



POÓR ISTVÁN

okl. gépészmérnök
vállalkozási igazgató
MÁV Vasjármű Kft.



VARGA MIKLÓS

közlekedésmérnök
dízeltchnológus
MÁV Vasjármű Kft.



NÉMETH GÁBOR

közlekedésmérnök
marketing és pályázati
referens
MÁV Vasjármű Kft.



RÓNAI ATTILA

okleveles villamosmérnök
Sedulitas-Pro Kft.

NEMES PÉTER

villamosmérnök-ügyvezető
Sedulitas-Pro Kft.



Az Mk48 403 mozdony hibridhajtására fejlesztése

István Poór
Msc. Mechanical engineer
commercial director
MÁV Vasjármű Ltd.

Miklós Varga
Bsc. traffic engineer
dieseltechnologist
MÁV Vasjármű Ltd.

Gábor Németh
Bsc. traffic engineer
product manager
MÁV Vasjármű Ltd.

Entwicklung der mit Hybridantrieb ausgerüsteten Lokomotive Mk48 403

Attila Rónai
electric designer
SedulitasPro Ltd.

Összefoglaló

Az EGERERDŐ Zrt. az ÉMOP-2.1.1/B-09-2009-0012 azonosító számú uniós támogatású projekt keretében vállalta az elmúlt évtizedekben elhasznált, egyik Mk48-as típusú dízelmozdonyukon a környezetkímélő hibrid technológia megvalósítását. Az Mk48 403 pályaszámú mozdony korszerűsítését az elmúlt évtizedekben számos innovációban tervezőként, kivitelezőként már bizonyított, kreatív alkotásokat befogadó és azokat megvalósítani képes MÁV Vasjármű Kft. nyerte el a közbeszerzési pályázaton, együttműködve a vasúti hibrid hajtások technológiában hazai úttörő céggel, a Sedulitas-Pro Kft. magyar mérnökeivel.

Zusammenfassung

Die EGERERDŐ Zrt. hat im Rahmen des durch EU geförderten Projektes – ID-No.: ÉMOP-2.1.1/B-09-2009-0012 an einer ihrer während der vergangenen Jahrzehnten verbrauchten Diesellokomotiven der Baureihe Mk48 die Realisierung der umweltschonenden Hybridtechnologie übernommen.

Die während der letzten Jahrzehnte in mehreren Innovationen als Konstrukteur, Hersteller schon ihre Fähigkeiten im Hinblick auf Erkennen und Ausführung von wegweisenden Schöpfungen nachgewiesene MÁV Vasjármű GmbH hat als Ergebnis eines öffentlichen Vergabeverfahrens die Rekonstruktion der Lokomotive mit Streckennummer Mk48 403 unter Mitwirkung der ungarischen Ingenieure der Sedulitas-Pro GmbH, eines Pionierunternehmens auf Gebiet der Hybridantrieb für Bahnen in Ungarn.

Péter Nemes
electric designe
Managing director
Sedulitas-Pro Ltd.

Hybrid upgrade on Mk48 403

Summary

Environmentally friendly hybrid technology carry out has been undertaken by Egererdő Ltd. under the no. ÉMOP-2.1.1/B-09-2009-0012 EU-funded project on one Mk48 diesel powered locomotive. MÁV Vasjármű Ltd. which in the last decades has proven as a successful contractor and designer won the public procurement procedure for the Mk48 403 locomotive modernization. In conjunction with rail hybrid drive technology domestic pioneering firm, Sedulitas-Pro Ltd.

Bevezetés

Az EGERERDŐ Zrt. Szilvásvárad Erdészete lehetőséget kapott a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség által kiírt pályázat keretén belül, egy Mk48-as kisvasúti mozdonyremotorizációjára, teljes felújítására, korszerűsítésére.

A Szilvásvárad Erdei Vasút három Mk48-as mozdonyt üzemeltet, melyek elég hányatott sors után kerültek erre a vonalra. Ezek a mozdonyok már ötven éve teljesítenek szolgálatot, ezért jelentős megújításuk igen csak időszerűvé vált.

A 2010-es évben megvalósult az első igazi hibridhajtású Mk48-as mozdony átalakítás a Lillafüredi Állami Erdei Vasútnál az ÉSZAK-ERDŐ Zrt. beruházásában, szintén e pályázati lehetőség támogatásával. Ők úgy döntöttek, hogy a mozdonynak egy új, modernbb megjelenést alakítanak ki, jelezvén azt, hogy ez már egy új korszak a kisvasutak életében. Azok a műszaki megoldások, amelyeket alkalmaztak a mai kor legkorszerűbb megoldásainak

tekinthetők, így alapjai teljesen jók, de ezen a gondolatmeneten kívánt az Erdészet az igényeinek megfelelően változtatni.

Cél az eredeti Mk48-as megjelenési forma megtartása mellett, a környezettudatos gondolkodás továbbvitele.

Alapvető cél: a mozdony motorjának és hajtásláncának korszerűsítése a kor környezetvédelmi elvárásainak megfelelően úgy, hogy az eredeti Mk48-as nosztalgia jelleg megmaradjon. Az átalakítás csökkenti a környezetterhelést és a környezetszennyezést. Az elektromos erőátvitel jelentősen csökkenti az esetleges olajszennyezések kialakulásának veszélyét, csökken a levegőszennyezés, a zajterhelés, a karbantartási igény, javul az energia felhasználás hatékonysága.

A korszerűsítés kivitelei tervezésében két alvállalkozó bevonására is sor került. A forgóvázak vontatómotorjainak beépítését, az új tengelyhajtások gyártási és beépítési

dokumentációját az INVENT Kft. végezte. A jármű főelrendezésének, illetve a dízel-villamos gépcsoport beépítésének a szerkesztési munkáit, továbbá a komplett villamos hajtás- és vezérlési rendszer tervezését, valamint a működtető szoftver megírását a Sedulitas-Pro Kft. végezte.

A korszerűsítéssel kapcsolatos főbb megrendelői elvárások

A pályázat kiírása során a jármű tulajdonosának elvárása volt, hogy a mozdony jellege, külső jellegvonásai ne változzanak, maradjon meg az eredeti sátor kialakítás, a nosztalgia jelleg.

További elvárás volt az előrege-dett kúpkerekes tengelyhajtóművek cseréje, ami új tengelyhajtómű tervezését irányozta elő.

Fontos követelmény volt az új Stage IIIB emissziós normáknak megfelelő dízelmotor beépítése részecskeszűrővel.

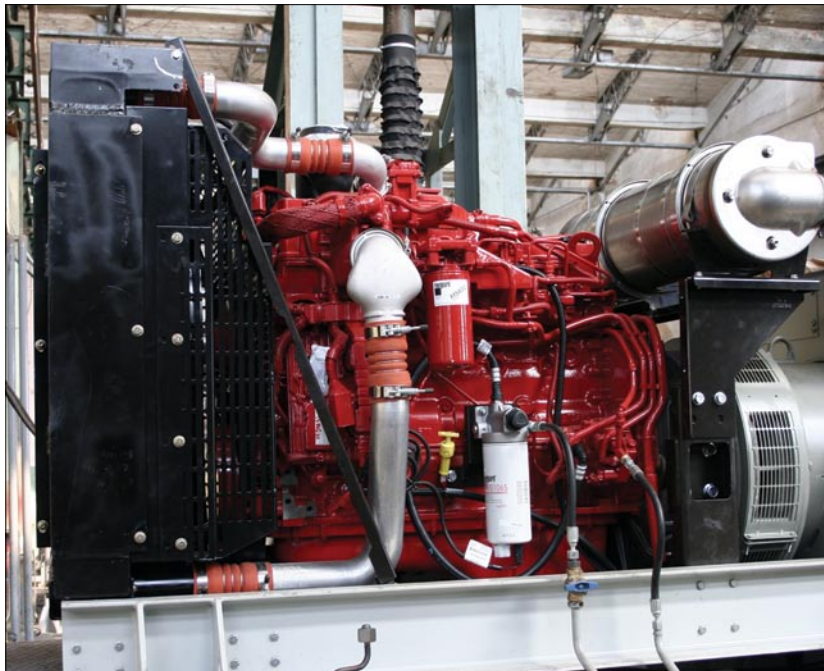
A hajtáslánc további korszerűsítését jelentette a villamos vontató motorok beépítése, amelyekhez illeszteni kellett az új tengelyhajtóműveket.

No és persze a hibridhajtás, amelynek elemei: a dízelmotor, a hozzá rugalmas tengelykapcsolóval illesztett főgenerátor, a vontatási akkumulátorok, hajtáselektronikák, motorok, valamint ezen elemek vezérlése.

Előkészítő munkák

Az átalakításra kijelölt Mk48 403 pályaszámú mozdony MVJ Kft.-be érkezése után teljes szétszerelésre került.

A még használható fődarabok és alkatrészek, amelyek az átalakítás után feleslegessé váltak, visszaszállításra kerültek az üzemeltetőhöz, és más még eredeti kialakítású Mk48-as mozdony továbbüzemelését segítik. A mozdony teljes szétszerelése után az alvázat, a mozdonyrárat, és a szétszerelt forgóvázkereteket szemcseszűrővel Sa2 felületi mi-



1. ábra A MÁV Vasjármű Kft.-ben a régi Mk48 403 teljesen felújított vázszerkezetébe beépítették a Cummins dízelmotort

Abbildung 1. Der in der total erneuerten Rahmenkonstruktion der alten Mk48 403 Lokomotive am Standort der MÁV Vasjármű GmbH eingebaute Cummins-Dieselmotor

Fotó: Németh Gábor

nőségben a javításra elő kellett készíteni.

Alváz munkák

Az alvázat – amelyen látszottak a hosszú üzemidő megpróbáltatásai – kimértük, a hegesztési varratokat átvizsgáltuk, és eredeti méretre helyreállítottuk. Az alvázon elvégeztük azokat a szükséges átalakításokat, amelyek szükségessé váltak az új főgépcsoport és hajtáslánc beépítéséhez.

Az alvázon eredetiben megmaradó szerelvények is felújításra kerültek, hogy még hosszú évekig hibamentesen szolgálják a felújított mozdonyt.

Dízelmotor

A beépített Cummins QSB 6.7 dízelmotor megfelel a vasúti motorokra érvényes EU Stage IIIB kipufogógáz emissziós előírásoknak, teljesíti a jelenleg érvényes legszigorúbb környezetvédelmi normákat. A dízelmotor beépítésnél alkalmazott korszerű segédanyagok hatására megszűnik a kenőolaj, hűtővíz és tüzelőanyag csepegés. Csökken a környezet zajterhelése.

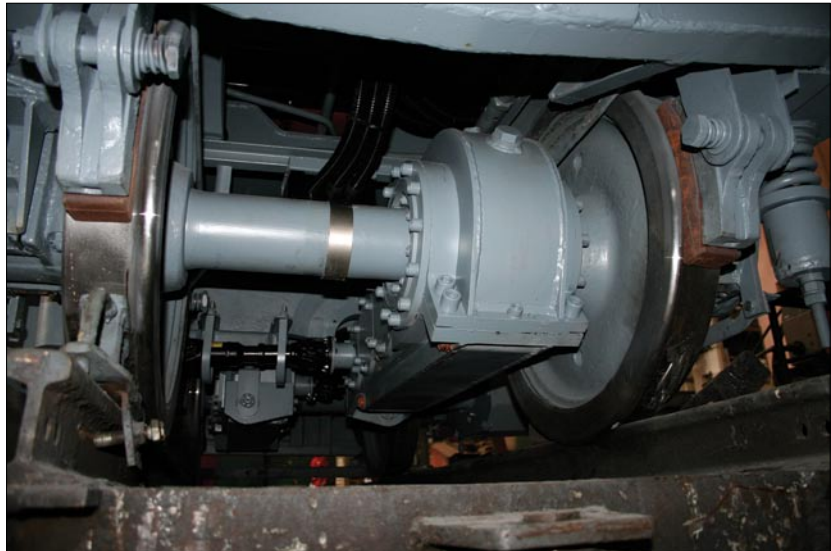
A dízelmotor alkalmas biodízzel maximum 20%-ban kevert üzemanyaggal történő üzemeltetésre a gyártómű által előírt feltételekkel.

A motor főbb jellemzői:

Hengerek száma: 6
Teljesítmény: 201 kW
Max. nyomaték: 987 Nm/1500 1/min
Névleges fordulatszám: 2200 1/min
Emissziós kategória: EU Stage IIIB

A motor szállítási terjedelmébe tartozik egy emissziós kontroll rendszer, amelynek részei az alábbiak:

- DDI közvetlen dízel befecskendezés
- ECM elektronikus vezérlő modul
- TC turbó feltöltő
- CAC töltő levegőhűtő
- EGR kipufogó recirkuláció



2. ábra A dízel-villamos hajtásra átalakított forgóvázba tengelyként egy-egy villamos motor/generátort tervezett be a Sedulitas-Pro Kft.

Abbildung 2. Der im für dieelelektrischen Antrieb umgebaute Drehgestell je Radsatz eingebaute Elektromotor/generator – Entwurf: Sedulitas-Pro GmbH

Fotó: Horváth Attila

- PTOX periódikus oxidáló csapda (dízel részecske szűrő)
- DOC dízel oxidációs katalizátor

A dízelmotor eredetileg a hűtőegységével és különféle perifériáival együtt segédkeretre szerelten került szállításra. A járműbe történő beépí-

tése így nem volt lehetséges, mivel a főgenerátor felfogatására így nem volt lehetőség. Ezért az eredeti keret helyett egy új segédkeret került kialakításra, amely lehetővé tette a generátor felfogatását is. Erre az új keretre átszerelésre került a dízelmotor, és felszerelésre került főgenerátor is.



3. ábra Megnövelt kapacitású akkumulátort rejtő tároló szekrény a géptérben található

Abbildung 3. Der im Maschinenraum angeordnete Schrank für Batterie erhöhter Kapazität

Fotó: Kovács Károly

Mozdonysekrény

A mozdonysekrény a megrendelő igénye szerint az eredeti kivitel maradt, a nosztalgia jelleg megőrzése miatt. A mozdony sátor teljesen felújításra került, és csak azok az átalakítások történtek meg, amelyek a beépített új segédüzemi berendezések biztonságos üzemeléséhez szükségessé váltak pl. szellőző nyílások.

A rövid oldali gépteret megosztottuk, a felső térbe került beépítésre a klímaberendezés kompresszora és kondenzátora, az alsó részben a légsűrítőnek és a fűtőberendezésnek alakítottunk ki helyet.

Forgóvázak, tengelyhajtások

A forgóvázakat az alvázhoz hasonlóan átvizsgáltuk és helyreállítottuk. A forgóvázak eredetiben maradó berendezései pl. mechanikus és pneumatikus fékberendezés, csapágyvezetés, rugózás teljes felújításra került. A forgóvázkeret eredeti leghajtó háza átalakításra került.

Elmaradt a „leghajtó ház” funkció, helyette „csak” a forgóváz főkereszt-tartó funkció maradt meg, ami kisebb

átalakítás után a függőleges nyomtáktám bekötési pontjainak adott még helyet.

A kerékpárokról leszerelésre kerülnek a régi kúpkerekes tengelyhajtóművek, és azok helyére kerül felszerelésre az új három fokozatú 19,5-ös módosítású homlokkerekes tengelyhajtás.

A tengelyhajtásokat a forgóváz keretre szerelt (tengelyenként egy darab) villanymotor hajtja meg 385 mm-es kardántengelyen keresztül. A tengelyhajtóművek nyomtáktám-mal kerülnek kikötésre a forgóváz kerethez.

Segédüzemi berendezések Hűtőrendszer

Az új dízelmotor hűtőrendszere a segédkeretre szerelten került kialakításra és az gyárilag szerelve érkezett.

A mozdonyon két hűtőkör található, amelyek a vízhűtéses vontatómotorok megfelelő üzemi hőmérsékletét biztosítják. Ezek a hűtőkörök forgóvázanként kerültek kialakításra, és egy-egy villamos hajtású ventilátorral szerelt hűtőegységből, keringető

szivattyúból illetve csővezeték-ből állnak, egy-egy hűtőkör kettő vontatómotor hűtését látja el.

Gázolajrendszer

A mozdonyon új gázolajtartály kerül kialakításra, ~ 300 liter térfogattal. A tartály a régi hajtómű helyén az alvázba került beépítésre. A beépített gázolajos fűtőberendezés szintén ebből a tartályból kapja az üzemanyagot.

Levegőellátás

A régi légsűrítő helyett a rövid oldali géptér alsó szintjébe került beépítésre az új rotációs elven működő Ganz-Air BRQ 4/10/35 típusú légsűrítő villanymotoros hajtással.

Fékberendezés

A pneumatikus fékberendezés elemei a járművön az eredeti kivitelűek maradtak, és teljes javítás után kerültek ismét felszerelésre. A D2 fékezőszelep áthelyezésre került a vezetőpultba, a könnyebb kezelhetőség és mindkét oldali elérhetőség miatt.

Vezetőfülke

A vezetőfülke fő vonalaiban az eredeti kivitel maradt. A vezérlőpult áttervezésre került, ide került beépítésre a D2 fékezőszelep, a kapcsolók, és visszajelzők panelje, valamint a színes kijelző, amelyről a vontatási paraméterek, és egyéb információk olvashatók le a mozdony üzemével kapcsolatban.

A kontrollerek a vezetőpult két oldalára kerültek felszerelésre, és mivel a pótfék szelepek az eredeti helyükön az ablaknál maradtak, lehetővé teszik a kétkézes vezetést is. A vezetőállás komfortosabbá tétele érdekében beépítésre került a WEBASTO által szállított FRESCO 6000 split klíma berendezés, amely úgy lett elhelyezve, hogy az a jármű külső jellegét nem változtatja meg. A vezetőfülke fűtésére a WEBASTO által biztosított Air Top EVO 3900-as meleg levegős fűtőkészülék került beépítésre.



4. ábra A megújult vezetőasztal színes kijelzős fedélzeti számítógéppel lett felszerelve
Abbildung 4. Der erneuerte Fahrerpult – ausgerüstet mit Bordrechner und Farbdisplay

Fotó: Németh Gábor

A vezetőállásba beépítésre került két hosszirányban állítható és tengelye körül elforgatható GRAMMER vezetőállás szék is. A vezetőfülke hangszigetelését közvetlen a lemezzel felvitt Dinafon 100 dübörgés gátló anyag biztosítja, a gépterek felől külső-belső oldalon, az oldalfalakon belső oldalon felszerelt, kassirozott hő, és hangszigetelő lemezzel egyetemben.

A jármű villamos hajtásrendszerének és vezérlésének kialakítása

A mozdony fő energiaforrását egy dízel-villamos generátor csoport adja. A vontatási akkumulátor DC hálózata és a generátor háromfázisú kimenete között egy tirisztoros áramirányító teremt kapcsolatot. Az áramirányító a bemenetére kapcsolt 3×400 V feszültségből a kimenetén szolgáltatja a változtatható feszültségű egyenáramú teljesítményt a hajtásrendszer táplálására és a vontatási akkumulátorok töltésére.

A működtetés központja a járművezérlő berendezés, a mozdony mozgását a járművezető a fülkében elhelyezett menet-fék controller kezelésével kezdeményezheti. A jármű bekapcsolását követően a működési mód és irány kiválasztása után a controller menet pozícióba történő mozgásával kezdeményezhető a mozdony indítása és gyorsítása illetve fék pozícióba mozgásával az elektrodinamikus fékezés.

Amennyiben nincs semmilyen hiba a vezérlő bekapcsolja vontatási körök nagyáramú kontaktorait, képi a szükséges alapjelet a dízelgenerátor gépcsoport, valamint az áramirányító számára és engedélyezi a hajtás elektronikák működését.

A járművezérlő a kapott controller alapjeleket feldolgozza, mereedség korlátozás és gyorsulás (pörgéscsúszás) korlátozás után képi a hajtásrendszerek számára az egyedi vonóerő alapjelet és CAN vonalon átküldi őket. Mind menet, mind pedig fék pozícióban a – a menetirány-

nak megfelelő – controller kar elmozdulásának teljes tartományában a berendezés folyamatos analóg jelet szolgáltat a járművezérlő számára, így pontosan beállítható a kívánt vontató vagy fékező nyomaték.

A vezérlő a maximális 30 km/h sebesség elérésekor korlátozza a vonóerőt.

A mozdony alapvetően két üzemeltetési móddal rendelkezik, úgy mint akkumulátoros és hibrid üzem. Mindkét üzemből megvalósítható a hatásos villamos fékezés egészen 2 km/h sebességig.

Hibridüzem

A mozdony normál üzemmódja a hibrid üzemmód. Ekkor a hajtás- és segédüzemi rendszer párhuzamosan kap tápellátást a dízel-generátor és a vontatási akkumulátor felől. A járművezérlő berendezés úgy alakítja ki az energia felhasználást a forrásokból, hogy azokkal az elméleti optimális üzemanyag fogyasztást lehessen megközelíteni, elérni.

Akkumulátoros üzem

A mozdonyba egy nagy kapacitású és ciklusszámú (hosszú élettartamú) vontatási akkumulátor telep lett beépítve.

Alkalmazásával csökken az üzemanyag felhasználás, valamint lehetőséget nyújt az elektrodinamikus fékezés megvalósítására. Az elektrodinamikus (villamos) fékezéssel biztosítható a vonat lejtőn haladásakor a sebességtartó fékezés (vontatótegről és lejtőmeredekségtől függően), valamint a mechanikus fékkel történő lassító fékezés kiegészítése esetleg teljes helyettesítése kb. 5 km/h sebességig, így csökken a mechanikus fék elhasználódása.

Az akkumulátorok alkalmazásával lehetőség nyílik arra, hogy végállomásokon a mozdony körúljárásokat illetve telephelyen a kisebb mozgásokat tisztán villamos táplálással valósítsák meg leállított dízelmotorral. A mozdony villamos rendszere lehetővé teszi, hogy a vontatási akku-

mulátorokat 3×400 V-os hálózatról – külső, speciális töltő alkalmazása nélkül – fel lehessen tölteni.

Festés

A jármű fényezését a megrendelő által előírt színterv szerint végeztük RAL 2002 színű festék alkalmazásával.

Összefoglalás

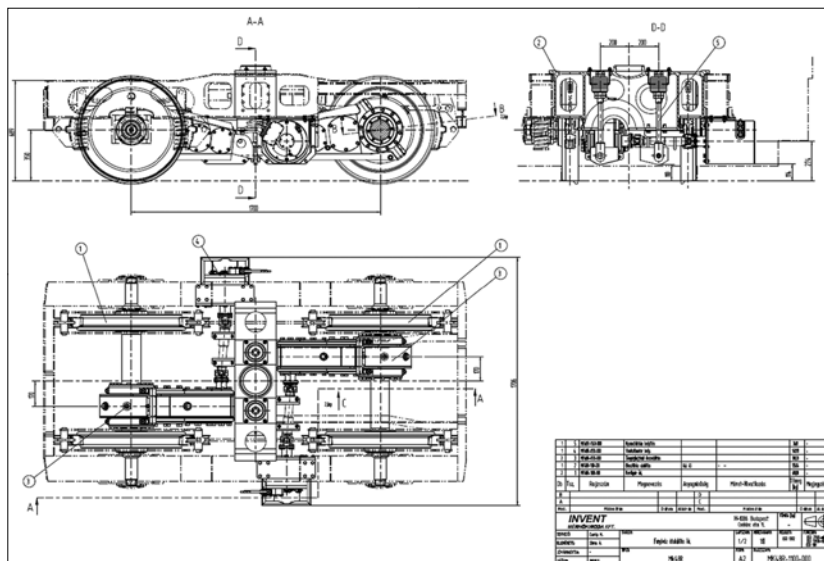
A MÁV Vasjármű Kft. a szerződéskötéstől számítva alig hat hónap alatt elkészítette a mozdonyt. A vasúti jármű innovációban ez a rendkívülinek számító igen rövid kivitelezési idő megkövetelte a fejlesztésben résztvevők szoros és napi szintű együttműködését. Így a vasúti hibridhajtások technológiában hazai úttörő cégnek, a Sedulitas-Pro Kft. magyar mérnökeinek megfeszített munkáját is dicséri. A cég magyar mérnökei korábban többek között a Lillafüredi Állami Erdei Vasút hibrid mozdony megtervezésében és kivitelezésében bizonyították képességüket. A sikeres innovációhoz szükség volt többek között az



5. ábra Ötletes, menetirányváltáshoz igazítható vezetőülés növeli a mozdonyvezető kényelmét

Abbildung 5. Der geschickt ausgeführte, an den Richtungswechsel verstellbare Fahrersitz erhöhte den Fahrkomfort

Fotó: Kovács Károly



6. ábra Az Mk48 403 forgóváz egyedi villamos hajtására lett átépítve

INVENT Kft. tervezői odaadó gondos munkájára is, amely szintén hozzájárult a MÁV Vasjármű Kft.-nek a Szilvásvárad Állami Erdei Vasút részére gyártott hibrid mozdony határidő történő elkészítéséhez.

A szerződéskötéstől alig hat hónap alatt elkészült mozdony szeptember 28-án leszállításra került szolgálati helyére, és már számos menetrend-szerint közlekedő szerelvény továbbításán van túl, sikerrel.

A remotorizált mozdony fő adatai:

Tengelyek száma:	4
Tengelyelrendezés:	Bo'Bo'
Nyomtávolság:	760 mm
Ütközők közti hossz:	8965 mm
Legnagyobb magasság:	3415 mm
Legnagyobb szélesség:	2390 mm
Névleges keréktátrő:	700 mm
Bejárható legkisebb pályáívsugár:	50 m
Szolgálati tömeg:	17,6 t
Legnagyobb tengelyterhelés:	44 kN



7. ábra A műszaki vizsgára előkészített mozdony vizsgautójára indul Szilvásváradon.

Abbildung 7. Die für die technische Prüfung vorbereitete Lokomotive tritt ihre Prüffahrt in Szilvásvárad an

Fotó: Kovács Károly

Maximális engedélyezett sebesség:
30 km/h
Indító vonóerő: 62 kN

Dízelmotor:
CUMMINS QSB6.7
Hengerek száma: 6
Teljesítmény: 204 kW
Max. nyomaték:
987 Nm/1500 1/min
Névleges fordulatszám: 2200 1/min
Emissziós kategória: EU Stage III B

Generátor állandó teljesítmény:
160 kW
Névleges feszültség: 3×480 V
Névleges frekvencia:
60 Hz/1800 1/min
Működési frekvencia tartomány:
40-60 Hz

Vontatómotor:
4 db folyadékhűtéses motor
Vontatómotor állandó teljesítménye:
30 kW/db
Vontatómotor max. teljesítménye:
50 kW/db
Vontatómotor max. nyomatéka:
330/Nm
Vontatási akkumulátorok:
Li alapú akkumulátorok
Darabszám: 96 db, sorbakötte
Kapacitás: 90 Ah
Kapocsfeszültség: 270-390 V DC
Max. kisütő áram: 270 A folyamatos
Max. töltő áram: 270 A (3C)

Tengelyhajtómű:
Háromfokozatú homlokkerekes
Módosítás: 19,5

Légsűrítő típusa:
Ganz Air BRQ 4/10/35TFH
Szállítás: 0,53 m³/min
Üzemi nyomás: 8 bar
Hajtó motor: 3×400 V, 50 Hz, 4 kW

Hőntartó berendezés típusa:
WEBASTO Air Top 3900
Maximális fűtési teljesítmény:
3,9 kW

Klíma berendezés:
WEBASTO Fresco 6000
Maximális hűtési teljesítmény:
1,8 kW