłodzone cieczą falowniki typu Bordline® CC 400/800 (rys. 58), które dostarczane są w postaci skrzyń, jako kompletne moduły. W skrzyni znajdują się dwa fa-



Rys. 50. Pojazd Vario dla Norymbergii na hali montażu w zakładach w Pankow  
Fot. VAG Norymberga

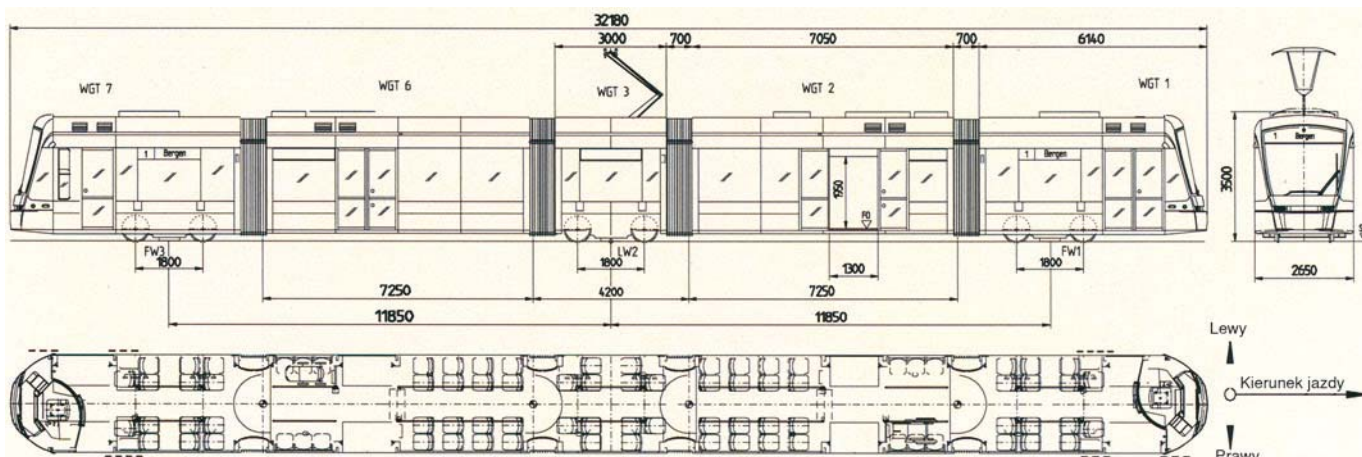


Rys. 51. Szkic pojazdu Vario firmy Stadler 29,62×2,3 dla przedsiębiorstwa komunikacyjnego Bochum-Gelsenkirchener Straßenbahnen AG (BOGESTRA)  
Rys. Stadler Pankow



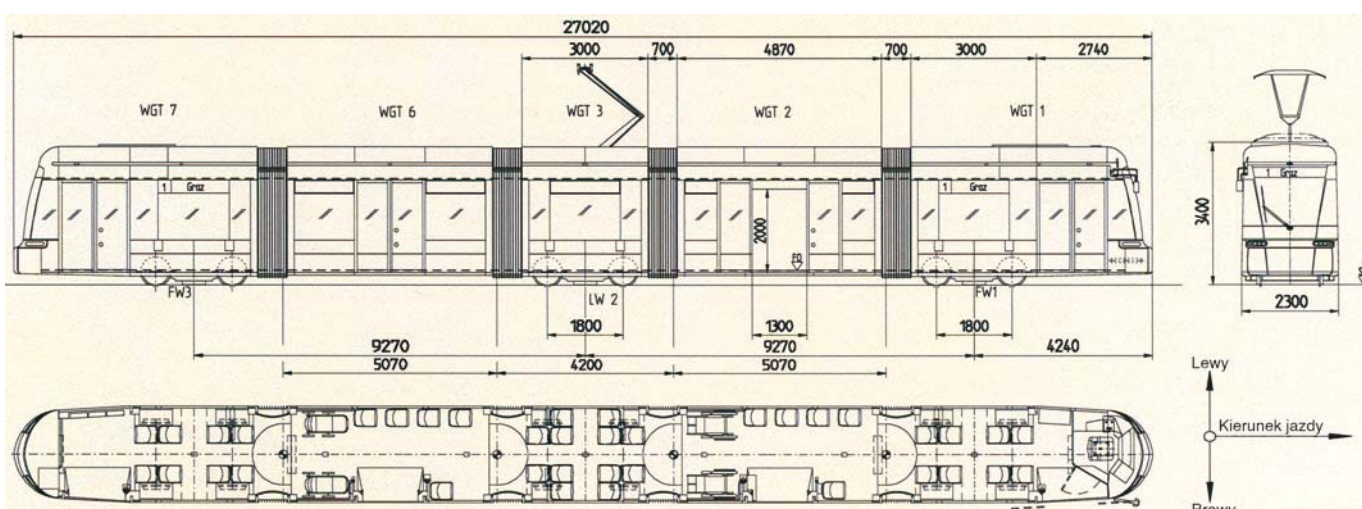
Rys. 52. Szkic pojazdu Vario firmy Stadler 33,94×2,3 m dla przedsiębiorstwa komunikacyjnego VAG, Norymberga  
Rys. Stadler Pankow





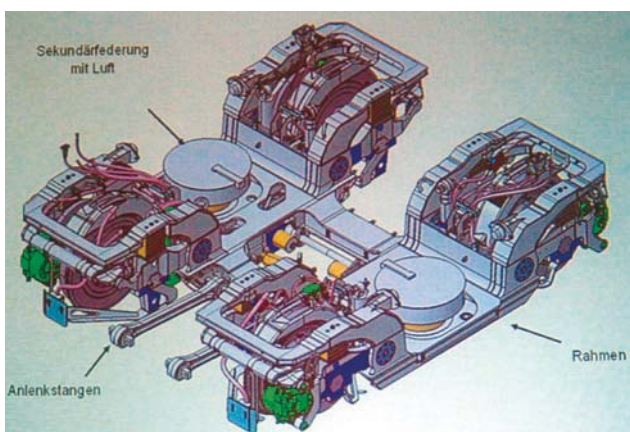
Rys. 53. Szkic pojazdu vario firmy Stadler 32,18×2,65 m dla Bergen, Norwegia

Rys. Stadler Pankow

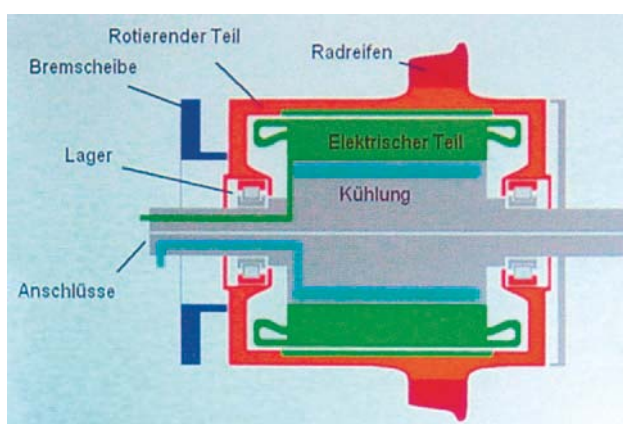


Rys.54. Szkic pojazdu firmy Stadler 27,02×2,3 m dla Grazu

Rys. Stadler Pankow



Rys. 55. Pojazd Vario, podwozie z amortyzacją pneumatyczną dla Norymbergii i Monachium. Koła napędne ułożyskowane są w wahaczach. Prowadnica osi i gumowo-metalowe usprężynowanie pierwotne, sztywne połączenie podwozia do pudła wagonu poprzez dwie równoległe prowadnice



Rys. 56. Pojazd Vario, bezprzekładniowy silnik TSA

Rys. Stadler

lowniki trakcyjne i czoper hamowania, które zasilają dwa silniki po jednej stronie, pomocniczą przetwornicę napięcia (3×230–400 V, 50 Hz, 35 kVA, 2×230–400 V, 50 Hz, 5 kVA) oraz układ ładowania baterii akumulatorów 8 kW, 24 V (rys. 59). Układ chłodzenia cieczą silników i falowników, jak również oporniki hamo-

wania, umieszczone są w osobnej skrzyni, instalowanej na dachu pojazdu, obok skrzyni z falownikami (rys. 60). Firma ABB sprawdza wszystkie urządzenia pod obciążeniem w Turcji i asystuje przy uruchomieniu pierwszego pojazdu, nie chce jednak być traktowana, jako dostawca wyposażenia elektrycznego w klasycznym tego słowa znaczeniu, jak np. Alstom, BT, Brush, STS, Elin EBG, czy Vossloh Kiep.





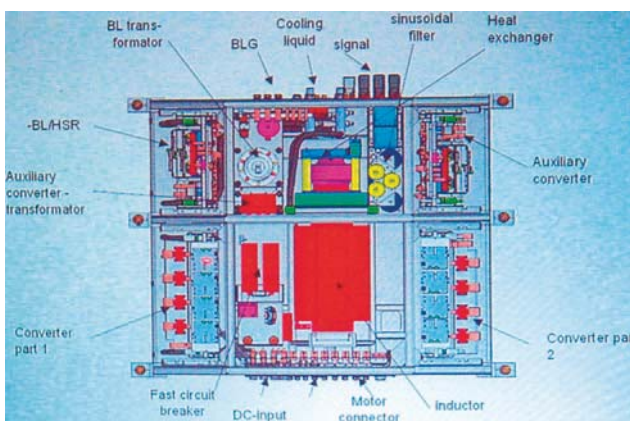
Rys. 57. Dwa silniki TSA naprzeciw siebie podczas prób obciążeniowych, ABB, Turgi. W tle silnik VEM z przekładnią firmy Flender dla pojazdu Tango



Rys. 60. Układ chłodzenia cieczą do silników i falowników produkcji ABB



Rys. 58. Falownik produkcji ABB dla pojazdu Vario



Rys. 59. Falownik CC400/800-Bordline w detalach

Rys. Stadler

## Podsumowanie

Po 20 latach intensywnego, technicznego rozwoju pojazdów niskopodłogowych, charakteryzującego się nadmierną liczbą innowacyjnych pomysłów, a przez to przynoszącym zbyt kosztowne rozwiązania, klienci mają obecnie do wyboru szeroką paletę eksploatacyjnie sprawdzonych rozwiązań pojazdów w 100% niskopodłogowych, od takich producentów, jak: Alstom, AnsaldoBreda, Bombardier i Siemens. Do tej grupy przyłączyć się chcą również CAF i Stadler. Lista producentów w dalszym ciągu się powiększa. Podobno firma Crotram, Zagrzeb, otrzymała zamówienie na 70 kolejnych wagonów, które tej zimy będą jeździć w Helsinkach, gdzie sprawdzona zostanie ich eksploatacja w warunkach zimowych. Czy takie firmy, jak PESA, Cegielski, Skoda i Konar pojawią się ze swoimi produktami na zachodnim rynku?



Za: Stadtverkehr 1-2/08  
Tłum. Andrzej Ratecki

Autor  
inż. dypl. Harry Hondius  
ETHZ, Beaufays, Belgia