

History of the Railways and its Tourism

Preserved railways gain operational status

Spoorweghistorie en -toerisme

Exploitatie van museumspoorwegen komt van de grond



In the sixties and seventies, during Epoch IV, the image of what took place on and around railways changed considerably. On mainlines electric traction had started to replace diesel power, trams were growing longer, coaches became sleeker and some stations much more modern. Along the tracks and in the reduced number of traffic control centres mechanical safety systems were gradually replaced by electrically driven ones, or sometimes already by electronically controlled systems. This meant progress in many fields but sometimes also that valuable assets from the past would be disposed of ill-considered. Things became more austere, more colourful, but also harder to understand and above all less romantic. Not everyone's choice.

PRESERVATION SOCIETIES

Consciousness of how valuable preservation of industrial heritage can be, was limited. Countries like England, France and Germany were ahead in this field. Still right in the end caring people in Belgium succeeded in preserving nice artifacts as well. Some die-hard who started to gather items and develop effective initiatives for railway preservation enabled this. These people may in Belgium be called 'enlightened amateurs'. It took some more time until the awareness developed that historical rolling stock sometimes can be operated economically, although it never will be easy. Volunteers make the difference.

● As mentioned DG 22 (Cockerill, 1915) was certainly a gain for Chemin de Fer des Trois Vallées CF^{3V}. Before, it ran until 1955 with Ets Heuze-Malevez-Simon at Auvelais and then up to 1980 for Ets Adhémar Demanet in Gosselies. Treignes during the Festival à Vapeur, September 1981. On the same day plans were made public here to publish Benelux Rail 1.

Genoemde DG 22 (Cockerill, 1915) was een aanwinst voor de Chemin de Fer des Trois Vallées CF^{3V}. Ze reed tot 1955 bij Ets Heuze-Malevez-Simon te Auvelais en tot 1980 bij Ets Adhémar Demanet te Gosselies. Treignes tijdens het Festival à Vapeur, september 1981. Diezelfde dag werden hier plannen voor Benelux Rail 1 aan het publiek gepresenteerd.

In de jaren zestig en zeventig, in Tijdperk IV, veranderde het beeld op en rondom de rails overall aanzienlijk. Dieseltractie begon op drukkerre verbindingen plaats te maken voor elektrische treinen, trams werden langer, rijtuigen gladder en sommige stations aanmerkelijk moderner. Langs de sporen en in de gesaneerde seinhuizen werden mechanische beveiligingssystemen opgevolgd door elektrische, of soms al elektronische. Railvervoer werd strakker, kleurrijker, maar ook ontoegankelijker en vooral minder romantisch. Elektronica bleef maar terrein winnen. Bij alle verbeteringen voor de exploitatie die dit opleverde, konden verworvenheden over het hoofd worden gezien en ondoordacht verloren gaan. Dat zinde niet iedereen.

MUSEALE ORGANISATIES

Er bestond in die jaren nog maar in beperkte mate het besef hoe belangrijk het behouden van waardevol industrieel erfgoed kan zijn. Op dat moment was men daar in landen als Engeland, Frankrijk en Duitsland verder mee. Niettemin kon op de valreep ook her en der in België moois worden bewaard. Dat veelal dankzij de inzet van volhardende individuen die zich in de jaren zeventig aaneen begonnen te sluiten tot slagvaardige groepjes. Men noemt deze mensen in België wel 'verlichte amateurs'. Het zou nog even duren voordat doorsijpelde dat je met historisch materieel economisch verantwoorde exploitatie kunt oppakken, al blijft het verre van eenvoudig. Vrijwilligers maken het mogelijk. Twee belangrijke vroege Waalse voorbeelden hiervan zijn Association pour la Sauvegarde du Vicinal ASvi, die in 1972 begon met een romantische museumtramlijn, en CF^{3V}. Met deze in 1973 opgerichte Chemin de Fer des Trois Vallées CF^{3V} had de hele Benelux niet alleen een actieve – en landschappelijk aantrekkelijke – museumspoorweg te pakken. Deze organisatie ging ook andere partijen inspireren. Hoewel enigszins

Two fine Walloon examples are *Association pour la Sauvegarde du Vicinal ASVi*, which started in 1972 a romantic museum tram line, the other being *CF³V. Chemin de Fer des Trois Vallées CF³V* established in 1973 meant not only the beginning of an active and scenic museum railway, but it also inspired other parties to develop valuable initiatives of their own. Although more or less of an international background, emphasis of *CF³V*'s activities is on the wealth embedded in Belgian railway history.

MOTIVE POWER HERITAGE

A striking representative of which sure is DG 22, a tiny locomotive of the compact Type IV, baptised *Micheline* soon after it had arrived with *CF³V*. Between 1868 and 1949 Cockerill in Seraing built no less than 943 of these, or similar, two-axle locos with their clever vertical Field boiler standing like a bottle full of energy. The boiler could, thanks to its posture, built up a steam pressure of 10 atmosphere in 45 minutes time. Pressure while at work would normally be 12 atmosphere. With their 30 hp/22 kW they were mainly aimed at lightweight shunting duties on industrial sites of which Belgium had so many in the past. With a wheel-base of only 1.80 metres it had a turning radius of 15 metres. A powerful steam brake of 4000 kilos on all four wheels prevented the little engine from skidding caused by pushing wagons. Small locomotives with brakes too weak to withstand the ush of a rake of wagons were responsible for many incidents with industrial railways for decades. Not spectacular enough to interest the newspapers but still a financial burden for the owning company.

In the fifties Cockerill succeeded in creating a worthy diesel powered successor indeed. It was purchased by quite some industrial railways in the Benelux as well as by SNCB. This two-axle light loco is also to be fitted with extra braking power to avoid the wagons it pulls to toss the shunter on their horns when it attempts to stop.

Another icon of Belgian cultural heritage certainly is steam locomotive Type 23. The well proportioned four-axle tank engine was in production in many places during 1904-27. At La Meuse (71), with Zimmermann-Hanrez (65), Boussu (60), Couillet (58), Le Thiriau (29), HSP (23), Franco-Belge (22), Saint-Léonard

internationaal van karakter, vormt de rijke Belgische spoorweggeschiedenis het zwaartepunt bij *CF³V*.

ROEREND CULTUREEL ERFGOED

Een tastbare exponent daarvan is bijvoorbeeld DG 22, een locomotiefje van het compacte Type IV, na aankomst bij *CF³V* *Micheline* gedoopt. Tussen 1868 en 1949 bouwde Cockerill in Seraing niet minder dan 943 van deze – of soortgelijke – tweeassers met hun uitgekiende verticale Field stoomketel oprijzend als een fles vol kracht. Dankzij deze positie kon de ketel in 45 minuten tijd een stoomdruk van 10 atmosfeer opbouwen. De normale werkdruk bedroeg 12 atmosfeer. Met hun 30 pk/22 kW vermogen waren ze vooral bestemd voor licht rangeerwerk op fabrieksterreinen waar België er heel wat van heeft gekend. Met een radstand van slechts 1,80 meter konden ze een enge radius van 15 meter aan. Een krachtige stoomrem van 4000 kilo op alle vier wielen zorgde dat het locje bij vertragen niet door de wagens te hard ‘in de nek werd geduwd’. Bij het remmen doorschuivende kleine locomotieven zorgden op industrie-emplacementen namelijk regelmatig voor incidenten. Niet spectaculair genoeg voor de krant, maar een lelijke terugkerende kostenpost voor de exploitant. Cockerill slaagde er later in voor dit succesnummer van industriële stroomtractie een waardige opvolger met dieselmotor te creëren. Vanaf de jaren vijftig vond die zijn weg naar de nodige industriespoorwegen in de Benelux, naar de nationale spoorwegen NMBS en naar andere landen. Ook deze tweeassige lichte loc kan met een flink remvermogen worden uitgerust om te voorkomen dat ze door de getrokken wagens op de hoorns wordt genomen. Nog zo'n icoon behorend tot de afdeling stoom van het Belgisch industrieel erfgoed is ongetwijfeld Type 23. De goed geproportioneerde vierassige tenderloc was van 1904-27 in velerlei fabriekshallen in productie. Bij La Meuse (71), bij Zimmermann-Hanrez (65), Boussu (60), Couillet (58), Le Thiriau (29), HSP (23), Franco-Belge (22), Saint-Léonard (19), J.J. Gilain (18), Ragheno (15), Carels (12), l'AC Luttre (10), Detombay (9), Tubize (7), l'Energie (5), Cockerill (4), La Biesme (3), Gilly (2) en bij La Hestre (2). Een onbekende leverancier vervaardigde er nog eens 2. Er werden er 2 naar de Franse *Compagnie des Mines de Carvin* geëxporteerd en 4 werden later verkocht naar



● A new lease of life for a hard working hack from the vanishing Walloon coal industry. CA 04 Gaby (Franco Belge Seneffe et Godarville 1951 c/n 2681), served SA des Cockerill et Houillères d'Anderlues, in mining 1850-1967 including the last coke plant 1906-2002. It steamed on 24 May 1980 from Anderlues naar Mariembourg to join the new *CF³V*. With Type x coaches in September 1980, Yves Steenebruggen.

● Nieuw leven voor een werkpaard uit de teloorgaande Waalse mijnbouw. CA 04 Gaby (Franco Belge Seneffe et Godarville 1951, c/n 2681) van SA des Cockerill et Houillères d'Anderlues in steenkoolwinning 1850-1967 met de laatste cokesfabriek 1906-2002. Ze stoomde op 24 mei 1980 van Anderlues naar Mariembourg naar de nieuwe *CF³V*. Met rijtuigen Type x in september 1980, Yves Steenebruggen.



● Vicinal AR. 266 of the metal bodied series 259-282 dates from 1938. The metre gauge line between Han-sur-Lesse and the caves of Han, where the picture was taken in April 1978, over a distance of 5,4 kilometres opened in 1906 to bring visitors to the caves. Trailers, including neat open (baladeuses) ones, are also used.

● Buurtspoorweg AR. 266 uit de serie 259-282 met metalen casco's stamt uit 1938. De 5,4 kilometer metersporige lijn van Han-sur-Lesse naar de grotten, waar de foto in april 1978 ontstond, brengt sinds 1906 bezoekers naar de grotten. Er zijn ook smakvolle open (baladeuses) en gesloten rijtuigen.



In the seventies France developed Véhicule Automatique Léger (VAL). Construction of the driverless system on rubber tyres for Lille started in 1978 with service to commence in 1983. Nowadays the new set-up carries some 100 million passengers a year. Lille, VAL depot July 1987.

Frankrijk ontwikkelde in de jaren zeventig Véhicule Automatique Léger (VAL). In Lille begon de bouw in 1978 en het systeem op luchtbanden zonder bestuurder ging er in 1983 in gebruik. Inmiddels vervoert het zo'n 100 miljoen mensen per jaar. Lille, depot VAL juli 1987.



In Belgium an industrial consortium worked on Transport Automatique Urbain (TAU), a similar system but running on steel wheels for the Jemeppe-sur-Meuse and Herstal route of Liège. TAU never reached production status and its prototype of 1985 is now hidden here in the Musée des Transports en commun de Wallonie in Liège, March 2016.

In België werkte een industrieel consortium aan een vergelijkbaar systeem echter met stalen wielen onder de naam Transport Automatique Urbain (TAU) dat in Liège in bedrijf zou gaan tussen Jemeppe-sur-Meuse en Herstal. Het kwam niet tot productie en het prototype uit 1985 staat nu weggedoken in een hoek van het Musée des Transports en commun de Wallonie, maart 2016.

(19), J.J. Gilain (18), Ragheno (15), Carels (12), l'AC Luttre (10), Detombay (9), Tubize (7), l'Energie (5), Cockerill (4), La Biesme (3), Gilly (2) and at La Hestre (2). An unknown producer yet delivered another 2. The French *Compagnie des Mines de Carvin* was an export customer for 2 of these shunters. Later 4 examples were sold to the *Kempense Steenkolenmijnen* at Zwartberg. Some soldiered on until the very last years of Belgian steam, thus enabling the class 23 of a career that lasted for about a century.

PHOENIX LIÈGOIS

Since 1871 no less than 18 companies, many short-lived, did exploit tramway services in or around Liège. With the last service having taken place in November 1967 it seemed that this is it. However at the time of writing an brandnew tram operation between Jemeppe-sur-Meuse and Herstal (phase 1) as well as between Ans and Vaux-sous-Chèvremont near Chaudfontaine (phase 2) is being prepared in the vicinity. This modern Keskistram will in addition serve the city centre of this industrial city on the banks of the river Meuse. The system is to open in 2022.

In the meantime in the mid-eighties there was a discouraging incident when Liège prematurely started to build structural work for a tunnel between the Saint-Léonard quay and la Batte. This infrastructure was part of the intended unmanned progressive Walloon subway system Transport Automatisé Urbain TAU comparable to the Véhicule Automatique Léger VAL of Lille. The Liège system would act as a visible face for export customers to be. All this ended in a no-go and the tunnel, now in use for storage purposes, became a shameful relic of infrastructural dreams driven by political ambitions rather than public need. Ironically several historical trams of the local Natalis trammuseum or Musée des Transports en commun de Wallonie now sit high and dry in this tunnel whilst a TAU prototype is in the museum.

de *Kempense Steenkolenmijnen* te Zwartberg. Enkele exemplaren waren tot de allerlaatste Belgische stoomjaren aan het werk waarmee het ontwerp van de 23 praktisch een eeuw in gebruik is geweest.

FENIKS IN LIÈGE

In en om Liège waren vanaf 1871 niet minder dan 18 maatschappijen kort of lang actief met het exploiteren van tramdiensten. Met de laatste rit in november 1967 leek dit voorgoed geschiedenis te worden. Echter op het moment van schrijven wordt gewerkt aan een hedendaagse tram tussen Jemeppe-sur-Meuse en Herstal (fase 1) en tussen Ans en Vaux-sous-Chèvremont bij Chaudfontaine (fase 2). Deze nieuwerwetse Keskistram passeert straks bovendien bewust het stadcentrum. De opening van de tram is voorzien voor 2022.

Tussendoor was er nog een ontmoedigend incident toen de industriestad aan de Maas in het midden van de jaren tachtig tussen de kade van Saint-Léonard en la Batte vast de ruwbouw van een tunnel aanlegde. Het kunstwerk kwam er ten behoeve van de geplande onbemande technisch vooruitstrevende Waalse metro Transport Automatisé Urbain TAU te vergelijken met de Franse Véhicule Automatique Léger VAL in Lille. Het systeem in Liège zou tevens als visitekaartje dienen voor mogelijke exportklanten. Het feest ging echter niet door en de tunnel, thans een opslagplaats, geldt sindsdien als een van de beschamende overblijfselen van politiek gedreven infrastructurele dromen in plaats van door publieksvraag.

Ironisch genoeg zijn verscheidene historische trams van het plaatselijke Natalis trammuseum of Musée des Transports en commun de Wallonie nu veilig ondergebracht in de tunnel en staat daarentegen een TAU prototype in dat museum.



SNCB 29013 is in the same role as the Dutch NS 3737. In 1966 this Consolidation pulled the last Belgian steam train but was preserved. Montreal Locomotive Works delivered 29.001-160, Canadian Locomotive Company in Kingston 29.161-220 and Alco in Schenectady, USA built SNCB 29.221-300. An enormous fleet that is. Mariembourg, September 1979.

NMBS 29013 vervult dezelfde rol als NS 3737 in Nederland. In 1966 verzorgde deze Consolidation de laatste Belgische stoomrit maar bleef bewaard. Montreal Locomotive Works leverde serie 29.001-160, Canadian Locomotive Company in Kingston 29.161-220 en Alco in Schenectady, vs bouwde 29.221-300. Een enorme vloot dus. Mariembourg, september 1979.



Belgian company S.A. Marchinelle et Couillet built in 1892 this OSE 1211 (one of the series 211-218) destined for the 173 kilometre 1000 mm Mili Nafpliou-Kalamata railway on the Peloponnesos. Later they were renumbered 1B 7.211-7.218. This 2-6-0 loco is now kept in the railway museum of Athina, looking better than here in Patras back in October 1976.

Het Belgische S.A. Marchinelle et Couillet bouwde in 1892 deze OSE 1211 (uit de serie 211-218) voor de 173 kilometer lange 1000 mm Mili Nafpliou-Kalamata spoorweg op de Peloponnesos. Later werden ze omgedoopt in 1B 7.211-7.218. De 1'c 1' staat thans in het spoorwegmuseum van Athina, zichtbaar beter behouden dan hier nog te Patras oktober 1976.



Nr. 5620, built in 1904 by Ateliers de Construction de Boussu, in the historical collection at the Leuven shops in June 1978. Most exhibits were not in working condition. Designated as 23 class État received 60 from Boussu. As Class 53 SNCB renumbered the large fleet in 5300-5675 in 1931. Of these fine shunters 59 were lost during WW 1, 10 more so in WW 2.

Nr. 5620, in 1904 gebouwd door Ateliers de Construction de Boussu, maakt in de werkplaats te Leuven in juni 1978 deel uit van de historische collectie, die grotendeels niet rijvaardig was. Als Type 23 leverde Boussu er 60 aan État. In 1931 nummerde NMBS de omvangrijke vloot om in Type 53 5300-5675. In wo 1 gingen er 59 verloren, in de wo 2 nog eens 10.



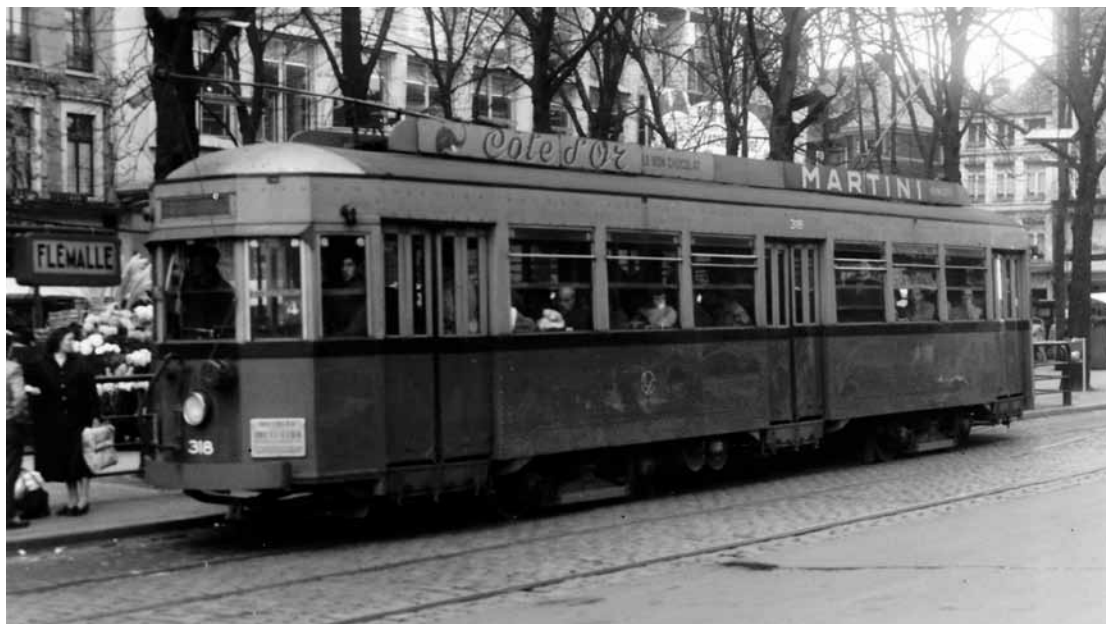
Every one of the dozen quadruples AM 35 consisted of two motor/driving cars each with two pantographs and two intermediate elements. In 1938 extra coaches were added in pairs to form six-car trains. In 1967 the remaining fleet was used to compose eight two-car postal train sets each with one pantograph only. Here the surviving set yet to be restored at Leuven depot in July 1978.

Het dozijn quadruples AM 35 bestond telkens uit twee motor/stuurwagens met elk twee pantografen en twee tussenrijtuigen. In 1938 volgden extra rijtuigen die in paren werden tussengeplaatst. In 1967 werden uit de resterende oude bestanden acht tweedelige posttreinen gevormd met één stroomafnemer per trein. Hier het te restaureren stel te Leuven in juli 1978.



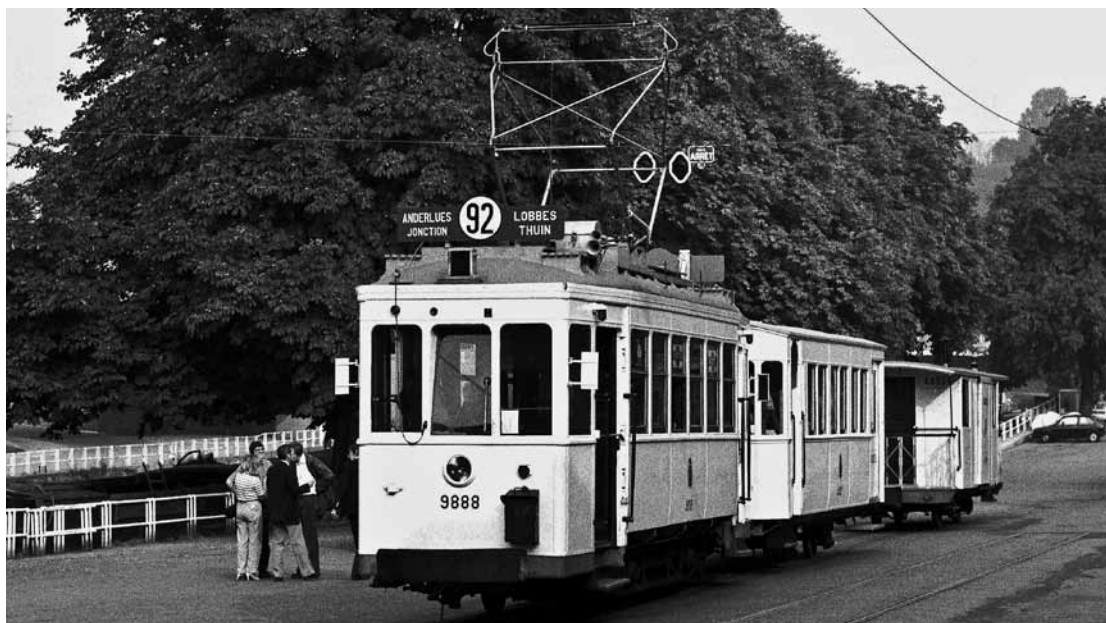
The same AM 35 (7312/7724) refurbished and in its original livery at the Mechelen shops in 1987. Offering 2nd and 3rd class it was destined for Bruxelles-Antwerpen express traffic. AM 39s were stopping trains, just like the AM 54. Initially AM 55 was an express. In daily use this distinction was abandoned and in the end all classes provided both services as required.

Dezelfde AM 35 (7312/7724) na renovatie te Mechelen in 1987 in het oorspronkelijk kleurenschema. Met hun 2de en 3de klasse waren ze bestemd voor sneltreinen Brussel-Antwerpen. AM 39's waren, net als de AM 54's, stoptreinstellen. AM 55 was aanvankelijk een sneltrein. Echter in de praktijk hield deze scheiding niet stand en verzorgden alle stellen uiteindelijk beide diensten.



Apart from TULE it was Railways Économiques de Liège-Seraing et Extensions RElse that survived, in 1961 succeeded by Société des Transport Intercommunaux de Liège-Seraing STILs. In 1964 STIAL (ex TULE) and STILs (ex RElse) merged to Société de Transport Intercommunale de la Région Liégeoise STIL. These green trams, 318 seen at Flémalle Rue du Theatre in 1957, disappeared in 1967.

Naast TULE overleefde Railways Économiques de Liège-Seraing et Extensions RElse, in 1961 opgevolgd door Société des Transport Intercommunaux de Liège-Seraing STILs. In 1964 versmolten STIAL (ex TULE) en STILs (ex RElse) tot Société de Transport Intercommunale de la Région Liégeoise STIL. De groene trams, hier 318 te Flémalle Rue du Theatre in 1957, verdwenen in 1967.



The in 1972 established Association pour la Sauvegarde du Vicinal ASvi started this 1000 mm gauge preserved line between Thuin (Ville Basse) and Lobbes, remains of the former lines 91 and 92 to Anderlues. Photo in April 1977. Anno 2016 the line has grown into a fully fledged museum tramway including a static exposition at Thuin Ouest. Recommended.

De in 1972 opgerichte Association pour la Sauvegarde du Vicinal ASvi begon met deze 1000 mm museumtramlijn tussen Thuin (Ville Basse) en Lobbes, een restant van de vroegere lijnen 91 en 92 naar Anderlues. Foto in april 1977. Anno 2016 is de lijn uitgegroeid tot een volwaardig rijdende museumtramweg met te Thuin Ouest een statisch museum. Aanbevolen.



Liège was long hub of the spokes of six tramway companies. Four merged in 1928 to Tramways Unifiées de Liège et Extensions TULE. In 1961 Société des Transports Intercommunaux de l'Agglomération Liégeoise STIAL succeeded TULE. 1930 was the last year to see new trams arrive. Yellow town car 86 in 1964 in front of station Guillemins just before the final curtain fell.

Liège vormde lang de ster in het net van zes maatschappijen. Vier fuseerden in 1928 tot Tramways Unifiées de Liège et Extensions TULE. In 1961 volgde Société des Transports Intercommunaux de l'Agglomération Liégeoise STIAL TULE op. Het jaar 1930 bracht voor het laatst nieuwe trams naar de stad. Gele stadswagen 86 in 1964 voor station Guillemins kort voor het einde.



In Bruxelles the first horse tram ran in 1869, in 1877 the first steam tram appeared and in 1894 the first electric tram did. Museum Woluwe shows 346, a half open two-axle tram built in 1903 by Métallurgique. It used to work for Société Générale de Chemins de Fer Économiques CFE of 1889 the biggest operator beside Tramways Bruxellois TB from 1875. In 1925 both companies merged.

In Brussel reed in 1869 de oudste paarden-, in 1877 de eerste stoom- en in 1894 de oudste elektrische tram. Museum Woluwe toont 346 een half open tweewasser in 1903 vervaardigd door Métallurgique. Hij reed bij de Société Générale de Chemins de Fer Économiques CFE, opgericht in 1889, de grootste naast Tramways Bruxellois TB uit 1875. In 1925 fuseerden beide bedrijven.

The Netherlands

—
Nederland



Rolling Stock Management and Innovation
Materieelbeheer en -innovatie
109

Infrastructure, safety and environment
Infrastructuur, veiligheid en milieu
149

Passenger Travel
Reizigersverkeer
159

Goods Transport
Goederenvervoer
169

Europe and beyond
Europa en ginder
179

Urban Transport and predecessors of Light Rail
Stadsverkeer en voorlopers Light Rail
193

History of the Railways and its Tourism
Spoorweghistorie en -toerisme
207



Rolling stock management and innovation

109

Werkspoor fades away, both used and new rolling stock appear

Materieelbeheer en -innovatie

Werkspoor verdwijnt, gebruikt en nieuw materieel maakt zijn opwachting

The Netherlands lost the last of its significant rolling stock builders. The company involved – as from 1929 called Werkspoor – had started in 1826 as a repair shop for the Amsterdamse Stoombootmaatschappij. With an order book filled with governmental assignments it branched out into one of the biggest engineering factories in the country in 25 years time. Production of steam engines for the shipbuilding and sugar industry was logically extended with that of steam locomotives. At the end of the nineteenth century Werkspoor for instance did win a major order from South Africa for 40 locomotives and 400 goods wagons. In 1913 the erection of railway coaches and heavy steel constructions like bridges moved from Amsterdam to the industrial area Lage Weide in Nieuw Zuilen, now a suburb of Utrecht. In 1954 Werkspoor merged with Stork and became part of Verenigde Machinefabrieken Stork-Werkspoor VMF. Dutch rail operators kept placing orders in Utrecht on a regular basis. Around 1968 the company had gained such a large order backlog – amongst others for NS Plan v two-car stopping trains and for the GVB articulated trams 670-724 – that work had to be contracted out to DüWAG in Düsseldorf.

FIERCE COMPETITION

The wave in orders could not conceal however that the Dutch domestic market is too limited for a home-grown industry to survive in times of increas-

● Number 4 out of the 'Front runner' preseries 4001-4007 in March 1977 on the Talbot assembly line in Aachen. Already clearly visible is its raised driving cab new to NS. Electrical equipment is supplied by CEM, Oerlikon and Smit. About 30% of the people employed here were Dutch commuters at the time.

● Nummer 4 uit de protoserie 4001-4007 van de Koploper met de voor NS nieuwe, prominent zichtbare, verhoogde bestuurderscabine ontstaat in maart in 1977 op de productielijn van Talbot te Aachen waar overigens de nodige (30%) Nederlanders werkten. De elektrische uitrusting is van CEM, Oerlikon en Smit.

Nederland verloor zijn resterende belangrijke leverancier van rollend materieel. Het bedrijf, dat vanaf 1929 onder de naam Werkspoor opereerde, was in 1826 begonnen als reparatiewerkplaats voor de Amsterdamse Stoombootmaatschappij. Met veel overheidsopdrachten in portefeuille groeide het in 25 jaar uit tot een van de grootste machinefabrieken van het land. Productie van stoommachines voor de scheepsbouw en de suikerindustrie werd logisch uitgebreid met die van stoomlocomotieven. Eind van de negentiende eeuw haalde Werkspoor bijvoorbeeld een bestelling uit Zuid-Afrika binnen voor 40 locomotieven en 400 goederenwagens. In 1913 verhuisde de fabricage van spoorrijtuigen en zware staalconstructies zoals bruggen van Amsterdam naar het industrieterrein Lage Weide in Nieuw Zuilen, nu een wijk van Utrecht. In 1954 fuseerde Werkspoor met Stork en werd onderdeel van de Verenigde Machinefabrieken Stork-Werkspoor VMF. Nederlandse railbedrijven plaatsten regelmatig bestellingen in Utrecht. Rond 1968 had Werkspoor zoveel orders in portefeuille – onder andere voor NS Plan v stoptreinstellen en de GVB trams 670-724 – dat werk moest worden uitbesteed. Dat gebeurde aan DüWag in Düsseldorf.

HEVIGE CONCURRENTIE

Toch kon de ordervloed van dat moment niet verhelen dat de Nederlandse markt een te smalle basis was geworden om te overleven in tijden van toenemende internationale concurrentie. Daarom zag Werkspoor zich in 1972 gedwongen de afdeling voor rollend materieel Rolma te sluiten. In 1989 werd het resterende deel van Stork-Werkspoor door het Finse Wärtsilä overgenomen.

Door het faillissement van Rolma Werkspoor werd de lopende bouw van NS Plan v's voortgezet bij Talbot in Aachen. Het al binnengehaalde werk aan een nieuwe generatie Haagse PCC's ging nu over naar BN te Brugge.

ing international competition. In 1972 Werkspoor was forced to close down its rolling stock department Rolma. In 1989 the remaining activities of Stork-Werkspoor were absorbed by the Finnish firm of Wärtsilä.

Bankruptcy of Rolma Werkspoor urged that the still ongoing production of NS Plan vs was continued at Talbot in Aachen. The backlog for a new generation of PCC trams for Den Haag was reallocated to BN in Brugge.

New passenger stock for NS consisted of the Sprinter (Plan Y) in 1975, followed early 1977 by the Koploper (Plan Z or IC 111). Both arose at the Talbot assembly line.

Beside that, NS commenced in the second half of the seventies the process of selecting an important new electric locomotive class. The eventual winner Alstom was to build its proven B'B' design of the time for The Netherlands as NS 1600 in 1981-83.

It might be a niche event, but very interesting indeed was the arrival of NS 1500 class. A mini batch of seven second-hand locomotives built for Englands only 1500 V DC link, the Woodhead Route. This line was initiated in the twenties by the London & North Eastern Railway LNER. The six-axle EM2, later Class 77, took care of express trains on the Woodhead. Goods traffic, mostly coal transport, was the job for the four-axle counterpart EM1, later Class 76. After a while EM1 locomotives were also used for slower passenger traffic and did so beside the Woodhead's own EMUs Class 506 dating from 1954. A total of 57 EM1s had been built between 1941 and 1953 immediately followed by 7 EM2s in 1953-54. Both were produced by Metropolitan-Vickers and BR Doncaster and Gorton. After British Rail phased out the EM2 in September 1968, NS purchased the seven to bridge the locomotive gap that occurred by the introduction of the novel Dutch Intercity services. Main tasks of the high-profile new class became IC passenger trains between Den Haag and Venlo as well as nocturnal goods traffic, for instance between Rotterdam and Roosendaal. After arrival of the new 1600 class, their retirement was due in 1985 and 1986. No less than three were preserved though: 1501 at the Werkgroep 1501, 1502 by Midland Railway Butterley and 1505 in the Manchester Museum of Science and Industry. In the years 1968-1971 Triang/Hornby released a

Nieuw reizigersmaterieel voor NS, de in 1975 verschenen Sprinter (Plan Y), werd begin 1977 gevolgd door de Koploper (Plan Z of IC 111). Beide verzezen nu bij Talbot.

Daarnaast boog NS zich in de tweede helft van de jaren zeventig over de selectie voor een belangrijke nieuwe elektrische locomotief. Alstom zou die winnen en in 1981-83 de beproefde B'B' SNCF BB-7200 als NS serie 1600 bouwen.

Beperkt van omvang maar des te interessanter was intussen de komst van de NS 1500. Een tweedehands miniserie gebouwd voor de enige met 1500 V geëlectriceerde verbinding in Engeland, de Woodhead Route. Het initiatief voor de verbinding door de London & North Eastern Railway LNER stamt uit de jaren twintig. Op de Woodhead verzorgden de zessers EM2, later Class 77, het expresverkeer. Het goederenvervoer, veelal kolentransport, was de taak van de vierassige evenknie EM1, later Class 76 genoemd. De EM1 werd na verloop van tijd ook voor het langzamere reizigersvervoer ingezet en wel samen met de Woodhead elektrische treinstellen Class 506 uit 1954. Van de EM1 waren er 57 gebouwd tussen 1941 en 1953, van de EM2 volgden er 7 in 1953-54. Beide waren vervaardigd door Metropolitan-Vickers en BR Doncaster en Gorton. Nadat British Rail de EM2 in september 1968 afdankte, kocht NS het zevental om zo te voorzien in een tekort aan locomotieven. Dat was mede ontstaan door invoering van de klokvaste Intercity verbindingen. Hoofdtaken van de karakteristieke trekkrachten werden nu Intercitydiensten tussen Den Haag en Venlo en daarnaast nachtelijk goederenvervoer onder andere tussen Rotterdam en Roosendaal. Na de komst van de nieuwe 1600 konden de 1500's in 1985 en 1986 worden afgevoerd. Niet minder dan drie bleven echter bewaard: 1501 van de Werkgroep 1501, 1502 van de Midland Railway Butterley en 1505 in het Manchester Museum of Science and Industry. Triang/Hornby bracht in 1968-1971 een merkwaardig OO model uit van de EM2 in verschillende kleurstellingen. Niet al te accuraat op meerdere punten en het aangedreven draaistel telt slechts twee echte assen. De veel later verschenen HO modellen van EloTrains/Elotrack, kleinspoor en Philotrains zijn heel andere koek. De resterende vier, van de vijf gebouwde, gecombineerd Nederlands/Zwitsers TEE treinstellen vertrok

rather weird OO model of the EM2 in different liveries. Not only is the standard of their accuracy poor in more than one respect, the driving bogie features only two real axles. HO models much later produced by EloTrains/Elotrack, kleinspoor and Philotrains are horses of a different colour.

In 1977 the surviving four, out of five built, combined Dutch/Swiss TEE DMUs were shipped to Canada. The TEE concept dates from 1957 and was initiated by an idea of the then president of the Nederlandsche Spoorwegen Den Hollander responding to the awakening of European air traffic and the ever more comfortable private car. TEES connected seven West-European countries. Their average speed was typically higher than express trains would achieve. Offering first class only, they featured a restaurant, airconditioning and TEES held smiling stewardesses ready for service. The DE 1000/RAM 500 trains were – though not all at the same time – used for TEE Edelweiss, TEE Étoile du Nord and TEE Île de France (both between Amsterdam and Paris), TEE Brabant and TEE L'Oiseau bleu (Bruxelles-Paris), TEE L'Abalète (Paris-Zürich) and TEE Bavaria (München-Zürich). The power car carried three diesel engines. Two 1000 hp each to feed the four traction motors and one of 300 hp for the power supply on board. Its axle configuration was (A1A)'(A1A)'+2'2'+2'2'+2'2'. Once in Canada the former TEE DMUs – now numbered as 1980-1983 and named Northlander – operated on the north-bound link Toronto-Timmins in Cochrane of Ontario Northland Railroad. In 1992 the Northlanders were retired. One set returned to Europe to be restored.

THREE-PHASE EXPLAINED

There is a basket of options. To power electric traction – apart from the commonly used direct current (=) or alternating current (~) – three-phase a-synchrone (Δ) current can be applied. More so the first electrified railway in the world, the Swiss Burgdorf-Thun-Bahn BTB, used 750 V/40 Hz three-phase electricity for thirty years. It did so right from the beginning in 1898 on its 40 kilometres long line that includes an incline of 25‰.

To comprehend opportunities and limits of three-phase current a quick look at what it actually is and its history in rail transport is appropriate. In three-

ken in 1977 naar Canada. Het basisidee van de TEE dateert van 1957 en vloeide voort uit een initiatief van de toenmalige president van de Nederlandsche Spoorwegen Den Hollander als antwoord op ontluikend Europees luchtverkeer en het alsmaar beter wordende automobiel. TEE's reden tussen zeven West-Europese landen. Ze kenden meestal hogere gemiddelde snelheden dan exprestreinen, uitsluitend eerste klas, airconditioning, een restaurant en glimlachende stewardessen. De DE 1000/RAM 500 treinstellen verzorgden – zij het niet allemaal tezelfdertijd – naast de TEE Edelweiss, de TEE's Étoile du Nord en Île de France (beide Amsterdam-Paris v.v.), de TEE's Brabant/L'Oiseau bleu (Brussel-Paris), L'Abalète (Paris-Zürich) en TEE Bavaria (München-Zürich). In het motorrijtuig waren drie dieselmotoren aan het werk. Twee van 1000 pk elk voor het voeden van de elektrische tractiemotoren en een van 300 pk voor de energievoorziening aan boord. De asindeling was (A1A)'(A1A)'+2'2'+2'2'+2'2'. Eenmaal in Canada reden deze TEE diesel treinstellen bij Ontario Northland Railroad ONR genummerd als 1980-1983 onder de naam Northlander voort op de noordwaartse verbinding Toronto-Timmins in Cochrane. In 1992 werden de Northlanders uit dienst genomen. Een set keerde voor restauratie terug naar Europa.

Voor het aandrijven van elektrische treinen kan, behalve gelijkstroom (=) of wisselstroom (~), ook drie-fasen asynchrone ofwel draaistroom (Δ) worden gebruikt. Sterker, de eerste geëlectriceerde hoofdspoorweg ter wereld – de 40 kilometer lange Zwitserse Burgdorf-Thun-Bahn BTB met daarin een stijging van 25‰ – functioneerde vanaf zijn begin in 1898 ruim dertig jaar lang met 750 V/40 Hz draaistroom.

DRAAISTROOM DOORLICHT

Om de mogelijkheden en beperkingen van deze stroomsoort en hun geschiedenis te begrijpen, is het goed te bezien wat meerfasen draaistroom eigenlijk is. Bij meerfasen stroom zijn de fasen per tijdsperiode steeds 1/3 ten opzichte van elkaar verschoven. Meerfasen elektriciteit wordt gevormd door een reeks van wisselstromen met dezelfde frequentie en amplitude. Draaistroom ontstaat door genoemde faseverschuiving (fasehoekverdraaiing). Wanneer je drie tegenover elkaar geplaatste, met 120° ten opzichte van elkaar verschoven, spoelen met stroom voedt, wordt

phase current each phase is shifted against the other by $1/3$ period. Multi-phase electricity consists of a range of alternating currents of the same frequency and amplitude and the shifted phase mentioned (dephasing). Feeding three bobbins placed opposite to each other and shifted 120° causes a magnetic field. This effect is similar to current transmission towards, and the rotating of, electric driving systems. That makes the three-phase induction (or asynchrone) motor simple, flexible and reliable. High numbers of rotation won't cause problems. Because no brushes and commutators are required, the three-phase engine hardly tends to break down and needs little maintenance. The engine is light hence it spares the ballast bed. It is handy and cost-effective. Another advantage that can be utilised is that energy loss of three-phase current remains limited when transported over longer distances. Each of the current systems features merits and demerits of their own.

IN CONTROL

There were good reasons for decades why three-phase current was not used on a larger scale except for Italy. New technological developments eventually opened up more opportunities.

At the outset direct current was mostly preferred, later clearly overtaken by high voltage single-phase alternative current when introduced for industrial purposes. Benefits of the three-phase traction motor can only be deployed to the full if it is controlled sensitively enough for a wide array of tasks.

When the first generation of electric trains appeared many necessities to fine-tune three-phase motors had not been invented yet. The name of the turning point here is electronics. This technology had only sufficiently matured in the late sixties and early seventies of the twentieth century.

There are three ways to feed a three-phase traction motor. Either directly from compound overhead wires, via a built-in rotating current-converter or by using a modern electronic frequency changer.

THREE-PHASE FEEDING

The first Δ system is in use since 1896. Clumsy but reliable. As from 1892 the many experiments with electric propulsion taking place in Germany, even-

een magnetisch veld oproepen. Omdat dit effect veel overeenkomst vertoont met stroomoverdracht naar – en het roteren van – elektrische aandrijfsystemen, is de driefasen inductiemotor, ofwel draaistroommotor, simpel, elastisch en betrouwbaar. Hij haalt gemakkelijk hoge toerentallen, levert goede prestaties bij een gunstig gewicht en ontziet zo het ballastbed. Omdat er geen koolborstels en stroomwisselaars nodig zijn, kunnen ze toe met minder onderhoud en raken draaistroommotoren mindervaak defect. Kortom ze zijn handzaam en goedkoop in gebruik. Een ander voordeel is dat het verlies van meergefasen stroom bij transport over grote afstanden beperkt blijft.

Bij elk van de drie stroomsoort wedijveren voor- en nadelen om voorrang. Het is voor de ingenieurs de kunst de nadelen voordelig te elimineren. Dat heeft geduurd en het systeem draaistroom is – afgezien van Italië – vele jaren slechts sporadisch toegepast. Aanvankelijk was bij spoorwegen vooral gelijkstroom populair, later won de, toenemend in de industrie gebruikte, krachtige wisselstroom de meeste aanhangers. De voordelen van de draaistroommotor kunnen pas tot gelding komen zodra de aansturing van de voeding zo gemend is dat het systeem breed inzetbaar is. En daar hing het op. Bij de eerste generatie elektrische treinen was veel nog niet uitgevonden. Het scharnierpunt heet elektronica en die was pas in de jaren zeventig van de twintigste eeuw ver genoeg ontwikkeld. Daarom staan we er hier bij stil.

DRAAISTROOM VOEDING

Er zijn drie manieren om draaistroom motoren met driefasenstroom te voeden. Vanuit een speciale meerledige bovenleiding, via een ingebouwde roterende stroomsoort-omvormer of met behulp van een moderne elektronische frequentieomvormer die eveneens aan boord wordt meegevoerd.

De eerste Δ wijze wordt al sinds 1896 toegepast. Lomp maar betrouwbaar. Vanaf 1892 vonden in Duitsland tal van proeven plaats die onder andere voor een experimenteel draaistroom treinstel in 1903 een overtuigend snelheidsrecord van 210,2 km/u opleverden. Niettemin koos daarop slechts een beperkt aantal, meest kleinere, spoorwegmaatschappijen voor deze techniek. Dat gold verder voor een handvol trambedrijven en industriespoorwegen onder andere in

tually led in 1903 to a speed record of 210.2 km/h performed by a three-phase EMU. Nevertheless only a few railway companies, mostly smaller ones, were to select this early three-phase system. As did just a handful of tramway companies and industrial railways including a few in the mining business. Also noteworthy are the busy three-phase ship hauling locomotives along the Panama Canal. They are there since 1912.

Nevertheless large players like (predecessors of) FS Italia (1901-1976), SBB/CFF (1906-1930), RENFE (1909-1966) as well as the American Great Northern Railway (1909-1939) selected three-phase current picked from dual catenary, although only for a limited number of their (mountainous) lines. Of the initial users just four survive today, not surprisingly all of them rack railways. Because of their low operating speeds and since it is easy to pick up the energy from a regenerative brake and lead this current back via the overhead wires directly towards the counterpart, the train that is creeping uphill. The fact that this ancient three-phase system offers only five fixed speeds at the most, can hardly bother a mountain railway operator.

The four prolonged users of the first system referred to, are the Swiss Jungfraubahn JB (1898) and Gornergratbahn GGB (1898), the French Chemin de Fer de la Rhune (1924) and the Brazilian Trem do Corvocado (1910). There are recent lesser known users, too: people movers and monorails. For instance in the United States, United Kingdom, Italy, Japan, Malaysia and Singapore some short haul rail systems use three-phase current fed via a third rail often at airports.

Disadvantage of three-phase electricity supplied by overhead wire is the catenary system itself. Because the engine needs three differently phased currents it correspondingly takes three wires hence three corresponding pantographs. Already in the pioneer days keen engineers had managed to reduce this number by one. This was accomplished by earthing one of the three-phase currents with one of the rails. Albeit an improvement, the remaining two overhead wires and pantographs remain an unwanted graceless complication.

de mijnbouw. Vermeldenswaard zijn ook de nijvere scheepslocomotieven met draaistroomaandrijving die vanaf 1912 langs het Panamakanaal zwoegen. Echter, ook grote jongens zoals (voorlopers van) FS Italia (1901-1976), SBB/CFF (1906-1930), RENFE (1909-1966) en de Amerikaanse Great Northern Railway (1909-1939) kozen voor driefasen draaistroom uit de draad, zij het voor slechts enkele van hun (hellingrijke) lijnen.

Van de oorspronkelijke gebruikers van dit historische systeem resteren er nog vier, niet toevallig zijn dat alle tandradspoorwegen. Bij draaistroom kun je met een elektrische recuperatierem eenvoudig stroom via de draden overhevelen naar een andere bergopwaarts kruipende trein. Dat deze vroege vorm van draaistroom techniek slechts op zijn hoogst vier vaste (lage) rijsnelheden kent, speelt bij deze bergspoorwegen een ondergeschikte rol.

De vier trouwe gebruikers zijn de Zwitserse Jungfraubahn JB (1898) en Gornergratbahn GGB (1898), de Franse Chemin de Fer de la Rhune (1924) en de Braziliaanse Trem do Corvocado (1910). Maar er zijn ook recentere exploitanten van deze techniek: people movers en monorails. In bijvoorbeeld de Verenigde Staten, Engeland, Italië, Japan Maleisië en Singapore gebruiken sommige van hen sinds de jaren zestig draaistroom meestal op luchthaventerreinen. Hier echter gevoed via een derde rail.

Nadeel van draaistroom uit de draad is de bovenleiding zelf. Omdat de motor drie afzonderlijke fasen gebruikt, is eigenlijk een drievoudige draad met drie verschillende stroomafnemers nodig. Al in de pioniersdagen wist men dat terug te brengen tot twee. Dat kon door een van de drie benodigde fasen te aarden met de spoorstaaf. Een verbetering, maar met tweeledige bovenleiding bleef de infrastructuur nog altijd gecompliceerd.

Tractie met een eigen stroomomvormer aan boord, vormt de tweede Δ wijze waarmee je op draaistroom kunt rijden. Deze aanpak kent in de locomotief of motorwagen een eigen draaistroom generator. Die kan worden gevoed met gelijk- of wisselstroom al naar gelang waarmee de route is geëlektrificeerd. Deze techniek werd op meerdere plaatsen aan de tand gevoeld, voldeed wel maar brak niet echt door omdat er (te) veel gecompliceerde zware uitrusting voor nodig is. Vermeldenswaard zijn hier drie typen

THREE-PHASE CONVERTER ON BOARD

Motive power featuring an onboard current converter is a second style to operate Δ . It uses a three-phase generator which can either be fed by AC or DC supplied via a single current collector by catenary or by third rail. In the past this technique was tried out in different places. Though it met demand, it never really came through because the bulky generator on board makes motive power much too heavy.

Noteworthy here are three classes of early Hungarian electric locomotives. The reconstructed test engine MÁV v50 (axle arrangement 0-10-0; 1928, a single model of 1600 hp continuous output built), MÁV v40 (axle arrangement 2-8-2; 1931-41, 29 examples with 2200 hp continuous rating) and MÁV v60 class (axle arrangement 0-12-0, 1932-38, 3 built also producing 2200 HP tractive effort) all are of the interesting indigenous Kandó system. With their sturdy three-phase engines they successfully worked the 25 kV/50 Hz AC mainline Budapest–Hegyeshalom since its electrification in 1935. The last examples were only phased out in the middle of the nineteen sixties. Because maintenance costs of these rod driven locomotives increased on a sliding-scale as the years went by, cost advantage of three-phase electricity vanished into thin air. From the mid-sixties on Hungarian railways MÁV placed their bet at pure industrial 25 kV/50 Hz AC motive power instead. At the German Höllentalbahn the peculiar phase-splice locomotive E 244 31 was prolonged tested between 1936 and 1960. Factual it was a moving electric laboratory, one out of five experimental E 44s with numerous innovative shifters and drives. Each axle of the E 244 31 shouldered – a four pole plus a six pole – mono-phase induction motor. A thorough quest for possibilities to use the benefits of three-phase motive power and make it future-proof.

SMART ELECTRONICS

The latest and third way to deploy Δ , using either AC or DC straight from the supply network, is to convert the feeding electricity into three-phase current. In this case using an onboard frequency changer. Modern semi-conductors, diodes and thyristors, enable fine-tuning the control of three-phase asynchronous traction motors. A high-tech way to finally overcome complications and restrictions of the

vroege Hongaarse elektrolocs. De omgebouwde proefmachine MÁV v50 (asindeling E; 1928) een solitair met een continuvermogen van 1600 pk, MÁV v40 (asindeling 1'D1'; 1931-41) 29 stuks met 2200 pk vermogen en de MÁV v60 (asindeling F, 1932-38) 3 exemplaren aangeschaft met eveneens 2200 pk continuvermogen. Alle volgens het systeem Kandó van eigen bodem. Succesvol pendelden ze met hun robuuste draaistroommotoren op de hoofdlijn Budapest–Hegyeshalom die in 1935 met 25 kV 50 Hz wisselstroom was geëlektrificeerd. De laatste exemplaren deden dat nog tot halverwege de jaren zestig. Omdat de onderhoudskosten van de machines met hun stangenaandrijving met de jaren progressief toenamen, verdampte het kostenvoordeel van hun draaistroom aandrijftechneek weer en voortaan zette men in op zuivere wisselstroomtractie.

In Duitsland werd op de Höllentalbahn in de periode van 1936 tot 1960 de fasensplitsloc E 244 31 getest. Het was eigenlijk een rijdend elektrisch laboratorium, een van de vijf proef-E44's met allerlei nieuwwetse schakelingen en aandrijvingen die op de hellingrijke lijn aan de tand werden gevoeld. Elke as van E 244 31 torste een vierpolige draaistroommotor én een zespelige monofase inductiemotor. Hier werd al grondig gezocht naar mogelijkheden de draaistroommotor een plaats te geven in de toekomst. Bij de nieuwe derde Δ aanpak wordt gelijk- of wisselstroom eveneens omgezet in draaistroom maar nu met behulp van frequentieomvormers aan boord. Moderne halfgeleiders, in de gedaante van dioden en thyristoren, maken het mogelijk draaistroom asynchrone tractiemotoren verfijnd aan te sturen. Daarmee zijn eindelijk hardnekkige complicaties en beperkingen opgelost. Voortaan geen tweevoudige bovenleiding of extra gewicht door ruimteverslindende apparatuur aan boord meer. Met moderne draaistroomtractie (diesel-elektrisch of elektrisch-elektrisch) kan de machinist onder uiteenlopende omstandigheden lezen en schrijven. Maar, de benodigde nieuwe technologieën moesten eerst nog draagvlak verwerven en productierijp worden gemaakt. Sommige spoorweg directies toonden zich al vroeg optimistisch over de nieuwe mogelijkheden van draaistroom, andere waren nog allerminst overtuigd. Dat het halverwege de jaren zeventig technisch lukte de 'nukkige' draaistroomaandrijving met elek-



• ONR would not let cab cars like #1981 lead because of derailment risk at level crossings collisions. So two coupled sets operated with their power cars up front. Werkspoor diesels failed regularly in the harsh climate. Soon Northlanders received new endogenous power by replacing their powered cars by American GMD FP-7A engines. North Bay, Ontario December 1977 Ken Annett.

• ONR liet vanwege ontsporinggevaar bij botsingen op overwegen stuurstand rijtuigen als #1981 niet op kop rijden, maar zette twee gekoppelde stellen met de motorwagens aan de uiteinden in. De Werkspoor diesels lieten het vaker afweten in het harde klimaat. Een Amerikaanse GMD FP-7A loc verving daarom de motorwagen. North Bay, Ontario december 1977 Ken Annett.



• Almost half a century on, FS Italia classic 3-phase 2-8-2 E.432.015 approaches Cantalupo station's platform in March 1975. Both coaches nearest to the camera of Mario Balma are of Tipo 1951, the metal version of wooden Tipo 1906.

• Al bijna een halve eeuw actief nadert de klassieke FS Italia 1'01' draaistroomloc E.432.015 het perron van Cantalupo in maart 1975. Beide eerste rijtuigen zijn van het Tipo 1951, de metalen versie van oorspronkelijk houten Tipo 1906. Mario Balma.

ancient technology. No more dual overhead wiring or an overweight motive power unit beneath it. Modern three-phase technology (be it diesel-electric or electric-electric) offers the train driver full authority digital engine control.

Despite promising new inventions, in the sixties this novel technology still had to mature and also needed time to be accepted in the railway companies board rooms. Some railways expressed optimism at an early stage, others were still unconvinced for years to come. The fact that fine-tuning three-phase driving systems finally succeeded in the mid-seventies, is in the first place the merit of Henschel and BBC in Germany. But they were not the only ones inspired by new chances. In the United Kingdom, United States, Soviet-Union and Italy scientists, sharp students and experienced practical technicians teamed up for some time in tackling the problem. The complexity of the refractory technology it takes to solve things, kept them busy for a while.

TOUGH DEVELOPMENTS

In England Brush fitted the existing BR 10800 diesel engine with three-phase driving motors as early as 1965. Network testing of this locomotive until 1968 led to the conclusion that the state of the electronic technology of the day could not yet solve all of the problems faced if only just. At about the same time the experienced German electric company AEG presented an experimental small three-phase battery locomotive. Again performance clearly lagged behind expectations.

In the Soviet-Union articulated electric locomotive VL80_A-238 went on trial in 1968, one element being powered by synchronous traction motors and the other by asynchronous motors. Nowoscherkassk locomotive builders used for this experiment the well known articulated VL80 class. In 1971 VL80_A-751 was next. This time all of its mighty 9600 kW – distributed via eight axles – was delivered by the same number of NB-602 a sinkhronnye elektrodvigateli (= asynchronous electric traction motors). These tests may have continued until 1975. Apart from this project the Technical University of Leningrad developed a small three-phase diesel electric engine in 1972.

Little is known about the effects of these three Soviet experiments. But it is for sure they bore fruit. In 2006

tronische teugels voorgoed te mennen, is vooral een verdienste van Henschel en BBC in Duitsland. Al stonden beide ondernemingen met hun toekomstvisie niet alleen. Ook in Engeland, de Verenigde Staten, de Sovjet-Unie en Italië bogen zich in dezelfde periode kiene wetenschappers, studenten en technici uit de praktijk over het vraagstuk.

LANGE KRONKELWEG

Zo voorzag Brush in Engeland al in 1965 de bestaande BR 10800 dieselloc van draaistroomaandrijving. De machine werd op de baan beproefd tot 1968 maar bracht de onderzoekers toen tot de conclusie dat de elektronica nog niet ver genoeg was. De Duitse gerenommeerde elektroexpert AEG presenteerde een proefmodel van een kleine acculoc met draaistroomaandrijving. Hiervan bleven de prestaties eveneens achter bij de verwachtingen.

De Sovjets beproefden in 1968 hun grote experimentele elektrische gelede locomotief VL80_A-238. De ene helft werd voortbewogen met behulp van synchrone en het andere met asynchrone motoren. Locomotiefbouwer Nowoscherkassk gebruikte de bekende gelede VL80 als basis. In 1971 volgde VL80_A-751 een achtasser waarvan het indrukwekkende 9600 kW vermogen volledig werd geleverd door acht NB-602 a sinkhronnye elektrodvigateli (= asynchrone elektromotoren). Mogelijk zijn deze proeven voortgezet tot in 1975. Daarnaast ontwikkelde de TU Leningrad in 1972 een kleine dieselloc met draaistroomaandrijving. Er is weinig bekend over de precieze uitkomsten van deze drie Sovjet-experimenten. Zonder resultaat bleven ze in elk geval niet. In 2006 leverde Nowoscherkassk de eerste serierijpe draaistroomlocs van het type EP10 aan de Russische spoorwegen RZD, zij het met onderdelen afkomstig van Bombardier. In 1972 werkten BBC – zijnde de Duitse en niet de Zwitserse tak van het multinationale bedrijf – en SBB/CFF ook nog enige tijd samen met het beproeven van draaistroom gevoed met de in Zwitserland op hoofdlijnen gebezigde 15 kV/16²/₃ Hz wisselstroom. Dat gebeurde met behulp van de omgebouwde Gepäcktriebwagen SBB BE 4/4 12001. De tests resulteerden in 1976 in de levering aan SBB/CFF van de eerste draaistroomlocomotieven nieuwe stijl Am 6/6 18521-526 door Henschel, BBC en Chantiers de l'Atlantique.

Nowoscherkassk delivered the first of its EP10 class three-phase production locomotives to the Russian railways RZD, although using imported Bombardier high-tech parts.

In 1972 BBC – but not the Swiss branch of the multinational – and SBB/CFF were cooperating for some time testing three-phase drive, fed by 15 kV/16²/₃ Hz AC as used on Swiss main lines. The converted Gepäcktriebwagen SBB BE 4/4 12001 was used for trials. These tests led in 1976 to delivery of the first modern three-phase locomotives Am 6/6 18521-526 to SBB/CFF built by Henschel, BBC and Chantiers de l'Atlantique.

In the United States Westinghouse Air Brake Corporation WABCO rebuilt three DC metro train sets with three-phase driving motors for the Greater Cleveland Regional Transit Authority RTA. This trio served between Cleveland Hopkins International Airport and the city centre. When WABCO discontinued in 1974 this company branch, the test trains were restored into their original order. Much later, in 1995, cooperation between ADtranz and GE with the illustrious DE-AC33C (Blue Tiger) would produce a modern Euro-American three-phase diesel-electric locomotive.

REJUVENATION

During the seventies longterm user FS Italia pulled the plug on its ancient three-phase routes in the northern part of the country. Simultaneously Italys national railways considered motive power with the latest three-phase technology for its network. In 1973 FS Italia and the technical faculty of Roma La Sapienza university launched a case study. By 1977 results were such that an E.323 three-axle shunter could be converted into a 3 kV DC three-phase locomotive using thyristors among others. As development from scratch of the mainline electric E.402 commenced, the E.323 project was abandoned altogether. In 1988 FS Italia's E.402 would be successfully put into service.

A COMPLETE SURPRISE

So here the story of the three-strong German DE 2500 test fleet that unfolded in the seventies comes in. Back in 1965 the courageous Henschel/BBC joint venture had started the project without giving notice.

In de vs bouwde Westinghouse Air Brake Corporation WABCO in 1972 drie gelijkstroom metrostellen om naar draaistroomaandrijving voor de Greater Cleveland Regional Transit Authority RTA. Het trio deed dienst tussen Cleveland Hopkins International Airport en het stadscentrum. Toen WABCO in 1974 deze tak van het bedrijf beëindigde, werden de proeftreinen weer in de oorspronkelijke staat terug gebracht. In 1995 zou de samenwerking ADtranz/GE bij de DE-AC33C (Blue Tiger) een hedendaagse Amerikaans/Europese loc met draaistroomaandrijving opleveren.

In de jaren dat FS Italia – als de grootste gebruiker van draaistroom oude stijl – de stekker er uit trok, keek men daar tegelijkertijd naar de mogelijkheden van draaistroomtactie nieuwe stijl. FS Italia en de technische faculteit van de universiteit van Roma La Sapienza begonnen in 1973 met studies. In 1977 waren ze zover dat ze een E.323 driessige elektrische locomotief konden aanpassen tot een draaistroom rangeerder gevoed met 3 kV gelijkstroom netspanning. Dat gebeurde onder andere met behulp van thyristors. Het project met de E.323 werd afgebroken op het moment dat de ontwikkeling van de geheel nieuwe draaistroom lijnlocomotief E.402 begon. De voorserie van de FS Italia E.402 zou in 1988 op de baan komen. Dat brengt ons bij de DE 2500 van genoemd vruchtbaar Duits samenwerkingsverband Henschel/BBC. Het boude project was al in 1965 in stilte begonnen. Henschel, toen respectievelijk een belangrijke bouw van locomotieven, en de Duitse tak van Brown, Boveri & Co BBC een toonaangevende multinationale leverancier van elektrische aandrijving – waarvan de Zwitserse vestiging zich niet met dit project bezig hield – gingen gezamenlijk aan de slag. Zonder dit bekend te maken bouwde men een proefserie van drie locs waarin tal van elementen bedoeld voor toekomstige tractie waren samengebracht. De 80 ton wegende Baureihe DE 2500 (= 2500 pk) met MTU dieselmotor was modulair van opzet en rustte op twee- of driessige draaistellen geschikt voor – in beginsel – verschillende spoorwijdten. De spilloze draaistellen zijn simpel van opzet met draaipotten met rechtgeleiding door zwenkarmen en silentblocks die de trek- en duwkrachten opvangen. Aanvankelijk leverde de dieselmotor energie om met behulp van een generator driefasen wisselstroom met variabele spanning en frequentie op te wekken.

Henschel, then a renowned locomotive builder and the German branch of Brown, Boveri & Co BBC, a prominent multinational supplier of electric transmission systems would pull the whole project through. They did so cooperating with railway companies, most of all with DB.

Henschel/BBC had quietly constructed their three prototypes featuring many elements aimed at future classes. The 80 ton DE 2500 (= 2500 hp) is powered by a MTU diesel engine. The locomotive is of modular design running on either two or three-axle bogies which are basically adaptable to different gauges. These pivotless bogies are of a straightforward design, axle-box fastened to the bogie frame by means of durable small articulated locks dealing with the push-pull forces. Initially the MTU diesel engine drove the generator creating three-phase AC with variable tension and frequency.

As a complete surprise the first was presented to the public in a snow white livery in 1970. The DE 2500 number one is designated 202 002. Because back in 1962 there had been a 202 001 as a prototype of a completely different class already. In 1973 202 003 (dark orange) en 004 (blue) followed with engine 003 featuring four instead of six axle bogies. DB leased all three for extensive trials and based the Baureihe 202 at Bahnbetriebswerk Mannheim. In 1973 DB/Henschel/BBC also cooperated testing a 15 kV/16²/₃ Hz AC electric version. This was done by installing electric gear inside and putting a pantograph on top of driving trailer 704.2 which was permanently attached to 202 002. The combination went also to Switzerland for test runs. Trials ended in 1975 but not after NS-employees had inspected the unusual combination on 4 February of that year in Emmerich. Next came that in 1977 NS/Henschel/BBC agreed to test run the three-phase prototype under the 1.5 kV DC catenary of the Netherlands. This time the locomotive itself had to be completely adapted. 202 002 was now fitted with a single traction motor and cardan-shaft transmission. Axle configuration had become 1A1'+3'. This enabled a close look at the adhesion qualities of the single three-phase powered axle. For this occasion the white locomotive was painted yellow, received a pantograph and was designated 1600P class. Its QD646 traction motor is similar to the four DB 120 uses, but

In een spierwitte uitmontering werd het futuristische concept in 1970 als een complete verrassing aan de openbaarheid voorgesteld. Deze eerste DE 2500 wordt aangeduid met 202 002. Dit komt omdat er in 1962 al een ander prototype 202 001 is geweest. In 1973 volgden 202 003 (diep oranje van kleur) en 202 004 (blauw) waarbij locomotief 003 vier- in plaats van zesassig is. DB huurde later het illustere drielien en voerde er vanuit Bahnbetriebswerk Mannheim de nodige praktische testen mee uit. In 1973 gingen DB/BBC/Henschel ook samenwerken met het beproeven van een elektrische versie, gevoed met 15 kV/16²/₃ Hz wisselstroom. Hiertoe werd stuurstand-wagen 704.2 permanent gekoppeld aan loc 202 002. De wagen was voorzien van de elektrische installatie en een stroomafnemer. Ook in Zwitserland werd de loc in die gedaante getest en gedemonstreerd. De proefnemingen eindigden in 1975 maar niet nadat NS-mensen de experimentele combinatie op 4 februari van dat jaar in Emmerich hadden geïnspecteerd. NS/BBC/Henschel kwamen in 1977 overeen in Nederland een met 1,5 kV gelijkstroom gevoede versie aan de tand te voelen. Daartoe werd loc 202 002 ditmaal zelf omgebouwd en voorzien van slechts één tractiemotor met cardanoverbrenging. De asindeling werd daardoor 1A1'+3'. Doel van die keuze was goed te kunnen kijken naar adhesie-eigenschappen van de draaistroom motor van de enige aangedreven as. De witte loc werd nu geel, voorzien van een pantograaf en aangeduid als 1600P. De gebruikte QD646 motor vertoont veel gelijkenis met de tractiemotoren van de DB 120 die toen nog op de proefbank stonden. Tijdens de testperiode van 1600P verbleef ook 202 003 enige tijd in Nederland. Op 7 juli 1977 keerde 1600P terug naar Mannheim. Hier werd ze weer wit geschilderd, maar verder niet meer in de oorspronkelijke technische staat teruggebracht. Het zat er op. Ook proefloc 202 003 onderging in 1982 een metamorphose. Ze werd geschikt gemaakt voor snelheden tot 350 km/u, zijnde in de testpraktijk 250 km/u. Het motorvermogen werd verhoogd, de overbrenging rigoureus gewijzigd en nieuwe draaistellen geplaatst. Eén front werd gestroomlijnd à la BR 103 door er een grote stroomlijnkop overheen te plaatsen. Zo'n 100 proefritten leverden nieuwe kennis en inzichten op die in de snelle Duitse test-

was at that time still at the test bench. During 1600P trials, sister engine 202 003 also ran for some time in the Netherlands on probation. On July 7th, 1977 prototype 1600P returned to Mannheim to be retired as were the other two. Although it was painted white again, its original technical condition was not restored.

PRODUCTION AND SALES

Now that the DE 2500 class had given sufficient proof of concept, series production could take off. In 1976 simultaneously six examples of the six-axle diesel SBB Am 6/6 mentioned earlier were introduced in Switzerland while the first electric four-axle industrial locomotives went to work in Germany. Ruhrkohle AG received six E 1200 class locomotives, in 1984 followed by another seven. After being tested in Austria in 1979, ÖBB purchased the 1063 three-phase class heavy shunter very similar to the Ruhrkohle E 1200. Introduced as from 1983 the 1063 fleet would grow to a total of 60.

The well-known German DB 120 class, of which the pre-series appeared in 1979 and 1980, is the earliest mass-produced mainline modern three-phase engine. After having to overcome lengthy teething troubles 160 examples of the production version were put into service only by 1987-88.

Nowadays it is taken for granted that plenty of modern diesel and electric locomotives and multiple units work the tracks featuring advanced three-phase technology. That includes the Benelux. There is another story to tell but this one draws to a close in the seventies when Italy switched from ancient to futuristic. The breakthrough in modern application of three-phase took place just as the last representatives of the first generation were phased out, their typical complicated electric infrastructure completely being dismantled. The very last of the classical Italian three-phase connections Alessandria-Acqui Terme was transferred to DC on May 25th, 1976. Besides being fascinating, the story of Italian three-phase operations (1898-1976) clearly illustrates the original three-phase technology's limitations.

GANZ AND WESTINGHOUSE

Around 1900 predecessors of the in 1905 founded FS Italia launched trials using four ways of electric

trein ICE/V werden verwerkt. Hoewel de markante stroomlijnbekleding na beëindiging van de proeven werd verwijderd, plaatste men ze weer terug toen de loc later naar het *Berliner Museum für Technik und Verkehr* vertrok.

PRODUCTIE EN VERLOOP

Nu de nieuwe technologie afdoende bewezen was, verschenen de eerste in serie gebouwde draaistroomlocs nieuwe stijl. In Zwitserland was dat genoemde zesassige diesel SBB Am 6/6 die in 1976 in zesvoud werd geïntroduceerd. In datzelfde jaar gingen ook de eerste elektrische vierassers aan het werk op Duitse industriesporen. Ruhrkohle AG nam zes E 1200's in ontvangst, in 1984 gevolgd door nog eens zeven. Nadat er een in 1979 in Oostenrijk was gedemonstreerd verscheen daarop in dat land de zware rangeerder ÖBB 1063 die zichtbaar direct van de industrioloc is afgeleid. Ze kwam vanaf 1983 in dienst en de draaistroom Reihe 1063 zou uiteindelijk 60 stuks omvatten. De bekende DB 120, waarvan de voorserie al in 1979 en 1980 verscheen, vormt de eerste serie hoofdlijn draaistroomlocs. Pas nadat kinderziektes waren overwonnen, kon de productievergie van 160 stuks in 1987-88 in dienst worden gesteld.

Inmiddels rijdt er een rijk aanbod aan locomotieven en treinstellen – diesel dan wel elektrisch – rond met geavanceerde draaistroomtechnologie. Niet in de laatste plaats in de Benelux.

Draaistroom in Italië veranderde van historisch in futuristisch. De allerlaatste klassieke draaistroomverbinding was Alessandria-Acqui Terme die op 25 mei 1976 werd omgezet in gelijkstroomvoeding. Het verhaal van Italiaanse draaistroomlijnen (1898-1976) is niet alleen razend interessant, het geeft ook inzicht in de technische grenzen. Rond 1900 beproefden voorgangers van het in 1905 opgerichte FS Italia vier manieren om elektrisch te rijden op daartoe aangewezen trajecten. Het ging om twee akkutrestellen met verschillende techniek, om 650 Volt gelijkstroom via derde rail en om draaistroom onder tweevoudige draad (vooralsnog 3 kV/15 tot 3,3 kV/16,7 Hz). Het was de Hongaarse firma Ganz & Co die, in nauwe samenwerking met het Amerikaanse Westinghouse, in Italië een begin maakte met het enige klassieke draaistroom netwerk van enige omvang op aarde. De eerste aanzet was er al in 1898

propulsion on four selected railway lines. Two were dedicated to different battery powered technics, one used a 650 V DC third rail and the fourth featured 3 kV/15 Hz to 3.3 kV/16.7 Hz three-phase current coming from twin overhead wires. The Hungarian Ganz & Co started in Italy what was to become the only larger three-phase network in the world. Ganz did so in close cooperation with the American company of Westinghouse. The first move took place in 1898 when *Rete Adriatica* won the concession to work the routes Lecco–Colico, Colico–Sondrio and Colico–Chiavenna east of Lake Como. These lines were electrified with ‘trifasisti’ as a proof of concept using twin wires. In the mountains its performance surely surpassed those of steam hauled trains. Running trains with running instead of boiling water at a lower cost. Altogether the network named *Linee-Valtellinesi* measured 106.3 kilometres. Both of the very first freight locomotives (E.430 class) that went to work were of the existing Westinghouse *Baltimore & Ohio Railroad Bo’Bo’* class. Next Ganz in Budapest continued working on designs of their own using coupling bars well proven on steam engines. Ganz also supplied Italy with EMUs of two classes, five each. With their cascade connection (the rotor of one engine connected to the stator of the other) this traction could only travel at fixed speeds: 33 km/h (at 15Hz) or 34.6 km/h (15.8Hz) or 36.7 km/h at 16.7 Hz. Together with E.360, E.380 and E.390 Ganz supplied another three classes. More modern three-phase engines could travel at four, rarely five, fixed speeds.

10 KV/45 HZ

Since the frequency of 16.7 Hz does not allow high rotational speeds, FS Italia also eyed the potential of heavy high frequency three-phase current. It selected 45 Hz industrial current which the Italian industry was introducing at the time. In 1925 the railway line Roma Prestina–Tivoli (later extended to Sulmona) – including a 30.4‰ gradient – became the test track. To compensate voltage drop, 10 kV was chosen. However a whopper of a transformer on board the locomotive and other serious alterations were inescapable. Torino–Modane (30.2‰ gradient) became the second 10 kV/45 Hz route operated. Working these lines on a daily basis learned that,

toen *Rete Adriatica* de concessie verkreeg om de trajecten Lecco–Colico, Colico–Sondrio en Colico–Chiavenna te exploiteren. Ze liggen aan de oostkant van het Comomeer. Die verbindingen werden met ‘trifasisti’ onder de dubbele draad gebracht om de prestaties te kunnen beoordelen in de praktijk. En in de bergen staken die zeker gunstig af bij die van de stoomloc. De gezamenlijke lengte van deze drie lijnen bedraagt 106,3 kilometer. Onder de naam *Linee-Valtellinesi* werd het net met 3 kV/15 Hz tot 3,6 kV/16,7 Hz draaistroom gevoed. Die werd opgewekt met behulp van witte steenkool. Treinen voortstuwten met tuimelend in plaats van met kokend water. De twee allereerste goederenlocs (E.430) die er aan de slag gingen, waren nog gebouwd volgens het bestaande Westinghouse Bo’Bo’ model van de *Baltimore & Ohio Railroad*, vervolgens werkte Ganz in Budapest verder aan eigen ontwerpen. Daarbij werd teruggeslagen op de – bij stoomlocomotieven bewezen – deugden van koppelstangen. Geleverd werden ook Ganz treinstellen van twee typen elk bestaande uit vijf eenheden. Met hun cascadeschakeling (de rotor van de ene motor is geschakeld met de stator van de andere) reed de draaistroomtractie systeemgebonden met vaste snelheid: 33 km/u (bij 15Hz) of 34,6 km/u (15,8Hz), dan wel 36,7 km/u bij 16,7 Hz. Geleverd werden de series E.360, E.380 en E.390. Latere typen konden rijden met vier vaste snelheden, soms vijf maar dan hield het op.

HOGE FREQUENTIE

Omdat het periodental van 16,7 Hz geen hoge toerentallen van de motoren toeliet, werd gekeken naar draaistroom met hoge frequentie. Daarbij viel de keus op 45 Hz zoals die indertijd werd ingevoerd bij de industrie. De spoorverbinding Roma Prestina–Tivoli (later verlengd tot Sulmona) werd in 1925 de proeflijn voor deze hoge frequentie draaistroom. Er bevindt zich een stijging van 30,4‰ in het traject. Om spanningsval te compenseren koos men voor 10 kV. Dat maakte in de locomotief wel een knoert van een transformator noodzakelijk naast andere stevige aanpassingen. Torino–Modane (30,2‰ stijging) werd de tweede 10 kV/45 Hz verbinding. Op deze lijnen bleek dat sneller rijden op draaistroom tevens een verdubbeling van de kosten betekent. Daarom zag men af van uitbreiding. Behalve dat

when fed by three-phase current, higher speeds will also double the energy costs. Therefore no further extensions of the 10 kV network were realized. On top of their disappointing cost curve, these lines were heavily damaged during the Second World War. They were eventually reopened with 3 kV DC. Classes E.470, E.472 and E.570, all being built between 1925 and 1931 have been used on these lines. Apart from this fleet, four more 2-8-2 electric dual-voltage engines have been under construction. Tests with the first completed example of this E.471 class in 1928 proved that the concept was a failure. Next the prototype, plus its three sisters which were still on the assembly line, were reworked. Builder CEMSA standardised the four for 3 kV/16²/₃ Hz only, abandoned carrying wheels and delivered them like this as E.440.1-4 to *Ferrovia Alta Valtellina FAV*. FAV operated its 26 kilometres Sondrio–Titano connection with three-phase current from 1932 to 1967. By 1970 FS Italia took over, initially using diesel, but re-electrifying the line in 1980 this time with 3kV DC. Eventually Italy’s three-phase fleet consisted of nineteen different classes with a total of 766 engines manufactured between 1901 and 1934. Classes were E.430 (two Bo’Bo’), E.360 (three 2-6-2), E.380 (six 2-6-2), E.390 (two 2-6-2), E.330 (sixteen 2-6-2), E.331 (eighteen 2-6-2), E.332 (six 2-6-2), E.333 (forty 2-6-2), E.431 (thirtyseven 2-8-2), E.432 (forty 2-8-2), E.440 (four 0-8-0), E.470 (four 2-8-2), E.471 (one 2-8-2) E.472 (seventeen 2-8-2) E.550 (onehundredeightysix 0-10-0), E.551 (onehundred-eightythree 0-10-0), E.552 (fifteen 0-10-0), E.554 (onehundredeightythree 0-10-0) and E.570 (four 0-10-0). In addition a total of 83 three-phase EMUs were operated. Three classes being involved: E.01 (five built 1902), E.021 (five also, dating from 1902) and Ale 840 (seventythree, constructed 1949-1962). Italy’s three-phase network was gradually extended, finally reaching a respectable total length of 2480 kilometres consisting of 72 routes. Reaching from the shortest of 2.1 kilometres length to the longest of 108 kilometres.

The first lines were transferred to 3 kV DC electricity in 1934, the very last in May 1976. Although most classes had been phased out by 1970, many of E.432, E.554 and Ale 840 classes were still working hard under their quaint ‘doppio scambio aereo’ then.

kenmerk liepen deze krachtstroom verbindingen in de Tweede Wereldoorlog veel schade op. Bij de wederopbouw werden ze heropend met 3 kV gelijkstroom. E.470, E.472 en E.570 waren de trekkrachten die op deze afwijkende lijnen dienst deden. Ze waren alle gebouwd tussen 1925 en 1931. Daarnaast zijn er nog vier 1’D1’s geschikt voor beide stroomsoorten in aanbouw geweest. Beproeven van de eerste van deze serie E.471 bleef in 1928 zonder succes. De loc, plus haar drie zusters op de productielijn, werden aangepast. Bouwer CEMSA standaardiseerde het viertal voor uitsluitend 3 kV/16²/₃ Hz, liet de loopwielen vervallen en leverde ze aldus als E.440.1-4 aan *Ferrovia Alta Valtellina FAV*. Los van FS Italia bezigde FAV van 1932 tot 1967 draaistroom op haar 26 kilometers tellende verbinding tussen Sondrio en Titano. In 1970 nam FS Italia de exploitatie met dieseltractie over, om de lijn in 1980 opnieuw te elektrificeren. Ditmaal met vertrouwde nationale 3 kV gelijkstroom. Het totaal van de in 19 typen vervaardigde draaistroomvloot bedraagt 766. Ze zijn gebouwd tussen 1901 en 1934. Het waren E.430 (2 Bo’Bo’), E.360 (3 1’C1’), E.380 (6 1’C1’), E.390 (2 1’C1’), E.330 (16 1’C1’), E.331 (18 2’C2’), E.332 (6 2’C2’), E.333 (40 1’C1’), E.431 (37 1’D1’), E.432 (40 1’D1’), E.440 (4 D), E.470 (4 1’D1’), E.471 (1 1’D1’) E.472 (17 1’D1’) E.550 (186 E), E.551 (183 E), E.552 (15 E), E.554 (183 E) en E.570 (4 met de asindeling E). Er zijn daarnaast bij elkaar opgeteld 83 draaistroom treinstellen in gebruik geweest. Het gaat om drie typen: E.01 (5 gebouwd in 1902) en E.021 (5 ook uit 1902) en Ale 840 (73, gebouwd 1949-1962). Het Italiaanse draaistroom netwerk groeide uit tot een respectabele lengte van 2480 kilometer en bestond toen alles bij elkaar uit 72 verbindingen. De kortste daarvan was 2,1 en de langste 108 kilometer. De eerste gingen in 1934 over op gelijkstroom de laatste in mei 1976. Hoewel tegen 1970 de meeste typen waren afgevoerd, waren de series E.432, E.554 en Ale 840 nog goeddeels in bedrijf onder hun curieuze ‘doppio scambio aereo’.



Two eras meet in Hoorn in May 1983. Materieel '46 (foreground) is an improved development of the original streamline concept. This family also comprised Materieel '35, '36 and '40. All could do multiple unit running with Mat '54, but not with Mat '64 (background) due to its higher set autocouplers.

Ontmoeting van twee tijdperken in Hoorn, mei 1983. Materieel '46 (voorgond) is verder ontwikkeld oerstreamlijnmaterieel. Die familie omvatte ook Materieel '35, '36 en '40. Die konden alle in treinschakeling rijden met Mat '54, maar niet meer met Mat '64 (achtergrond) met hoger geplaatste automatische koppeling.



With reference to the Zoetermeerlijn the Sprinter appeared in 1975, the front part being designed by Raymond Loewy with the rest of the body drawn by NS and Talbot employees. Later a third intermediate coach was added containing first class (not used on all lines) and toilets. Maassluis, June 1982.

Naar aanleiding van de Zoetermeerlijn verscheen in 1975 de Sprinter met een kop die was getekend door Raymond Loewy maar die verder was ontworpen door mensen van NS en Talbot. Later werden ze uitgebreid met een derde bak waarin opgenomen eerste klas (niet op alle lijnen) en toiletten. Maassluis, juni 1982.



In Plan v interiors a combination of plastics and high-quality steel was applied. This meant 'dead weight' per seat could be reduced from the 895 kilograms of Mat '54 to 580 kilograms for Mat '64. Acceleration could thus be doubled to become 0 to 120 km/h in 100 seconds. Calling at Hollandse Rading, May 1983.

In Plan v werd voor het eerst een combinatie van kunststoffen en hoogwaardige staalsoorten verwerkt. Zo kon het 'dood' gewicht per zitplaats worden verminderd van 895 kg bij Mat '54 naar 580 kg. De aanzetsnelheid verdubbelde tot van 0 naar 120 km/u in 100 seconden. Hollandse Rading, mei 1983.



Following the four-car prototype 501 Plan TT (Treinstel Toekomst or Mat '62) built by Werkspoor in 1961, during 1964 and 1965 the production version was fielded as series 502-531 Plan T. In the beginning all had an onboard kitchen. They retired between 2008 and 2010. NS 534 in Haarlem CS, February 1977.

Na het vierdelige prototype 501 Plan TT (Treinstel Toekomst ook wel Mat '62) dat Werkspoor in 1961 produceerde, volgde in 1964 en 1965 productie van de aangepaste serie 502-531 Plan T. Alle kenden aanvankelijk een boordkeuken. Van 2008 tot 2010 gingen ze uit dienst. NS 534 te Haarlem CS in februari 1977.