



ELŐHEGYI ISTVÁN

okleveles közlekedésmérnök
ny. mérnök főtanácsos
GYSEV Zrt

**ICE sorozatjárművek
villamos és dízel változatok**

Összefoglaló

Az ICE-V széleskörű kísérletekkel szerzett eredmények alapján megindult a sorozatjárművek gyártása, amely mint egyetlen más fejlesztés, úgy ez sem kerülhetett el a variációk egymás utáni létrejöttét. Így a sorozat jelenleg a következő változatai jelentek meg, ICE-V, ICE 1, ICE 2, ICE 3, ICE-T/TD, ICE-S (az ICE 3 tervezéséhez átalakított kísérleti szerelvény az osztott hajtás vizsgálatára). A DB 407 legújabb sorozata Siemens Velaro D, amely négy áramnemre készült (15/25 kV AC és 1,5/3 kV DC) és ezzel lehetővé teszi a közlekedést az SNCF, SNCB/NMBS, SBB-CFF-FFS és más vasutak vonalain is.

ELŐHEGYI, ISTVÁN

Dipl.-Ing. für Verkehrstechnik
Oberbaurat i.R.,
GYSEV Zrt.

ISTVÁN ELŐHEGYI

Transport engineer
Retired senior engineer councillor
GySEV Co

ICE-Serienfahrzeuge (Elektrische und Dieselvarianten)

Zusammenfassung

Auf Grund der mit dem ICE-V vorgenommenen umfangreichen Versuche gewonnenen Erfahrungen hat man den Bau der Serienfahrzeuge gestartet, wobei in diesem Falle auch das Schicksal aller anderen Entwicklungen, nämlich das Entstehen der aufeinander folgenden Varianten nicht zu vermeiden war. Somit gliedert sich die Baureihe in Varianten wie folgt: ICE-V, ICE 1, ICE 2, ICE 3, ICE-T/TD, ICE-S (Versuchsgarnitur für Untersuchung zweier Antriebsausführungen, Umbau des für ICE3 entworfenen Garnitur)

ICE Vehicle Series – Electric and Diesel Versions

Summary

The serial production started by the experiences gained from the results of the wide range of ICE-V tests, which could not avoid the creation of type variations, as in case of any other rolling stock development. So, the next versions of the vehicle series came out: ICE-V, ICE 1, ICE 2, ICE 3, ICE-T/TD and the ICE-S test train, converted from an existing type, for the design of ICE 3 to test the split driving system. The latest ICE series of DB is the class 407, the Siemens Velaro D, which was built for running under the four catenary systems: 15/25 kV AC and 1,5/3 kV DC making possible the operation on the SNCF, SNCB/NMBS, SBB-CFF-FFS, and on other railway networks, by this.



1. ábra: ICE 1 TK szerelése, Krauss-Maffei
Abb.1. ICE1 Triebkopf – Montage, Krauss-Maffei
Fig 1. The construction of ICE 1 TK at Krauss-Maffei



2. ábra: ICE 1 szerelvény, Nürnberg
Abb.2 ICE1 Garnitur, Nürnberg
Fig 2. ICE 1 train in Nürnberg

ICE I szerelvények

ADBelső generációs villamos motorvonatból számos neves járműgyártó cég, mint az AEG, ABB, Henschel, Krauss-Maffei, Krupp és Siemens közreműködésével 1989-1994 között összesen 59 szerelvény készült el. A 9600 kW beépített teljesítménnyel rendelkező, 280 km/h

sebességű szerelvény két vonófejből áll, köztük 10-14 személykocsival.

A sorozat első járművei (001-020 és 501-520) megtartva a DE2500 és 120 sorozat bevált főáramköri elemei még nagyteljesítményű tirisztorokkal és az ezeket kiegészítő tirisztoros oltókörokkal készültek

el, amelyhez közvetlenül kapcsolódik a hajtásvezérlési számítógép, valamint az e fölé rendelt, a jármű felügyeletét ellátó központi számítógép. A sorozat további áramirányító egységei már GTO tirisztoros kivitelben készültek.

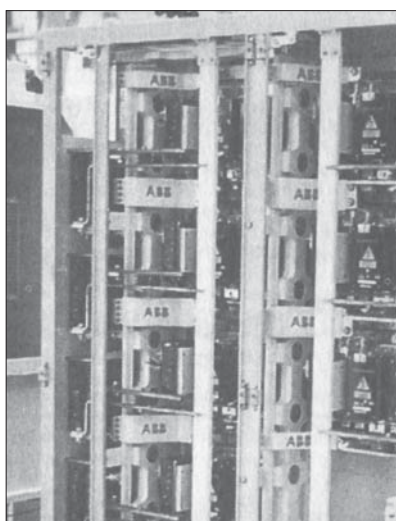
A nagy sebesség elérése érdekében a forgóvázak kialakítása során meg-



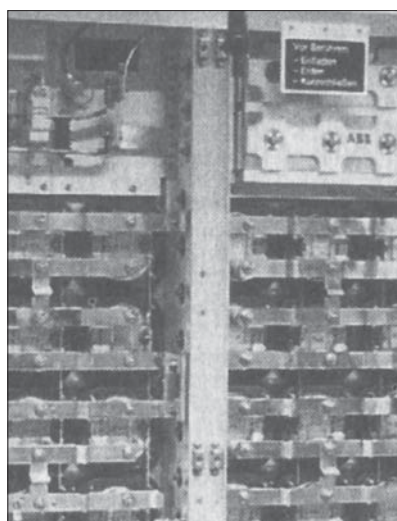
3. ábra: ICE 1 utasfülke
Abb. 3 – ICE1 - Fahrgastabteil
Fig 3. ICE 1 passenger compartment



4. ábra: ICE 2, vonófejek szerelése, München-Allach (Krauss-Maffei)
Abb.4 – Triebkopf-Montage, München-Allach (Krauss-Maffei)
Fig 4. construction of the ICE 2 power heads in München-Allach (Krauss-Maffei)



5. ábra: ICE 2 GTO áramirányító szekrény
Abb.5 – ICE2 - GTO-Stromrichterschrank
Fig 5. ICE 2 GTO converter unit



6. ábra: ICE 2 Középsőköri kondenzátorok
Abb.6 - Zwischenkreiskondensatoren
Fig 6. ICE 2 capacitors of the AC driving system

ICE 2 szerelvények

Az ICE 1 sikere után a DB újabb, bizonyos részletekben változott szerelvények üzembeállítását határozta el és az 1993 év végén a szintén ca. 50 db.-ról szóló megrendelés alapján indult meg a fejlesztés. Az új konstrukciójú vonófej/közbenső-kocsik/vezérlőkocsi összeállítású szerelvények gyártásában az esssen-i Krupp-Werk, az Adtranz Nürnberg, a kocsikat pedig az AEG, DUEWAG-AG¹, LHB és DWA konzorcium építette meg. Ezeket a gazdaságilag indokolható változtatásokat, az alapszerelvény kapcsolásával rövid/hosszú vonat összeállítás lehetősége mellett, több más fontos technikai változtatás egészítette ki.

Az ICE 2, illetve a vonófejekkel szemben kissé átalakítottak, ami a hajtás, fék és vezérlési rendszerre terjed ki. A hajtásrendszer elvben nem változott, de az itt alkalmazott 4500V zárófeszültséggel és 3000A kapcsolási árammal rendelkező GTO-tirisztorok már lehetővé tették a főáramkör erősáramú félvezetői számának ca. 40%-os csökkentését, amely mintegy 4-5 t súlycsökkenéssel is járt² és ezzel a beépíthető teljesítmény is növekedhetett, ami az ICE 1 eseté-

tartották az „UmAn” fejlesztés során bevált elektronikus/pneumatikus elemekkel megvalósított rugózatlan tömeg áthelyezés elvét, amely az alacsony vagy nagysebességű, vagy pl. ívbenfutás közlekedés esetére is megfelelő futásjóságot biztosít a jármű részére.

A nemzetközi érdeklődéssel számolva a DB-nél rendszeresített INDUSI, LZB rendszer mellé a svájci közlekedéssel is számolva beépítették az Integra-Signum, valamint ETCS vonatbefolyásolási

rendszert is, továbbá más szükséges elemek pl. áramszedő beépítésére is előkészítették.

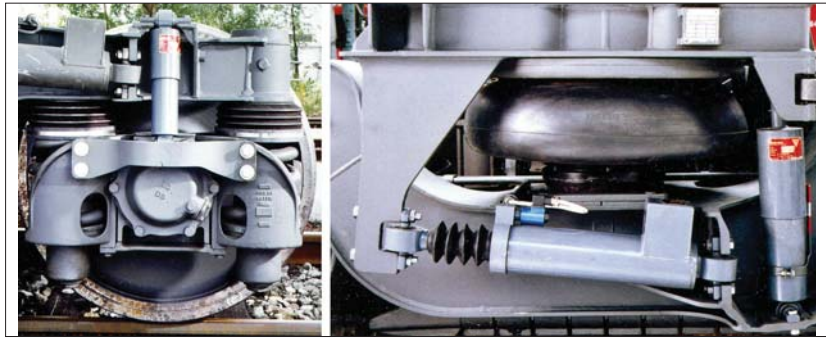
A járművek kapcsolását Scharfenberg készülékek biztosítják, és a hagyományos járművekkel való kényszerkapcsolás céljából szükség-készülék áll rendelkezésre. Az összesen ca. 50 egységből álló ICE szerelvények tömeges megjelenése 1991-ben jött el, és a Hamburg-München vonalon közlekedve jelentős, mintegy harmadával csökkentve a menetidőt.

¹ DUEWAG, Düsseldorfer Waggonfabrik, az 1898-ban alapított Uerdingen-i Waggon-Fabrik AG utódcége.

² Megj: A GTO főtirisztorok már az ICE 1 szerelvényeknél is részben alkalmazásra kerültek, itt a forgóvázankénti kialakítást és a hűtőfolyadék minőségét (FC72) változtatták meg számos más egyszerűsítő megoldás mellett.



7. ábra: ICE 2, FIS utastájékoztató rendszer
Abb.7 – ICE2 - FIS - Fahrgastinformationssystem
Fig.7. ICE 2, FIS passenger information system



8. ábra: ICE 2, SGP 400 forgóváz légrugó és kerékvezetés
Abb.8 – ICE2 – Drehgestell SGP 400 – Luftfeder und Radsatzführung
Fig.8. ICE 2 bogie type SGP 400, air spring and axle guidance

ben probléma volt. Külön kérdést vetett fel a tervezett 280–300 km/h sebesség esetén fellépő légnyomás következtében az elől haladó járműre ható emelést előidéző erőhatás, amelynek stabilizálása kisebb változtatásokkal járt együtt.

Az irányítástechnikai rendszer is átalakult az új szerelvénykialakítás követelményeinek megfelelően. A redundáns kivitelű ZSG-k forgóvázanként egy-egy ASG-t irányítanak, amelyek alapja az új SIBAS 32 rendszer. A rendszerben alkalmazott teljesítőképesebb főprocesszor, valamint jelprocesszorok³ alkalmazása tetemes számítási sebesség növekedéssel járt együtt, ami lehetővé tette a szerelvényekhez kapcsolódó több funkció rendszerhez kapcsolását (pl. FIS⁴), valamint a hajtásrendszerben a finomabb nyomatékszabályozást. A kompatibilitás az ICE 1 szerelvényekkel részben megszűnt, az ICE 2 vonófejek az ICE 1 szerelvényekkel kapcsolhatók, fordítva viszont nem.

A Scharfenberg kapcsolószerkezet automatikussá tételével a szerel-

vény kapcsolása ca. 4 km/h sebességű rájárással lehetséges. A folyamatot egy kapcsoló működtetésével a BKS⁵ irányítástechnika vezérli együtt az átmenő levegős, villamos és információs kapcsolatok létrehozásával.

A vezérlőkocsi alapja a már meglévő közbelső kocsi, kiegészítve a vezérlésre szolgáló berendezésekkel és megváltoztatott homlokformával.

A külsőleg azonos közbelső kocsik is néminemű változást szenvedtek. Az alkalmazott alumíniumkonstrukció jelentős súlycsökkentést tett lehetővé, de ezzel együtt a belső kialakítást is megváltoztatták, valamint a SGP⁶ 400 jelzésű forgóvázakba légrugózás került. Az örvényáramú sínfék helyett pedig minden második forgóvázba mágneses sínfék épült be.



9. ábra: ICE 2, közbelsőkocsi Krefeld-Uerdingen (DUEWAG)
Abb.9 – ICE2 – Zwischenwagen – Krefeld-Uerdingen (DUEWAG)
Fig.9. ICE 2 intermediate car Krefeld-Uerdingen (DUEWAG)

³ A jelprocesszor (ang: Digital Signal Processor, DSP) olyan specializált mikroprocesszor, amelynek felépítését kifejezetten analóg/digitális jelek feldolgozására optimalizálták. Végzik a beérkező mérőjelek (feszültség, áram, nyomás, stb.) feldolgozását a főprocesszor beolvasási ciklusidején belül, amivel a főprocesszort bizonyos számítási feladatoktól tehermentesíti.

⁴ Fahrgast-Informationssystem, utastájékoztató rendszer.

⁵ BKS, BugKlappenSteuerung, homlokkfedél vezérlés.

⁶ SGP, Simmering-Graz-Pauker Aktiengesellschaft für Maschinen-, Kessel- und Waggonbau 1941-ben létrejött Wien, Graz székhellyel rendelkező cég gyártotta.



10. ábra: ICE 2 kapcsolószerkezet
Abb. 10 – ICE2 - Kupplungsvorrichtung
Fig 10. ICE 2 couplers



11. ábra: ICE 2 München ICE-Werk
Abb. 11 – ICE2 – München, ICE-Werk
Fig 11. ICE 2 in München ICE-Werk



12. ábra: ICE 2 vezetőállás
Abb. 12 – IE2 - Führerstand
Fig 12. ICE 2 drivers cab

A gyermekbetegségeket az ICE 2 sem kerülte el. A számos probléma közül a lényegesebbek pl. az automatikus kapcsolókészülék problémái a vezérlőprogram hiányosságaira visszavezethetően. Adatátviteli problémák adódtak fénykábeles kapcsolatokban, különösen a kapcsolószerkezeteknél lévő átmenetekben időjárás viszonyoktól függően. A 49 tonnás vezérlőkocsi és 77,5 tonnás vonófej közötti futáskülönbségek vizsgálatánál a Wien-Arsenalban végzett kísérletek azt igazolták, hogy ezen ballaszt elhelyezése sem segít, a menetszéllal kapcsolatos felületek kialakításához kell hozzányúlni.

Érdekesség, hogy a pálya mentén elhelyezett zajvédő falak hatása miatt is számos változtatást kellett alkalmazni. Mindezek miatt a kettős kapcsolású szerelvények esetében lehetőség szerint a vonófejek a végeken legyenek. Ellenkező esetben a max. menetsebesség 200 km/h.

A bajok ellenére az ICE 2 komfortban, a futásjóságban, jelentősen

könnyebb lévén a pálya igénybevételében is jelentős változásokat hozott. A tapasztalatok alapján folytatódott a további fejlesztés az ICE 3 szerelvényekkel.

Az ICE 2 vonatok tengelyterhelése 15 tonna, így lehetővé válik, hogy a TGV, vagy akár az Eurostar és a svájci 17 tonna tengelyterhelésű vonalakra is átjárjanak. Így az ICE 2 szerelvényekhez fűződik az „Eurorain” kezdeményezés, amelynek keretében a DB és az SNCF 1998-ban egy két ICE vonófej és egy nyolc kocsi álló TGV szerelvényt kapcsolnak össze.

Az Eurotrain születése:

A szerelvény a DB NBS Hannover-Würzburg szakaszon 05.04-én 316 km/h sebességet ért el és az eredmények után indultak meg a vasutak között átjárható szerelvén-

nyek technikai lehetőségeinek tisztázása.

Az ICE 2 szerelvények a fejlesztési célokat végül is elérték és 1996 óta közlekednek a DB AG fővonalain. Az 1997.07.01-től a menetrend szerint közlekedő szerelvényekből 44 db készült el.

ICE 3 szerelvények

Az ICE 3 fejlesztése már az európai kompatibilitási és műszaki követelmények figyelembe vételével indult meg⁷ 1994-ben azzal, hogy a DB ekkor jelezte az ipar felé vételi szándékát az új fejlesztésű járművekre, azzal, hogy négyáramnemű változat készüljön a DB, B, SNCF, SBB, NS, vonalaira, valamint egy áramnemre alkalmas típus a DB részére. Így a fejlesztés már kezdetben nem egységes szemlélettel indult. Fő szempontok voltak: 300

⁷ EU 2002.05.30-án megjelent TSI.



13 ábra: ICE 2 MFA LZB
Abb. 13 – ICE2 – MFA LZB
Fig 13. ICE 2 MFA LZB



14. ábra: ICE S, Wegberg-Wildenrath, 1997.06.16.
Abb. 14 – ICES – Wegberg-Wildenrath, 16.06.1997
Fig 14. ICE S between Wegberg and Wildenrath on 16. 06. 1997



15 ábra: ETE szerelvény Hannover-Würzburg NBS vonal 1998
Abb.15 – ETE-Garnitur – Hannover-Würzburg, NBS-Strecke, 1998
Fig 15. ETE trainset on the Hannover-Würzburg NBS line in 1998



16. ábra: ICE 3, vonófej (végkocsi) szerelése München (ADTranz)
Abb.16 – ICE3 - Triebkopf-Montage (Endwagen), München (ADTranz)
Fig 16. Construction of the ICE 3 power head in München at ADTranz

km/h sebesség, max. tengelynyomás 17 t⁸, vonathossz 400 m, UIC 505-1 döntvény figyelembe vétele, több áramnem a nemzetközi közlekedésre, stb. Az ICE 2 alapokon nyugvó kezdeti megfontolásokat hamarosan elvetették, így a két vonófejes megoldás helyett a tisztán vonófejes, lényegében mozdony konstrukciót elvetve a gépegységek elosztását eredményező új külső megjelenéssel rendelkező⁹ konstrukciós megoldást választották. Mivel az ekkor még meglévő ICE V szerelvény átalakítása nem volt célszerű, ezért a fejlesztés az új ICE S (korábban: ICE 2.2) és ICE

D kísérleti vonatok kialakításával indult meg, amihez kapcsolódott később az ICE T ívben billenő szerelvény. A kísérletek után az 1999/2000-ben üzembe állított ICE 3 szerelvények a Siemens és AEG (ADTranz) és mások közreműködésével jöttek létre.

Az ICE3 szerelvények, a felszerelvény): vég + áramirányítós + közbenső + közbenső + áramirányítós + trafó + vég kocsi kivitelben jelentek meg, amely belsőleg saját kapcsolókészülékkel rendelkezik, így a ki/besorozás csak műhelyben lehetséges. A szerelvények közötti

kapcsolás során 16 egységből álló egységek hozhatók létre és biztosított az ICE 3 és az ICE T szerelvények összekapcsolása is, de az egész nem kompatibilis az ICE TD szerelvényekkel.

A közbenső kocsik lényegében az ICE 2 szerelvényekkel azonosak, bár a nagyobb igénybevételek miatt megerősített, hegesztett alumínium kivitelben.

A szerelvény összeállításból látható, hogy a vontatási gépegységek elosztottak, hasonlóképpen vonatkozik ez a vonta-

⁸ Megj: a tengelynyomás csökkenése miatt 0,11-0,20 tapadási tényező értékkel számoltak szemben az ICE 0,26, vagy a Br 101 0,34 elérhető értékeivel.

⁹ Alexander Neumeister designer vezetésével a külső megjelenés kialakításába nagy energiákat fordítottak, ami több millió Márka összegben jelentkezett és 1:1 méretarányú fa modellt is építettek.

tómotorok, illetve forgóvázakra is. A kifejthető teljesítmény és sebesség az áramnemtől függ: 8000 kW/(15, 25 kV AC), 4300 kW/(1,5, 3 kV DC), sebesség pedig 333 km/h AC és 220 km/h DC.

A főáramköri áramátalakítók GTO tirisztorokkal, míg a segédüzemi áramirányítók (HBU¹⁰) már IGBT tranzisztoros¹¹ kivitelűek. A ZK kondenzátorokhoz kapcsolódik az ún. SDC¹², amely egy 2QS működésű áramátalakító és az örvényáramú sínfék táplálására szolgál, amit a BSG és a hozzátartozó ASG vezérel. A redundáns, kettős módon kialakított

irányítástechnikai rendszer az 1995-ben definiált TCN¹³ alapokra épül, a vontatási jellemzőkben megtartva a korábbi bevált megoldásokat, AFB, ZWG, Sifa, DAVID, valamint ZEUS¹⁴-t. A visszatápláló fék prioritása, illetve teljes kihasználása a négy áramnem és a nemzetközi feltételek miatt nem mindig lehetséges. Az egyes vasutak előírásai, az egyenáramú hálózataikon való közlekedés miatt külön fékellenállások is beépültek.

Dízelváltozatok, ICE-T/TD szerelvények

A nagysebességű közlekedés sikere igényt támasztott a nagyobb forgalmú nem villamosított vonalakon történő bevezetésére is, ami az ICE-T/TD szerelvényekben öltött testet. Közben viszont Franciaországhoz hasonlóan a DB is átesett a gázturbina korszakon, amelynek jegyében épült meg a 601, 602 sorozat. Különlegességként lehet számon tartani, hogy a gázturbinák részteljesítményeken meglévő fajlagos fogyasztásának csökkentése érdekében diesel vonófejeket alkalmaztak. A jövőbe mutató a 603-as sorozat lett, amely már



17. ábra: ICE 3 kapcsolószerkezet
Abb.17 – ICE3 - Kupplungsvorrichtung
Fig 17. ICE 3 coupler unit



18. ábra: ICE 3 örvényáramú sínfék (Szerk. megjegyzése: Az örvényáramú fék a MÁV FKI közreműködésével Magyarországon is tesztelve volt)
Abb.18 – ICE3 – Wirbelstrombremse (Bem. d. Redakteurs: Die Wirbelstrombremse war auch in Ungarn unter Mitwirkung von FKI getestet.)
Fig 18 ICE 3 eddy current rail brake (Remark of the editor: The eddy current brake was tested also in Hungary by the contribution of MÁV FKI



19. ábra: ICE-TD szerelvény normál és bedöntött helyzetű kocsiszekrényel
Abb.19 – ICE-TD Garnitur – mit Wagenkasten in Normal- und Neigeposition
Fig 19. ICE-TD trainset with the car bodies in normal and tilted position

¹⁰ HBU, HilfsBetriebeUmrichter, segédüzemi áramirányító.

¹¹ IGBT, Insulated-gate bipolar transistor, szigetelt kapuval rendelkező bipoláris tranzisztor, nagyobb zárófeszültség, nagyobb kapcsolási frekvencia jellemzi.

¹² Step-Down Converter, feszültségcsökkentő átalakító.

¹³ TCN, Train Communication Network, vonat kommunikációs hálózat, a hierarchikus felépítésű rendszer a teljes szerelvény gépegységeinek és besorozott járműveinek működését átfogja, irányítja és ellenőrzi.

¹⁴ ZEUS, Zentrale Überwachung und Steuerung, központi ellenőrző és vezérlő rendszer.



20. ábra: ICE 3 szerelvény Bruxelles, 2001 októberében a műtanrendőri menetek megkezdésekor
Abb.20 – ICE3 Garnitur – Bruxelles – Oktober 2001 – beim Start der technischpolizeilichen Fahrten
Fig 20. ICE 3 trainsets in Bruxelles, at starting the authority test runs in October 2001



21. ábra: SNCF mérőmenet a DB 406,008 szerelvényvel
Abb.21 – SNCF-Messfahrt mit DB 406008 Garnitur
Fig 21. SNCF test run with the DB 406,008 trainset

210 km/h sebességre épült és a Lycoming TF 35 gázturbina fejlettebb hajtással, aszinkron hajtással működött együtt. Az ICE-T megjelenését még a 605 sorozat előzte meg.

Az első öt ICE-T (InterCityExpress-Triebzug) szerelvény 1999. május 30-án állt üzembe. A DB történetében újdonságot jelentett a kocsiszekrény döntéstechnika bevezetése. A berendezés ca. 8 fokkal teszi lehetővé a kocsiszekrény döntését ívekben való futás esetén, amely segítségével az olasz Pendolino mintájára ívekben bedőlő kocsiszekrényekkel készült szerelvények a pályáívekben gazdag vonalakon ca. 30%-al tették lehetővé a sebesség növelését és a menetidő mintegy 10-20 %-os csökkentése mellett.

A fejlesztés során több tervezési elgondolás is kialakult, mint a vonófejes kialakítás vagy a külön motorokkal ellátott kocsi egységek. A modellkísérletek alapján a DB 1994-ben 43 darab villamos erőátvitelű dőléstechnikával kialakított szerelvényt rendelt meg, amelyet a DWA Görlitz, Siemens, Duewag és a Fiat Ferroviaria cégek hoztak létre. A dőlésmechanizmus az olasz ETR 460 szerelvényről került át.

A modulárisan kialakított szerelvényekben a hajtás szétosztott, de az irányítástechnika csak ezen egységek együttműködését teszi lehetővé,

az egyes egységek önállóan nem működőképesek. Az ún. „bázismodul” három kocsiból áll és az első kocsi a vezetőállás, transzformátor és az irányítástechnikai egységek helyezkednek el. Az utolsó, hajtással nem rendelkező kocsi a segédüzemi berendezések (levegőellátó), valamint a közbenső hajtott egységben foglalnak helyet a vontatómotorok, áramirányítók. A bázismodulból kiindulva, további egységek hozzáadásával viszont hét egységű szerelvények is létrehozhatók. A cél szerű besorolás során a szerelvények tömeg/teljesítmény aránya közel azonos maradhat. A 4 Megawatt hajtásteljesítmény mintegy 230 km/h sebesség elérését teszi lehetővé. Az ICE 3 szerelvényekkel ellentétben az örvényáramú sínfékek alkalmazása helyett mágneses sínfék bevezetésére, azzal a megokolással, hogy a szerelvények többségében olyan vonalakon közlekednek, ahol zavarhatják a már kiépített pályaberendezések működését.

Rögös út Párizsba

A spanyol vasutak (RENFE) 2002-ben a Madrid-Zaragoza és Madrid-Barcelona között épülő HGV vonalakon az ICE 3 szerelvényekkel kívánta a nagysebességű (300 km/h) közlekedést megvalósítani, amihez

16 szerelvényt kívánt megvásárolni és ETCS, valamint GSM-R vonatbefolyásolással ellátni. A hosszadalmas egyeztetések után utasokkal végül 2007.06.22-én közlekedett 300 km/h sebességgel az első szerelvény. A próbautak során 2006 szeptemberében egyik szerelvény 403,7 km/h sebességet is elért. Ez volt az első olyan szériás szerelvény, amely ezt a sebességet minden technikai változtatás nélkül érte el.

Szinte ugyanebben az időben készültek el a Franciaország, Hollandia, Belgium és Ausztria felé irányuló közlekedés feltétfüzetei, amelybe azután elsőként Svájc kapcsolódott be 2001-ben.

A Párizsba vezető rögös út a belga, holland vasutakkal kezdődött. Nem kimondott ugyan, de világos, hogy az SNCF-el történő tárgyalásokat a francia vasút már működő TGV hálózatának megléte sem segítette, szemben más vasutakkal, amelyek nagysebességű közlekedéssel nem rendelkeztek, bár akadályok ezekkel a vasutakkal is előfordultak. Belgiummal 1995 januárjában kezdődtek meg a tárgyalások, míg pl. a belga engedély 2002. november végén vált valóssá és az első szerelvény 2002.12.15-én közlekedhetett le Frankfurt/Main és Bruxelles között.



22. ábra: ICE 406,083 szerelvény Paris Gare de l'Est pályaudvaron
 Abb.22 – ICE 406803 Garnitur – Bahnhof Paris Gare de l'Est
 Fig 22. ICE 406,083 trainset at Paris Gare de l'Est station



23. ábra: ICE 3, Lounge vezetőállás áttekinthető módban
 Abb.23 – ICE3 – „Lounge“-Führerstand in Durchsicht
 Fig 23. ICE 3 Lounge. The drivers cab is in transparent mode



24. ábra: ICE 3, vezetőállás
 Abb.24 – ICE3 - Führerstand
 Fig 24. ICE 3 drivers cab



25. ábra: ICE 3 1. osztályú szakasz
 Abb.25 – ICE3 – Abschnitt Klasse 1
 Fig 25. ICE 3 first class compartment

Az előzőeknél könnyebbnek nem nevezhető megbeszélések az SNCF-el 1995 májusában kezdődtek, ahol a technikai kérdéseken túl a marketing célok is tisztázásra szorultak. A 2000.06.05-én kiadott engedély égül a francia vasutak 25 kV feszültségű hálózatára szólt, elvetve az 1,5 kV egyenáramú hálózatot. A kísérleti menetek 2001 júliusában kezdődtek meg Straßburg és Colmar között és 2002 nyarán fejeztek be, de a kiegészítő ellenőrzések még 2005-ig eltartottak, annak ellenére, hogy az első ICE 3 szerelvény 2003.07.07-én futott be Párizsba a Gare de l'Est pályaudvarra. A vonatok a régi pályán közlekedtek, a nagysebességű menetkísérleteket először Roissy és Calais, majd Lille és Roissy között folytatták 2002 októbertől kezdődően.

Számos technikai részlet azonban még tisztázásra szorult, így a járművön kiiktatásra került, pl. az örvényáramú fék. Ugyanígy a vonatbefolyásolás kérdése is még további tisztázásra szorult, annak ellenére, hogy a szerelvényt a francia és belga berendezésekkel (TVM430, KVB és Crocodil) felszerelték, bár a németek részére a rendszerek teljes dokumentációja nem került átadásra. Egyebek mellett a felsővezeték és az áramszedő közötti ívképződés is fontos kérdéssé lett, ahol az előírás szerint az egyes villamos ívek felléptének idejét 20 ms időben kellett korlátozni, ami nyilvánvalóan együtt járt a felsővezeték és az áramszedő közötti nyomóerő a követelményeknek megfelelő nem egészen egyszerű, statikus és dinamikus beállításával. A pályaeépítési különbségek is gondot okoztak, 300 km/h

sebesség mellett a francia pályákon fellépő ágyazatsodródások okoztak komoly károkat az ICE szerelvények alvázszerkezeteinél. Számos további kísérlet és egyeztetés után a végleges engedély a franciaországi közlekedésre 2007.05.31-re született meg és röviddel ezután 2010-re 15 darab új négy áramnemű 407 sorozatú jármű épült meg francia és belga közlekedésre.

A nagysebességű közlekedés jövője

Az ICE az eltelt évtizedek alatt bebizonyította életképességét és működése sikertörténetként könyvelhető el. Maga a nagysebességű ICE vonat és a vele párhuzamosan folyó új építésű és felújított nagysebességű pályák közelebb hozták egymáshoz Európa addig egymástól távolfekvő területeit és városait. Népszerűségére

jellemző, hogy 1992 és 2007 között az utaskilométer 30-ról 35 milliárd km-re emelkedett, ezzel együtt az utazók száma 14 millió főt tett ki, mindez pedig a távolsági utazások 23 %-át tette ki. A statisztikai számok jelzik az ICE közlekedés kihasználtságának magas fokát, amely átlagosan 45%-ot tett ki.

A harmadik generációs változat még nagyobb népszerűsége tette szert, az utasok száma 69 millió főre emelkedett, amely napi viszonylatban ca. 200.000 fő utazását jelenti. Ez pedig csak a Berlin-Hamburg közötti ún. „Rennstrecke” viszonylatában 10000 utast jelent, mintegy 185 km/h átlagos utazási sebesség mellett. Az ICE hálózatához egyébként mintegy 100 kisebb nagyobb város kapcsolódik. Az utasforgalom felfutásával párhuzamosan a szerelvények száma is növekedett, így pl. 2006-ban már összesen 236 ICE 3 és ICE T szerelvény állt üzemben. Ennek ellenére a 2007 évi menetrendváltáskor forgalomkorlátozással is számolni kellett a szükséges szerelvényszám hiánya miatt. Az utasforgalom felfutása a pályaépítésben is előrevetette a szűk kapacitások létrejöttét, amely felvetette a

konzekvens nagysebességű vonalak építésének tervszerű folytatását, a már meglévő pályákon a lassújelek, akadályok felszámolását¹⁵. A lassújelek kérdése például Würzburg-Hamburg vagy Hamburg-Basel viszonylatában a nagysebességű kiépítés szükségességét is felvetette az előforduló lassújelek okozta menetidő-hosszabodás miatt. A kérdés persze nem csak a nagysebességű vonalak esetében vetődik fel.

Európában eddig mintegy 3000 km nagysebességű vasútvonal épült ki, amelyen mintegy 1000 szerelvény közlekedik és ez a világ gyorsforgalmú közlekedésének mintegy háromnegyedét bonyolítja le. Az európai hálózat egyik alapvető hiányossága a gyengén kiépített nemzetközi kapcsolatrendszer, bár ez akár természetesnek is teendő a fejlesztést végző országok és vasutak földrajzi helyzetét figyelembe véve. A nehézségeket nem csak a politikai és a vasúti előírások eltérése okozza, hanem a technikai, vontatási, biztosítóberendezési, pályakiépítési feltételek jelentős különbségei és ezek felszámolásával járó hatalmas anyagi ráfordítások is lassítják a nemzetközi hálózatok gyors

sabb kiépítését. A cél pedig, mint az első valóban európai közlekedést felmutató Párizs-Bruxelles vonal lenne, ahol központtól-központra minden érzékelhető határ és akadály nélkül lehet az eljutást biztosítani. Ez a kérdés különösen a nagyobb távolságok esetében lép elsőrangúvá, amelynek megoldásával, a légiközlekedés teljességgel háttérbe is szorulhatna. Az ICE közlekedés sikere bizonyítja, hogy az életszínvonal és életviszonyok változásával együtt járó mobilitás-növekedés a közlekedés számos eddig nem vagy csak kevésbé fontosnak tartott kérdését vetette fel. A jelenlegi, illetve a korábbi infrastrukturális adottságok mellett, ezek hiányosságai következtében gyakori torlódások jelentkeznek elsősorban a személy, de a teherszállítás területén. Az európai utak, a légtér már lényegében telített, ami magával vonja a balesetek növekedését is, mintegy 41 ezer ember hal meg évente az Unió közútjain, a forgalmi és a közlekedési kultúra adott viszonyai között. Ilyen és hasonló körülmények között kerülnek előtérbe a nagysebességű vasúti közlekedés előnyei, az akadályok csökkentésére vagy megszüntetésére a nagysebességű vonatok és vasúti vonalak kiépítése látszik a



26. ábra: ICE 3, 2 osztályú szakasz
Abb.26 – ICE3 – Abschnitt Klasse 2
Fig 26. ICE 3 second class compartment



27. ábra: ICE 3, FIS
Abb.27 – ICE3 – Fahrgastinformationssystem/FIS
Fig 27. ICE 3 FIS passenger information system

¹⁵ Ebben a kérdésben igen érdekes megállapítások is felvetődtek, amelyek a nagysebességű közlekedés bizonyos határait is feszegetik. Például a mély fekvésű Stuttgarter pályaudvar esetében a vonatok nagysebességről történő fékezése lejtmenetben, illetve a kellő mértékű gyorsíthatóság nagyobb emelkedőkben. A DB számításai szerint az ICE 1, ICE 2, ICE T szerelvények esetében a hajtás és a fék termikus terhelése miatt a kívánt menetviszonyok nem érhetők el. Ezt csak az ICE 3 szerelvények tudják teljesíteni.

legkézenfekvőbb megoldásnak, mind az elérhetőséget, mind a gazdaságossági szempontokat figyelembe véve.

A nagysebességű vonalak kiépítése környezetvédelmi szempontból is kedvező, hiszen a gyorsaság mellett az utazási kényelem és a pályakiépítés kedvező helyigénye (kétvágányú vonal esetén ca. 3,2 hektár/km, szemben az autópálya 9,3 hektár/km-nyi igényével), valamint az egy utaskilométerre jutó energiafogyasztás mintegy 30-50%-kal alacsonyabb volta is létesítésük mellett tör lán-dzsát.

A nagysebességű vasút alternatívát nyújthat mind közúti, mind a légi személyszállítási területen, hiszen Nemzetközi Vasútegylet (UIC – Union International des Chemins de Fer) számításai szerint a légi közlekedéssel összehasonlítva rövidtávon (150-500 km), az eljutási időt tekintve egyértelműen a vasút az előnyösebb. A tétel azonban nemcsak rövidtávon létezik, hanem a számítások szerint a nagysebességű vasút kedvezőbb eljutási feltételeket biztosít akkor is, ha az utazási távolság nem haladja meg a 800 km-t, ami már jelentős távolság. Ugyancsak a jövőt illetően igen előnyös kombináció lehet a közepes és hosszabb távú légi utak összekötése a közepes távolságú nagysebességű vasúti közlekedéssel.

Európában a tervek szerint ca. 6620 km hosszúságú, nagysebességű hálózat létesítendő, amelyből ca. 2726 km-en van forgalomban és 1936 km kivitelezése pedig már megkezdődött. A működő és épülő vonalak az üzleti és politikai élet nagy központjait kötik össze (pl. Róma, Firenze, Párizs, Brüsszel stb.). A kiépülő

hálózat az Európai Unió belső és déli és kelet – nyugati irányú kapcsolatokat egyaránt tartalmaz, így alkalmas a turistaforgalom egy részének lebonyolítására is alkalmas.

A nagysebességű vonalak a már említettek szerint többféleképpen alakíthatók ki: vagy a létező pálya átépítésével, vagy új pályák építésével. Lényeges különbséget a költségek jelentenek, az előbbi változat valamivel olcsóbb, de a pálya kiépítési adottságai korlátozó tényezők és kisebb sebességek elérése lehetséges (160-250 km/h), míg az újonnan épített pályán az elérhető sebesség nagyobb (350 km/h), de a pálya kiépítés költségei számottevően magasabbak. A kompenzálás egyetlen lehetősége a forgalmi részarány növelése.

Ezt, a nagysebességű vonatok nyújtotta kitérési lehetőséget több európai ország vasútja is meglátta. A hosszú távú utazásoknak Franciaországban a kétharmadát, Németországban a negyven százalékát a nagysebességű személyszállítás teszi ki. Az új vasútvonalakkal azonban a vasutak gyakran saját magukkal szemben támasztottak, támasztanak versenytársat. Sokszor ugyanis nem új utasok lépnek be a forgalomba, hanem a korábbi, lassabb vonalokról állnak át a gyorsabb, kényelmesebb járatokra.

ICE balesetek

Sajnos nem lehet említés nélkül hagyni a nagysebességű járművek bevezetése esetén is az elkerülhetetlenül bekövetkezett baleseteket, pontosabban azokat, amelyek a járművek hibáiból és a nagy sebesség következtében létrejövő fokozott igénybevételekből adódtak.

A fejlesztés során a természetesen adódó számos kisebb hibák, pl. nem záródó ajtók, eldugult automatikus WC-k, motor-meghibásodások kiküszöbölése mellett számos súlyosabb hiba is előfordult. Ezek egyike pl. a szekrénykonstrukció miatt 200 km/h sebesség fölött létrejövő rezonáció¹⁶, amely hosszabb idő alatt fáradásos jelenségek kialakulásához vezethet. Ennek csillapítására az ún. „Radumspannender Gummiring” elnevezésű, az abroncs és keréktárcsa között lévő gumielemezzel kerekeket alakították ki, amelynek hiányosságai egyéb okok mellett pl. az ICE eschede-i balesetéhez vezettek.

A balesetet előidéző Rad Bochum 84/Br. 064 jelzésű kerék a DB új fejlesztése volt, amely az abroncs és a keréktárcsa között egy 20 mm vastagságú gumiréteget tartalmazott a rezgések csillapítása céljából. A baleset okát a kerékabroncs fáradásos törésében jelölték meg, ami nem egyedüli eset a vasutak történetében¹⁷. De a vizsgálatok azt is bizonyították, hogy a balesetek igen ritkán vezethetők vissza egyetlenegy okra, így ehhez a balesethez is, mint annyi máshoz is, több körülmény kapcsolódik, mint pl.

- a bevezetés előtt a tartóssági határig történő ellenőrzéshez kellő mentkísérleteket nem folytattak és 200 km/h feletti sebességnél sem végeztek tartóssági próbákat,
- a kerékabroncsok belső felületén keletkező repedések diagnosztizálásához nem álltak rendelkezésre eszközök, a méretezések is csak elméleti megfontolások alapján készültek,
- nem tisztázták a közúti villamosok esetében is használt hasonló kerekek viselkedését a nagysebességű

¹⁶ A vonatok közlekedése során az utasok is folyamatosan jelezték, hogy különösen az étkezőkocsiban folyamatos vibrálásokat tapasztalnak és „wandernde Gläser“-eket (vándorló poharak) látnak.

¹⁷ Érdekességképpen az anyagkifáradás jelenségével kapcsolatos vizsgálatok éppen a Monarchia területéről indultak ki az 1875.10.19-én az osztrák Westbahn Amstetten/Timelkam kerékabroncs-törés okozta baleset kapcsán. A vizsgálatokat ekkor August Wöhler végezte és alkotta meg a róla elnevezett görbékét. Majd mindezeket Johann Bauschinger és Ludwig von Tetmajer folytatták tovább

közlekedés eltérő igénybevételi körülményei között, még akkor sem, amikor 1992-ben a Fraunhofer-Intézet már figyelmeztetett a kerékbroncs törések valószínűsíthető veszélyére.

Mindez sajnos jelentősen hozzájárult a szársországi Eschedénél bekövetkezett balesethez, amely 101 ember halálát és 88 ember súlyos és 106 ember könnyebb sérülését okozta.

A Deutsche Bahn 2008 őszén a teljes 63 darabos ICE 3 nagysebességű vonatait, melyek nagy része a német távolsági hálózatán dolgozik, sűrű és rendszeres ultrahangos vizsgálatnak vetette alá, az egyik ICE 3 vonat Kölnben történt kisiklását követően. A szokásos 300 000 kilométerenkénti vizsgálati ciklust 30 000 kilométerre csökkentették, ami azt jelentette, hogy kb. minden negyedik héten el kellett a vizsgálatot végezni, az addig előírt hat hónap helyett. Más intézkedésre is sor került, a tengelyterhelés csökkentése érdekében, pl. lezárták a WC-t. A probléma összetett, és amikor október 8-án 2 mm mély repedést találtak az egyik ICE-T ívbe bebillenő villamos motorvonat tengelyén, az összes ilyen vonatot (71 szerelvényt) azonnali vizsgálat alá vetették, és a bebillentő szerkezetet üzemén kívül helyezték a pálya igénybevételének csökkentése érdekében. Október 24-én a DB a teljes ICE-T motorvonat sorozatot kivonta a forgalomból, vizsgálat céljából, és nyilvánosan kritizálta a vonat gyártóit, a Siemens, Alstom és a Bombardier cégeket, mert nem közöltek megfelelő adatokat és részleteket a tengelyek gyártásával kapcsolatosan. A gyártók ezt az igényt elutasították, de október 28-án újabb tengelyen találtak repedést. Október végén az ICE-hálózaton óriási káosz volt, nagyon kevés ICE 3 /ICE-T vonat volt üzemképes állapotban. Az ultrahangos vizsgálati intervallumot megkezdték a DB 481/DB 482 villamos motorvonat-sorozatnál, melyeket Berlin S-Bahn vonalain közlekednek. A tengelyek tervezése az



28 ábra: ICE 1 baleset, Eschede
Abb.28 – ICE1 – Unfall bei Eschede
Fig 28. ICE 1 accident at Eschede

ICE 3 és az ICE-T vonatoknál azonos módon történt, így nem világos, hogy az intézkedések elővigyázatosságból történtek, vagy hibát észleltek mind a két sorozatnál.

Összefoglalás

Az előzőek egy hosszú és csapdákkal teli rögös útra emlékeztetnek, amin nagy áldozatok és sikerek, sikertelenségek kíséretében kellett végighaladni az út jelenlegi állomásáig. És itt még felsorolni sem lehetett azokat a csak rajzasztalon maradt terveket, amelyek az amúgy is létrejött fajtagazdagságot és a szükségtelen ráfordításokat csak tovább növelték volna. A technikai nehézségek leküzdésének állomásain túl erre az útra jellemző az emberi tulajdonság is, elkötelezettség egyes később hibásnak bizonyuló elgondolások iránt, vagy a körülményeknek és a személyeknek azon változásai, amelyek az ügyekre, a fejlesztésekre befolyással bírnak. Ebben a sorozatban vannak érthető és érthetetlen jelenségek. Ennek talán legfontosabb jellemzője a minél nagyobb sebességre és minél rövidebb elérési időre való törekvés, és mindez általában a célok pontos tisztázása, a ráfordítások áldozatok figyelembe vétele nélkül vagy azok kevésbé figyelembe vételével. A mindent előtű információ mellett

az ICE vonatokon lehet pl. színházi előadásra jegyet váltani, megrendelni a világon fellelhető összes árufajtát, de a DB menetrendje hiányzik, késés esetén pedig, ha az utasok a csatlakozás lehetőségéről érdeklődnek, akkor a kalauz is csak a vállalt vonogatja. Értve ugyan a nehézségeket, de az mégis látható, hogy a sok internetes megoldás, mobil alkalmazás és az ezeket használó telefonguruk mellett elmarad az ember. Az ember, akivel szót lehet érteni szükséges esetben és az utazások során felmerülő számos kérdésben hathatós támaszt tudna nyújtani. Egy filozófiai kérdés is még várat magára, mégpedig az emberi oldal, miért sietünk annyira, hova sietünk, miközben elmaradnak az emberi kapcsolatok a termelés más a területre, népességre és más a kérdés-komplexummal összefüggő célszerűbb megoldása, talán úgy, hogy az egyre néptelenebbé váló technikai létesítmények mellett még maradjanak vasutasok is. Mindenesetre az ICE történetből a fejlesztések ugyan nehéz, de mégis töretlen útját látjuk, amely mellett még sok gondolkodásra késztető útjelző áll.