TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

PŘESTAVBA POHONNÉ JEDNOTKY MOTOROVÉHO VOZU ČD ŘADY 810

Diplomová práce

Libor VODVÁRKA

1999

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra strojů průmyslové dopravy

obor 23 – 17 – 8

zaměření

Pístové spalovací motory

PŘESTAVBA POHONNÉ JEDNOTKY MOTOROVÉHO VOZU ČD ŘADY 810

KSD - 362

Libor VODVÁRKA

počet stran : 41
počet výkresů : 10
MDT : 621.436

Květen 1999

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní
Katedra strojů průmyslové dopravy

Školní rok : 1997/1998

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro **Libor V o d v á r k a**

obor 23 - 17 - 8 Konstrukce strojů a zařízení

zaměření Pístové spalovací motory

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č.172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci :

Název tématu : **Přestavba pohonné jednotky motorového vozu ČD řady 810**

Zásady pro vypracování :

1. Proveďte technické i provozně ekonomické posouzení současného stavu.

2. Posuďte možnosti technické inovace pohonné jednotky s ohledem na požadavky vyšších výkonových i ekologických parametrů : uvažujte variantu jak přeplňovaného naftového motoru, tak plynového přeplňovaného zážehového motoru a v obou případech posuďte ekonomickou náročnost přestavby i provozního zajištění.

3. Vypracujte orientační konstrukční studie pro zástavbu obou vyriant pohonné jednotky s posouzením ekonomické náročnosti přestavby podle navrhovaných řešení..

KSD/PSM
41 s., 10 s. příl., 10 ord. příl.

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Univerzitní knihovna
Voroněžská 1329, Liberec 1
V 71/00 0

Rozsah grafických prací : výkresová dokumentace v rozsahu dle bodu 3

Rozsah průvodní zprávy : 40 stran technické zprávy

Seznam odborné literatury :

Podkladové materiály ČD

Zástavbové výkresy motorů LIAZ řady ML 636

Technická dokumentace KSD k přestavbě autobusu pro pohon plynovým motorem

Vedoucí diplomové práce : Doc. Ing. Stanislav Beroun, CSc.

Konzultant : Ing. Zdeněk Suchan, ČD DKV Louny

Zadání diplomové práce : 27. února 1998

Termín odevzdání diplomové práce : 31. prosince 1998

L.S.

Doc. Ing. Stanislav Beroun, CSc.
Vedoucí katedry

Doc. Ing. Ludvík Prášil, CSc.
Děkan

V Liberci dne 27. února 1998

Anotace

Diplomová práce se zabývá změnou pohonné jednotky motorového vozu řady 810 provozovanými Českými dráhami. Zkoumá možnosti pohonu na alternativní paliva. Konstrukčně popisuje zástavbu naftového motoru RENAULT a hydromechanické převodovky VOITH do podvozku vozu. Blíže rozebírá příslušenství pohonné jednotky a jejich změny vzhledem k zvýšenémí výkonu, konstrukci a modernímu typu motoru.

Výkresová dokumentace popisuje studii vlastního uchycení pohonné jednotky a rozmístění základního příslušenství.

Anotation

This diploma work is solving a replacement of motor coach drive unit 810 for Czech railways, considering possibility of using alternative types of the fuel. Deskribes installation of diesel engine RENAULT and hydromechanical trasmission VOITH into an chassis of the coach.

Analyses accesories of drive unit and their changes as conseguences of using advanced type of engine with increased power output and its design differences. Provides documentation whitch shows the way how the conserned engine is fixed and where new accessories are placed.

Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s pomocí uvedené literatury.

Libor Vodvárka

Prohlášení k využívání výsledků DP

Jsem si vědom toho, že diplomová práce je majetkem školy, a že s ní nemohu sám bez svolení školy disponovat. Diplomová práce může být zapůjčena či objednána (kopie) za účelem využití jejího obsahu.

Beru na vědomí, že po 5-ti letech si mohu diplomovou práci vyžádat v univerzitní knihovně TU v Liberci, kde je uložena.

Jméno a příjmení: Libor Vodvárka

Adresa: Západní 2746
Varnsdorf V.
407 47

Podpis:

Poděkování

Děkuji p. prof. ing. S. Berounovi, Csc. Za cenné rady při řešení této diplomové práce a za poskytnutou literaturu.

Dále děkuji p. ing. P. Kejzlarovi z KAROSY a.s. Vysoké Mýto za poskytnuté materiály a p. ing. V. Šukovi za poskytnuté materiály a konzultaci.

V Liberci 26.5.1999 Libor Vodvárka

OBSAH:

ZADÁNÍ

Anotace
Anotation
Místopřísežné prohlášení

1. ÚVOD 2

2. POPIS MOTOROVÉHO VOZU Ř. 152.0 3

2.1 TECHNICKÉ ÚDAJE O VOZU 3
2.2 HNACÍ ÚSTROJÍ 4
2.2.1 Motor ML 634 5
2.2.2 Chlazení motoru 5
2.2.3 Hydromechanická převodovka PRAGA 2M70 5
2.2.4 Popis dalších agregátů 6
2.2.5 Brzdový systém a alternátor 7
2.2.6 Vytápění vozu 8
2.3 PROVOZNÍ PODMÍNKY 8
2.4 CELKOVÉ HODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU POHONU MOTOROVÉHO VOZU 9

3. VARIANTY POHONNÝCH JEDNOTEK 9

3.1 NAFTOVÉ MOTORY PRO POUŽITÍ V PŘESTAVBĚ M 152 10
3.2 MOTORY PRO PŘESTAVBU M 152 NA PLYNNÁ PALIVA 10
3.2.1 Plyn jako palivo 11
3.2.2 Bezpečnostní zásady při pohonu na plynná paliva 14
3.2.3 Obecné bezpečnostní zásady 14
3.2.4 Umístění nádrží 14
3.3 EMISNÍ VLASTNOSTI PÍSTOVÝCH SPALOVACÍCH MOTORŮ 17
3.3.1 Výfukové emise motorů pro železniční trakci 17
3.3.2 Kouřivost 19
3.4 HYDROMECHANICKÁ PŘEVODOVKA 21

4. KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ - MOTOR RENAULT, HYDROMECHANICKÁ PŘEVODOVKA VOITH 23

4.1 ULOŽENÍ MOTORU 24
4.1.1 Přední uložení agregátu 24
4.1.2 Boční uložení motoru 31
4.2 HNACÍ HŘÍDEL 32
4.3 SACÍ POTRUBÍ MOTORU 32
4.4 PLNÍCÍ SYSTÉM MOTORU 33
4.5 VÝFUKOVÉ POTRUBÍ MOTORU 36
4.6 CHLADÍCÍ SYSTÉM MOTORU 36
4.7 PALIVOVÝ SYSTÉM VOZU 37
4.8 PROVOZNÍ VLASTNOSTI MOTOROVÉHO VOZU 37

5. POROVNÁNÍ NÁKLADŮ 37

5.1 NÁKLADY NA PŘESTAVBU POHONNÉ JEDNOTKY 38
5.2 NÁKLADY NA ÚDRŽBU 38
5.3 NÁKLADY NA PROVOZ ZMĚNĚNÉ POHONNÉ JEDNOTKY 39

6. ZÁVĚR 39

7. POUŽITÁ LITERATURA: 41

1. Úvod

Motorový vůz řady 152.0 se vyráběl v období 1977-82 a dnes provozují České dráhy 675 vozů této řady. Současné označení tohoto motorového vozu u ČD je jako typová řada 810. Vzhledem k provoznímu zatížení těchto vozů i s ohledem na dnešní ekonomické a ekologické požadavky se České dráhy zamýšlejí nad rekonstrukcí pohonné jednotky. Hlavními kritérii pro volbu nového motoru je zvýšení výkonu nad 170 kW, což si vyžádá i nutnou změnu převodové skříně. Omezením se může stát průchodnost zvýšeného kroutícího momentu a výkonu dalším pojezdovým ústrojím (za převodovkou), zejména nápravovou reverzační převodovkou: dosavadní zkušenosti s životností nápravové reverzační převodovky i požadavky z jejího provozu při zatížení zvýšeným kroutícím momentem (v PRAS Šumperku byl do vozu namontován přeplňovaný motor LIAZ ML 636 s hydromechanickou převodovkou) však ukazují, že takové obavy jsou zřejmě zbytečné. Jednou z možných variant je zvýšení výkonu tak, aby to unesla dnešní hydromechanická převodovka. Ušetřilo by se tím za výměnu stávající hydromechanické převodovky, nutnosti změny ovládání nové automatické převodovky a další úpravy hnacího ústrojí. Výkon takového motoru by se pohyboval maximálně kolem 158 kW, s kroutícím momentem pod 800 Nm, což je mírně nad úrovní dnešního motoru LIAZ ML 634 s výkonem 153 kW a kroutícím momentem 750 Nm. Volba nového motoru by tím byla omezena výší výkonu motoru, kroutím momentem a jejich závislosti na otáčkách, které by měly mít podobný průběh jako u stávajícího motoru LIAZ.

Při volbě motoru s výkonem nad 170 kW je nutná výměna převodové skříně, tzn. i další zásahy do pojezdového ústrojí. S ohledem na vyšší finanční náročnost takovéto přestavby se proto musí zvolit takový typ motoru, který bude vyhovovat jak z hlediska ekonomického provozu (pořizovací a následné náklady), tak bude dokazovat šetrný přístup Českých drah k životnímu prostředí.

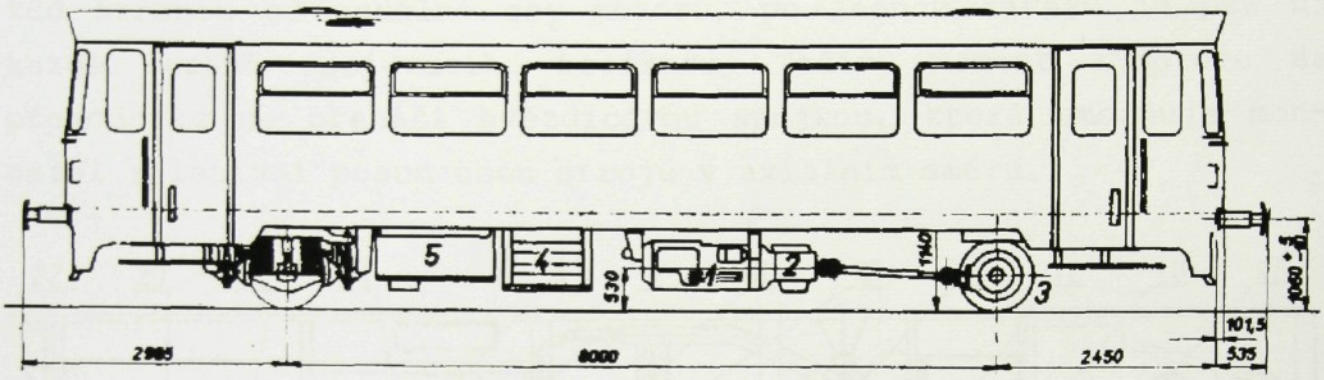
Nabízejí se dvě varianty :

1/ Nahrazení stávajícího naftového motoru moderním přeplňovaným naftovým motorem splňujícím současné provozní předpisy.

2/ Nahrazení naftového motoru motorem na LPG nebo CNG s velmi nízkými výfukovými emisemi.

2.Popis motorového vozu ř. 152.0

Označení motorového vozu M 152.0 podle ČSN 28 0081 je ,,Vůz DHM 1435 A´1´ 210 1 ČSSR´´, což značí motorový vůz s naftovým motorem (diesel), hydromechanickým přenosem výkonu, o rozchodu 1435 mm, s jednou hnací a jednou běžnou nápravou, z nich každá je v samostatném podvozku o instalovaném výkonu 210 k, první provedení tohoto typu v ČSSR.



Obr. 1 Rozměry motorového vozu M.152

1. naftový motor, 2. hydromechanická převodovka, 3. nápravová reverzační převodovka, 4.vodní chladič, 5.vytápěcí agregát

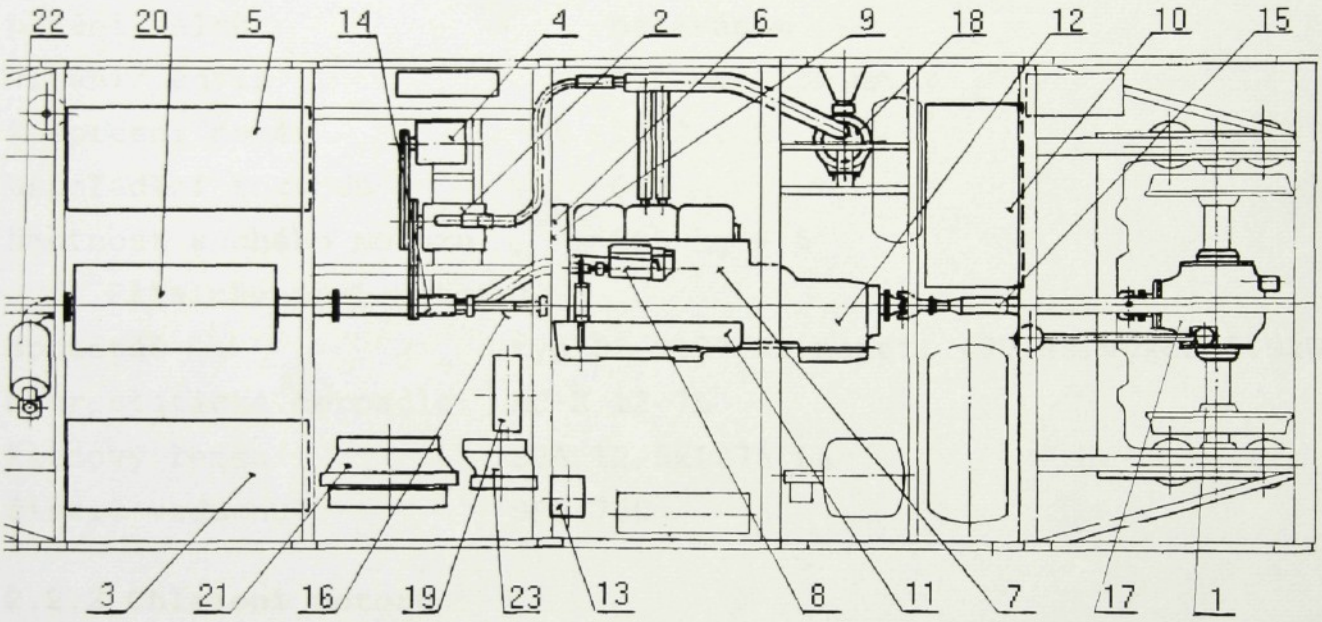
2.1 Technické údaje o vozu

maximální rychlost	80 km/h
počet míst k sezení	56
počet míst ke stání	40
uspořádání náprav	1´A´
akční rádius	600 km
délka/ šířka/ výška	13970 mm/ 3073 mm/ 3509 mm
průměr nových kol	840 mm
minimální průměr kol	760 mm
hmotnost vozu vyzbrojeného 2/3 zásob	19 t + 5 %
maximální hmotnost na nápravu vozu obsazeného dle ČSN 28 0082 a 2/3 zásob	12,0 t
objem palivové nádrže	300 l

2.2 Hnací ústrojí

Hnací ústrojí se skládá z naftového motoru, hydromechanické převodovky, kloubového hřídele a nápravové rezervační spojky.

Naftový motor je přírubově spojen s hydromechanickou převodovkou pomocí mezikusu v jeden tuhý celek. Celé soustrojí je zavěšeno pod podlahou ve spodku v podélné ose vozu na třech pryžových silentblocích. Jeden závěs je na předním víku motoru poněkud stranou od podélné osy motoru, po jednom závěsu je pak na každé straně spojovacího mezikusu. Točivý moment z motoru na převodovku se přenáší hvězdicovou spojkou, která umožňuje montážní relativní posun obou strojů v axiálním směru.



Obr. 2 Umístění hnacího ústrojí

1.valivá ložiska dvojkolí, 2.kompresor 3-DSK-75, 3.vytápěcí agregát VA-20, 4.generátor BD 521/6, 5.akumulátorová baterie, 6.vysílač otáček motoru, 7.naftový motor ML 634, 8.vstřikovací čerpadlo, 9.vodní čerpadlo, 10.palivová nádrž, 11.startér, 12.hydromechanická převodovka 2M70, 13.nádrž oleje, 14.pomocné ložisko, 15.kloubový hřídel pohonu nápravy, 16.kloubový hřídel pomocných strojů, 17.nápravová převodovka NKR 16, 18.čistič vzduchu, 19.výměník hydromechanické převodovky, 20.tlumič výfuku, 21.chladič vody, 22.absorpční tlumič výfuku, 23.chladič oleje převodovky

2.2.1 Motor ML 634

ML 634, vznětový, čtyřdobý jmenovitý krátkodobý korigovaný

výkon dle ČSN 30 2008	154,9 kW + 5 %/ 2150 1/min
maximální korigovaný moment	750 Nm + 5 %/ 1350 1/min
poloha válců a uspořádání	ležaté, jednořadé
jmenovité otáčky	2150 1/min
maximální přeběhové otáčky	2300 1/min
volnoběžné otáčky	600-650 1/min
startovací otáčky	120 až 150 1/min
smysl otáčení	pravotočivý
počet válců	6
objem válců	11,94 dm^3
plnění válců	nasáváním
vrtání/ zdvih	130 mm/ 150 mm
kompresní poměr	16,2 : 1
uspořádání rozvodu	OHV
hmotnost suchého motoru	825 kg + 5

Příslušenství motoru:

spouštěč	typ 02-9187.92,napětí 48V ss,výkon 5.9kW
hydrostatické čerpadlo	AC-K 12-7L
klínový řemen	SPA 12,5x1275 La
čistič vzduchu	SPP 750

2.2.2 Chlazení motoru

způsob chlazení	kapalinovým čerpadlem
chladící kapalina	voda
druh chladícího systému	uzavřený
regulace teploty vody	dvěmi termoregulátory v okruhu mimo motor
výkon vodního čerpadla	500 l/min při 3500 1/min
pracovní teplota vody	80 °C až 90 °C
maximální povolená teplota vody při vstupu do motoru	59 °C

2.2.3 Hydromechanická převodovka PRAGA 2M70

Hydromechanická převodovka se skládá z hydrodynamického měniče, dvoustupňové předlohové převodovky a z ovládacího zařize-

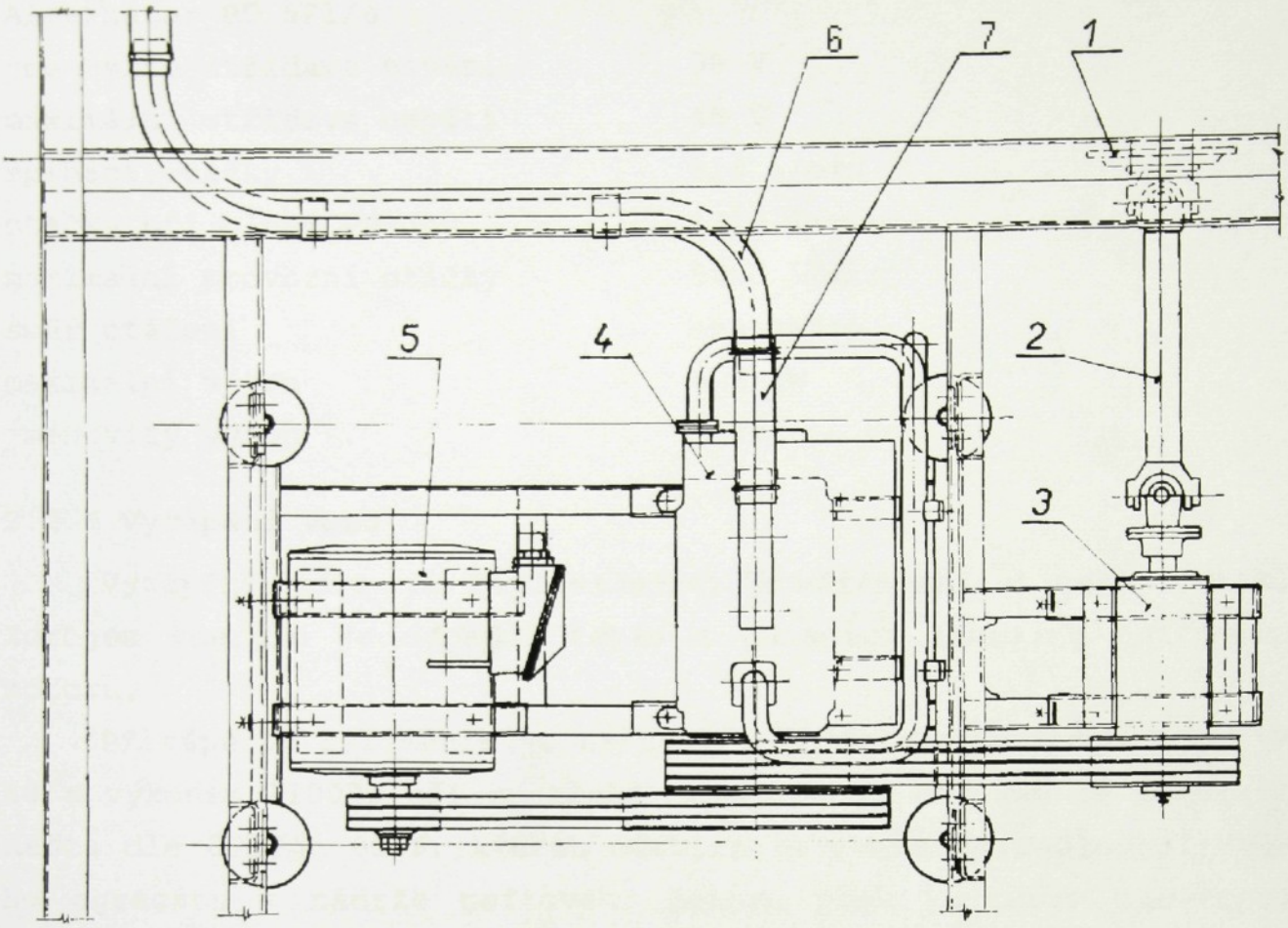
ní. Převodovka nemá přední víko měniče a její přímé přírubové spojení s naftovým motorem je uskutečněno pomocí mezikusu válcového tvaru. Přenos kroutícího momentu mezi setrvačníkem motoru a převodovkou je uspořádán pomocí axiálně pružné hvězdicové spojky.

Převodovky PRAGA 2M70 jsou postupně nahrazovány typem PRAGA 2M90.09, který má konstrukční úpravy některých částí, pro zvýšení spolehlivosti. Technické parametry obou typů převodovek jsou stejné.

maximální přenášený výkon	147 kW
maximální přenášený kroutící moment	750 Nm
maximální vstupní otáčky	2500 1/min
označení měniče	M405
druh měniče	jednostupňový, dvoufázový
násobnost měniče	3,25
maximální účinnost	85,5 %
počet převodů	3
počet převodů mechanické části	2
napětí el. ovládacího systému	48V
druh oleje	OT-H3
ovládaní fcí převodovky	elektrické a hydraulické
hmotnost převodovky s olejovou náplní	230 kg

2.2.4 Popis dalších agregátů

Pomocné stroje (Obr. **3 Pohon pomocných strojů**) zásobují motorový vůz elektrickou energií a stlačeným vzduchem. Pohon pomocných strojů je uspořádán pomocí kloubového hřídele přes pomocné ložisko. Od řemenice pomocného ložiska je čtyřmi klínovými řemeny poháněna dvojitá řemenice kompresoru, od ní třemi řemeny malá řemenice generátoru. Převod z pomocného ložiska na kompresor je do pomala, z kompresoru na generátor do rychla. Při pohledu na oba stroje ze strany řemenice jsou kompresor i generátor pravotočivé.



Obr. 3 Pohon pomocných strojů

1. příruba pro připojení kloubového hřídele na předním konci motoru, 2. kloubový hřídel pomocných strojů, 3. pomocné ložisko, 4. kompresor s příslušenstvím, 5. generátor s příslušenstvím, 6. sací potrubí ke kompresoru, 7. pryžová hadice

2.2.5 Brzdový systém a alternátor

Kompresor brzdového systému odebírá vzduch ze sacího potrubí za čističem vzduchu. Pohon kompresoru je zajištěn od předního konce naftového motoru kloubovým hřídelem, přes pomocné ložisko a dva klínové řemeny.

Typ kompresoru	3 DSK 75
maximální tlak	0,8 MPa
příkon kompresoru při jmenovitých otáčkách	7,2 kW
převod pohonu	1,25
počet válců	3
počet kompresních stupňů	2
chlazení	vzduchem

Alternátor BD 521/6

jmenovité střídavé napětí	38 V
maximální střídavé napětí	48 V
spínací otáčky	810 1/min
otáčky při plném výkonu	1310 1/min
maximální provozní otáčky	5650 1/min
směr otáčení	oba směry
maximální výkon	6,3 kW
jmenovitý výkon	5 kW

2.2.6 Vytápění vozu

Vytápění vozu je teplovzdušné, kombinované s teplovodním. Zdrojem energie je odpadní teplo z chladící kapaliny naftového motoru.

Přitápěcím zařízením je naftový agregát standardního typu VA 18 s výkonem 21000W při spotřebě 2,6 l/hod. Palivem je motorová nafta dle ČSN 65 6506, kterou odebírá palivové čerpadlo naftového agregátu z nádrže naftového motoru přes palivový uzavírací elektromagnetický ventil a čistič.

Vytápěcího agregátu se používá:

a/ k vytápění při poklesu teploty vytápěcí vody pod 60 °C, na kterou je dimenzováno vytápěcí zařízení ve voze

b/ k temperování vodního hospodářství motorového vozu při odstavení mimo halu za teplot pod 6 °C

c/ k zamezení studeného startu naftového motoru ohřívačem vody v chladícím okruhu.

2.3 Provozní podmínky

Motorový vůz je provozován na celém území České republiky jako osobní vlak pro příměstské nebo meziměstské spojení na relativně krátkou vzdálenost se zastávkami. Vůz je provozován celoročně, při průměrném denním proběhu 270 km a průměrné spotřebě 13 l/1000 t.km. Jednou za tři dny se vrací do lokomotivního depa k dočerpání paliva. Vůz jezdí buď samostatně, nebo s připojeným jedním či dvěmi vagóny stejné typové řady. Proto hmotnost a spotřeba prázdné soustavy je:

	hmotnost	spotřeba 1/100 km
samostatný	20 t	26
s jedním vagónem	35 t	45,5
s dvěmi vagóny	50 t	65

Tab. 1 Spotřeba paliva v provozu dle hmotnosti soupravy

2.4 Celkové hodnocení současného stavu pohonu motorového vozu

Technické řešení i provozní vlastnosti pohonu motorového vozu odpovídají úrovni doby výroby tohoto vozu, z hlediska současných požadavků zaostávají jak v ekologických parametrech pohonné jednotky, tak ve výkonu a spotřebě paliva. Důležitým kritériem jsou dnes i nároky na obsluhu, údržbu a rovněž z tohoto pohledu má motor ML 634 řadu nevýhod. Celkově se tedy ukazuje žádoucí (při snaze zachovat motorový vůz ř. 152 u ČD) přestavba na provedení, vyhovující současným provozním (a zejména ekologickým) požadavkům a potřebám.

3. Varianty pohonných jednotek

Každá přestavba pohonné jednotky při nahrazování stávajícího motoru za motor jiného typu podléhá schvalovacímu řízení, při kterém nová varianta bude muset splňovat dnešní ekologické limity škodlivých emisí výfukových plynů, kouřivosti a hladiny hluku. Moderní naftové motory splňují dnešní normy a většina výrobců je připravuje na plnění norem budoucích, což nepochybně přispěje ke snížení vysokých škodlivin do ovzduší z dopravních prostředků.

V místech s častějším výskytem smogových situací, v oblastech s vyšším podílem bytové výstavby a v lokalitách přírodních parků a chráněných krajinných oblastí, by se mělo dbát na používání co nejšetrnějších druhů dopravy. Zde se jako vhodné jeví použití plynového motoru. Plynové motory mají velmi dobré emisní parametry, stejně jako je nezanedbatelné snížení nákladů na pohonné hmoty: je zde ale vyšší počáteční investice na zástavbu pohonné jednotky a nutnost vybudovat infrastrukturu (plnící stanice, opravárenské prostory z hlediska požadavků na bezpečnostní podmínky plynových zařízení a provoz).

Při všech variantách zástavby nového typu motoru dojde k překročení vstupních (maximálních) parametrů stávající hydromechanické převodovky, proto je nutné typ 2M 70 nebo 2M 90 nahradit novým typem automatické převodovky s možností dálkového ovládání funkcí i s možností využít v co největší míře dnešní zástavbu ovládacího zařízení.

3.1 Naftové motory pro použití v přestavbě M 152

Při výběru typu motorů a výrobců byly osloveny firmy, o kterých uvažoval zadavatel diplomové práce a rovněž byla provedena poptávka u některých dalších firem vyrábějící naftové motory podobných parametrů. Všechny vybrané motory jsou řadové šestiválce určené výrobcem pro použití v drážních nebo automobilových aplikacích. Základní parametry vybraných (vhodných) jsou v tab 2.:

výrobce	Mercedes-Benz	John Deere	Scania	Perkins	Renault
typ	OM 906 LA	6807A	DS9 90A	1306-9TA	A 41
zdvih/ vrtání [mm]	102/130	106/127	115/140	116,6/135,9	120/145
objem motoru [l]	6,37	6,8	9	8,71	9,84
P_{max} při n [min^{-1}]	170kW/2300	168 kW /2400	168 kW /2200	186,5 kW /2000	188 kW /2100
M_{max} při n [min^{-1}]	900Nm/1300	839Nm/ -	826Nm/1500	1153Nm/1300	980Nm/1200
hmotnost [kg]	530 suchý	568 suchý	825 s náplněmi	578 suchý	1005 s náplněmi

Tab. 2 Základní parametry naftových motorů

Ve všech případech se jedná o šestiválcové motory, vznětové, přeplňované, vodou chlazené s mezichladičem plnícího vzduchu.

Je možné použít i motor od firmy LIAZ, typ ML 636, ale zadavatel tuto variantu nepreferuje (spíše ji odmítá) cenová nabídka zahraničních firem srovnatelného přeplňovaného naftové motoru se v konečném součtu od ceny motoru LIAZ liší sotva v několika procentech. Při použití nového výkonnějšího motoru LIAZ by bylo také nutno nahradit hydromechanickou převodovku.

3.2 Motory pro přestavbu M 152 na plynná paliva

V České republice jsou již dnes k dispozici nízkoemisní plynové motory ML 636 PB a ML 637 NG. Plynové motory ML 636 PB a ML 637 NG jsou zážehové pístové plynové spalovací motory, vytvořené rekonstrukcí původního naftového motoru LIAZ ML 636, založené na

spalování velmi chudých směsí. Pro dosažení optimálních provozních, ale i emisních vlastností, jsou tyto motory vybaveny řízením bohatosti směsi, výkonným elektronickým zapalovacím systémem a mechanicko - pneumatickou regulací pro vytvoření potřebného průběhu točivého momentu motoru na vnější otáčkové charakteristice; ve výfukovém systému motoru je zabudován oxidační katalyzátor.

Motory LIAZ na propan - butan (přestavbu provádí Krušnohorské strojírny Komořany a Dopravní podnik měst Mostu a Litvínova) ukazuje tabulka:

výrobce	KSK - DPm M a L	KSK - DPm M a L	KSK - DPm M a L
typ	ML 636 PBE-M1.2A	ML 636 PBEM-M1.2A	ML 636 PBEM-M1.2C
zdvih/ vrtání	130 mm/150 mm	130 mm/150 mm	130 mm/150 mm
objem motoru	11,94 l	11,94 l	11,94 l
P_{max} při n	152 kW/2000 min^{-1}	165 kW/2000 min^{-1}	180 kW/2000 min^{-1}
M_{max} při n	850 Nm/1300 min^{-1}	960 Nm/1400 min^{-1}	1000 Nm/1400 min^{-1}

Tab. 3 Základní parametry motorů LIAZ na LPG

Motory LIAZ na zemní plyn

výrobce	LIAZ	LIAZ
typ	ML 636 NGE-M1.2A	ML 637 NGE-M1.2C
zdvih/ vrtání	130 mm/150 mm	130 mm/150 mm
objem motoru	11,94 l	11,94 l
max. výkon	152 kW/2000 min^{-1}	175 kW/2000 min^{-1}
max. moment	850 N.m/1350 min^{-1}	1050 N.m/1400 min^{-1}

Tab. 4 Základní parametry motoru LIAZ na CNG

Plynové motory vykazují výrazně nižší výfukové emise než stanoví limity EURO II pro automobilovou dopravu.

3.2.1 Plyn jako palivo

Mezi plyny, které můžeme považovat jako alternativu použití v motorovém voze za motorovou naftu, patří rafinérské tekuté plyny (LPG), označované u nás častěji propan-butan a zemní plyn (CNG). Tyto plynná paliva lze bez problémů využít jak u vzněto-

vých tak u zážehových motorů. Pro použití mají tyto plynná paliva velice kvalitní vlastnosti tab. 5, která uvádí nejvýznamnější parametry složek LPG a stlačeného CNG ve srovnání s jinými palivy pro zážehové pístové spalovací motory.

Palivo	Antidetonační odolnost OČ MM	VM	Hustota kapalina [kg/m3]	plyn	Výhřevnost H_u [MJ/kg]	Podmínky skladování -10 °C [bar]	+30 °C
propan	97	111	510	1,96	46,30	3,5	11,0
i - butan		99					
n - butan	92	96	580	2,59	45,70	0,75	3,0
P/B 60/40	95	105	540	2,21	46,06	2,5	8,3
CNG		120		0,73	49,00	max. 200	
BA 91	82	91	cca 730		43,50	1,0	
BA 95	87	96	cca 735		43,50	1,0	
BA 95 N	85	95	cca 760		43,50	1,0	

Tab. 5 Vlastnosti plynných a některých kapalných paliv

LPG se skládá z nenasycených uhlovodíků. Je v kapalném stavu bezbarvý, snadno těkající , specifického zápachu. Je plynem hořlavým a výbušným, není však jedovatý. LPG v plynném skupenství má větší hustotu než vzduch - při úniku se tento plyn shromažďuje na zemi, proniká do kanálů a montážních šachet, kde hrozí nebezpečí výbuch. Proto je potřeba při jakékoli manipulaci s touto vlastností počítat, prostory, ve kterých se procuje s LPG proto musí být vybaveny odvětráním nejnižších míst.

Při použití LPG jako paliva pro pístové spalovací motory jsou hlavními složkami propan (cca 60%) a butan (cca 40%), ostatní uhlovodíky se mohou v tomto palivu vyskytovat spíše stopově. Propan i butan jsou v LPG pro zážehové motory vhodné z hlediska jejich vysoké antidetonační odolnosti (oktanového čísla). LPG jako motorové palivo však musí být podstatně kvalitnější než propan/butan, používaný jako topný plyn. Při nedodržení kvality LPG (odparek do 15 mg/kg, celkově síra do 5 mg/kg, maximální obsah C_5 do 0,15% objemu) se při provozu plynových zážehových motorů objevují tyto potíže:

- vyšší obsah síry způsobuje tvoření sloučenin síry s kovy, usazování těchto sloučenin v odpařovači a regulátoru tlaku pali-

va, vytváření svodových úsad na zapalovací svíčce s postupným zhoršováním její fce, poškozování těsnosti ventilů v regulátoru tlaku paliva, zhoršenou pohyblivost ventilu pro regulaci bohatosti směsi a ventilu pro regulaci volnoběžných otáček, nutné častější čištění odpařovače a regulátoru tlaku, zhoršenou pohyblivost dvoufunkčního ventilu

- větší obsah neodpařitelných nebo těžko odpařitelných složek v LPG způsobuje hromadění olejovitých či pastovitých zbytků v odpařovači a regulátoru tlaku s postupným zhoršováním fce, zhoršenou pohyblivost dvoufunkčního ventilu pro regulaci bohatosti směsi a ventilu pro regulaci volnoběžných otáček, vyšší uhlovodíky a zejména aromáty v LPG působí agresivně na pryžové součásti regulátoru

- zanesením uvedených nežádoucích složek LPG do válce motoru se zvyšují úsady na hlavě válců a stěnách spalovacího prostoru, při jejich proniknutí do klikové skříně se poškozují vlastnosti mazacího oleje.

Srovnání zemního plynu s naftou pro motory přináší v současnosti tyto závěry:

- zemní plyn je široce použitelný, má přijatelnou cenu a oproti kapalným palivům řadu výhod jako ekologické motorové palivo

- vyšší oktanové číslo, které dosahuje hodnot 125-130 nedovoluje detonační spalování, proto dochází k menšímu opotřebení motoru a bezproblémovému chodu i za zvýšených teplot a tlaků ve spalovacím prostoru.

- zemní plyn je považován za bezpečné palivo, protože jeho hustota je menší než hustota vzduchu a v případě náhodného úniku směřuje rychle vzhůru.

- není jedovatý ani zdraví škodlivý

- při provozu dochází k menšímu množství usazenin, prodlužuje se tím životnost motoru a protože se neusazuje na stěnách spalovacího prostoru jako kapalná paliva a nedostává se ve větší míře pod píst do olejové náplně ani jakožto plyn ho neředí, je možné prodloužit dobu mezi výměnami olejové náplně.

- spalování je měkčí a motor proto pracuje tišeji

Velkou nevýhodou zemního plynu je však větší objem palivových nádrží a jejich hmotnost a z toho plynoucí snížení užitečné hmotnosti vozidla a problémů s jejich umístěním na motorovém vozu.

Užití zemního plynu jako hnojiva je výhodné díky současné nízké ceně zemního plynu. Přitom energeticky je 1 m^3 zemního plynu roven 1 litru nafty. Při stlačení plynu na 20 MPa lze do nádrže o obsahu 1 m^3 umístit přibližně 200 m^3 nestlačeného zemního plynu.

3.2.2 Bezpečnostní zásady při pohonu na plynná paliva

Motorové vozidlo poháněné plynovým zážehovým motorem je obecně považováno za provozně bezpečnější než motorová vozidla na klasická kapalná paliva. Je to dáno především konstrukcí tlakového, těsného a zcela uzavřeného palivového systému pro plynné palivo a bezpečnostními prvky, které zabraňují nekontrolovanému úniku paliva v mimořádných událostí (při havárii a pod.). Aby motorové vozidlo s plynovým motorem mělo skutečně tyto provozně bezpečnostní vlastnosti, musí být dodržovány obecné i zvláštní bezpečnostní zásady, jak z hlediska provozu a obsluhy vozidla, tak z hlediska vlastností použitého plynného paliva.

3.2.3 Obecné bezpečnostní zásady

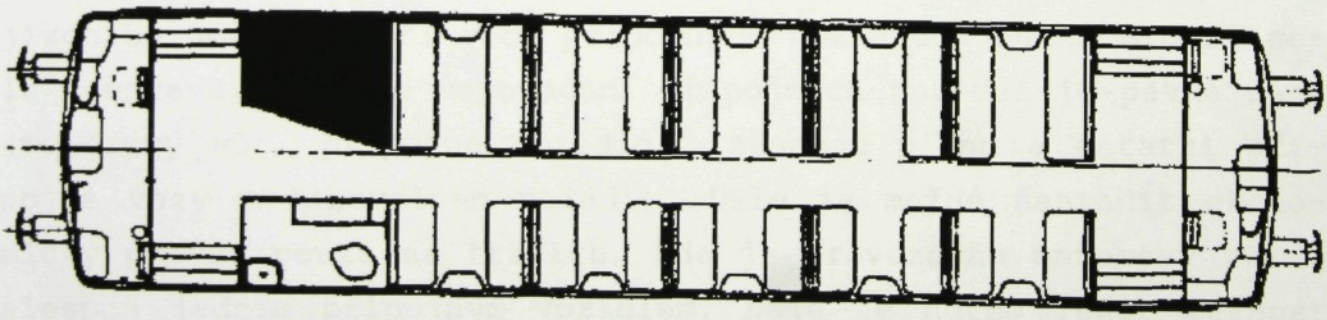
1. Bezpečný a spolehlivý stav zařízení
   - ověřuje se odborným posouzením (revizí plynového zařízení ve lhůtách pro technické kontroly vozidel)
2. Těsnost plynového zařízení
   - ověřuje se pěnotvorným prostředkem nebo detektorem
3. Opravy a servis
   - provádí jen odborná firma
4. Plnění nádrží
   - provádí jen stanice provozovaná odbornou firmou

3.2.4 Umístění nádrží

Pro umístění plynových nádrží na vozidle pro přepravu osob platí několik základních podmínek, určených především požadavky bezpečnosti cestujících a posádky vozu. Dalším důležitým kritériem je zásah do konstrukce vozu - ten by měl být pokud možno

minimální. Rozsah zásahu do konstrukce vozu bude výraznou měrou ovlivňovat finální cenu přestavby. Zástavba nádrží musí zajistit dostatečné množství paliva pro pokrytí provozu vozu s dostatečnou rezervou. Nemělo by dojít k výraznému zásahu do obsaditelnosti vozu a obsluha vlastního zařízení musí být dostatečně rychlá a bezpečná. Z těchto důvodů se jako nejvýhodnější jeví umístění plynových nádrží pod podlahou motorového vozu - tam jsou však umístěny veškeré hnací a pomocné agregáty, proto takovéto řešení není z prostorových důvodů možné. Uvažuje se proto o třech variantách splnění požadovaných podmínek:

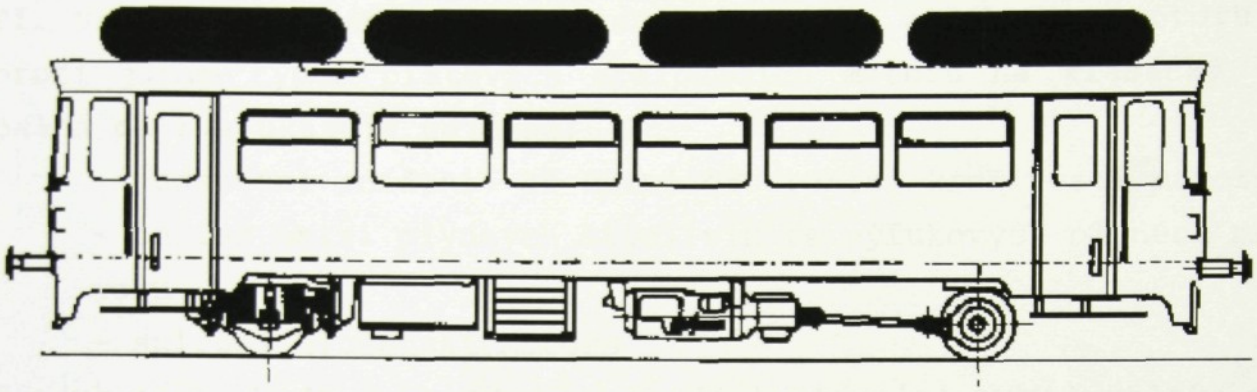
Varianta 1. - umístění zásobních nádrží svisle do prostoru oddílu proti sociální buňce a rozvaděči v prostoru pro cestující. Výhodou takového řešení je umístění zásobníků přímo na vozidle s minimálním zásahem do nosné konstrukce vozu, bez nutnosti složitého řešení armatur a pohyblivých spojení. Motorový vůz nemá nijak omezeny trakční vlastnosti, je možné bez jakéhokoli problému měnit řídící stanoviště vozu. Nevýhodou takového řešení je, že zásobníky snižují obsaditelnost vozidla o 5 míst k sezení na sklopných sedácích v tomto prostoru. Problémem je nutnost oddělení tohoto prostoru od prostoru pro cestující a jeho odvětrání. Dalším problémem je změna těžiště vozu, protože dojde k zvýšení hmotnosti pouze na jedné straně vozidla (vůz musí splnit úchylky zatížení levého a pravého kola, a zároveň přední a zadní nápravy.



Obr. 4 Umístění nádrží v prostoru pro cestující

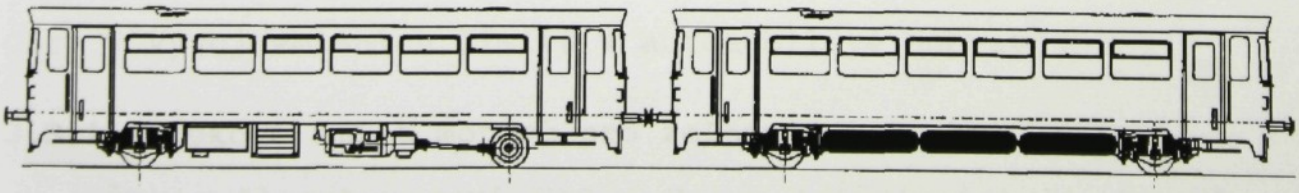
Varianta 2. - umístění zásobníků nad střechou vozidla tak, aby nebyl porušen povolený obrys vozidla, ale vzhledem k vnějším rozměrům vozu jsou zde dobré možnosti prostorového uspořádání. Výhody jsou obdobné jako u varianty 1. s tím, že není snížena obsaditelnost vozidla. Nevýhodou je rozsáhlý zásah do stavby skříně montáží nosného rámu nad střechu. Problém zůstává jako u

varianty 1. s maximálním povoleným zatížením náprav, ale není problém s vyvážením pravé a levé strany. Otázku maximálního zatížení náprav by bylo nutno zkontrolovat,i když zatížení je rovněž možné výrazně ovlivnit volbou vhodných materiálů.



Obr. 5 Umístění nádrží nad střechu vozidla

Varianta 3. -umístění zásobníků pod podlahu přípojného vozu. Tato varianta přenáší výhodu v tom, že není snížena kapacita motorového vozu, není nutný výraznější zásah do konstrukce skříně vozidla, zásoby plynu je možno využít pro provoz teplovzdušného agregátu přípojného vozu. Nevýhodou takovéhoto uspořádání je nutnost řešení pohyblivého propojení mezi motorovým a přípojným vozem a problémů s tím spojených. Dalším problémem se jeví nutnost trvalého spojení těchto vozů a s tím související otázky provozní. Není např. možné měnit směr jízdy změnou řídícího stanoviště, protože ve výhledu překáží přípojné vozidlo. Při změně jízdního směru je při více přípojných vozidlech nutno otočit celo soupravu, protože uspořádání přípojných vozidel je pevně dáno (motorový vůz, přípojné vozidlo s zásobou plynu a ostatní přípojné vozy v libovolném pořadí). Dále je možné nahradit ekonomicky provoz pouze na tratích, kde je provozován motorový vůz s alespoň jedním přípojným vozidlem. Dále je nutno řešit možnost rezervní zásoby plynu přímo na motorovém voze z důvodů nutnosti samostatných jízd tohoto vozidla.



Obr. 6 Umístění nádrží pod podlahu přípojného vozu

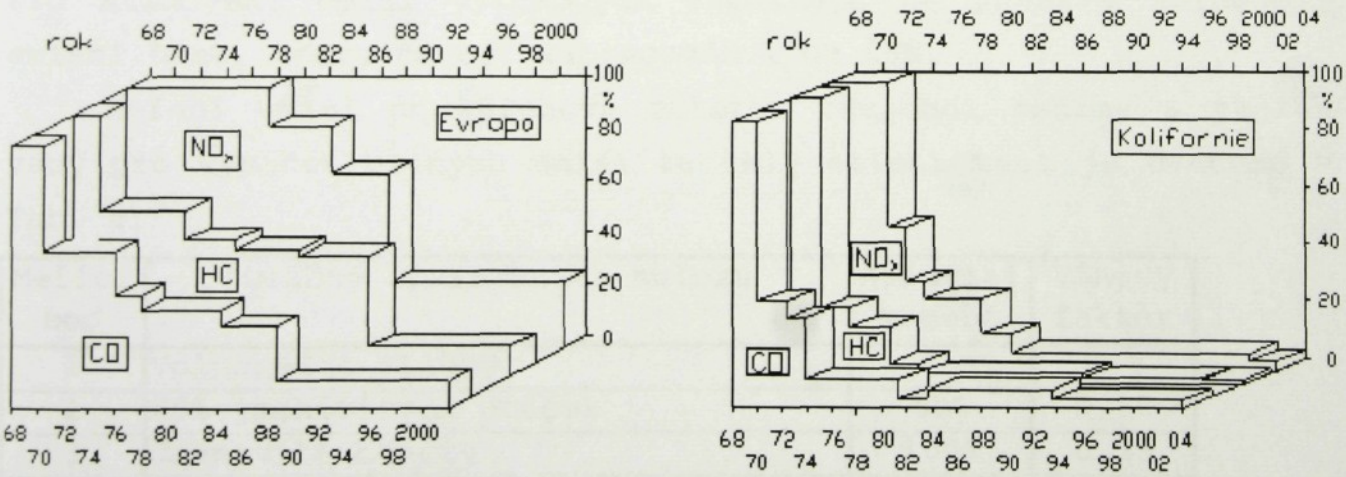
3.3 Emisní vlastnosti pístových spalovacích motorů

Technické provedení a seřízení dnešních vozidlových plynových pístových spalovacích motorů musí zajistit plnění příslušných emisních předpisů - v tomto směru mají plynové motory velmi dobré předpoklady vyhovět stále přísnějším zákonným požadavkům. Při vhodném uspořádání a seřízení plynového zážehového motoru se proti jiným typům pístových spalovacích motorů na klasická kapalná paliva ukazuje zejména:

- podstatné snížení až úplné odstranění kouřivosti motoru
- pokles emisí plynných škodlivin ve výfukových plynech motoru
- snížení hlučnosti motoru

Produkce CO_2 bude s ohledem na menší hmotnostní podíl uhlíku v 1 kg LPG (0,75) i 1 kg CNG (0,825) proti podílu uhlíku v 1 kg kapalných paliv (nafta 0,87, benzín 0,85) při srovnatelných nebo i mírně zvýšených měrných spotřebách paliva v plynových zážehových motorech pravděpodobně menší - zejména pak u zemního plynu je tento efekt významný.

Na obr. 7 je vidět průběh snižování emisních limitů v Evropě a Kalifornii až za rok 2000. Tyto grafy platí sice pouze pro automobilovou dopravu, ale je vidět maximální snaha o snížení množství škodlivých emisí. Je nutné si uvědomit, že tlak na jednotlivé zdroje znečištění ovzduší bude neustále stoupat.



Obr. 7 Vývoj emisních limitů v automobilové dopravě

3.3.1 Výfukové emise motorů pro železniční trakci

ČR je členskou zemí UIC (Union internacionale des chemins de fer), musí přestavba vyhovovat vyhlášce UIC 623, která platí

v členských zemích UIC pro vznětové trakční motory železničních vozidel s vyjímkou motorů speciálních lokomotiv a trakčních vznětových motorů s užitečným výkonem menším než 100 kW.

Vyhláška UIC 623 ukládá měření a hodnocení emisí CO, CH a NO_x ve výfukových plynech dráhových motorů při jejich homologaci a dále měření kouřivosti. Součástí homologačního protokolu nejsou pouze hodnoty měrných emisí zkušebního testu, ale zároveň charakteristiky absolutních emisí v závislosti na středním efektivním tlaku a otáčkách motoru. Metodika měření není vyhláškou určena, je však uveden odkaz na Výzkumný a zkušební úřad Mezinárodního železničního svazu ORE B13/RP21, kde lze zjistit, že metoda (tj. způsob měření jednotlivých škodlivin) odpovídá předpisu ECE-R49. Vyhláška předepisuje 29 měřících režimů v poli dráhové charakteristiky i s pořadím jejich měření. Vyhodnocení naměřených hodnot se poté provádí podle metodiky ORE B13/RP21 a RP22.

Měřící a vyhodnocovací postupy a mezní přípustné hodnoty stanovuje v jednoduší podobě i norma ISO 8178, která je zároveň normou evropskou. Norma specifikuje měřící cyklus (pro motory použité v železniční trakci - Cyklus F) a maximální hodnoty pro plynné i tuhé emise.

Pro naftové motory jsou předpisy a limity stanoveny, nebo jsou připravovány a budou zapracovány do norem Evropské unie. Pro stanovení emisí výfukových škodlivin se používá tříbodový emisní test, který má být zapracován i do ČSN.

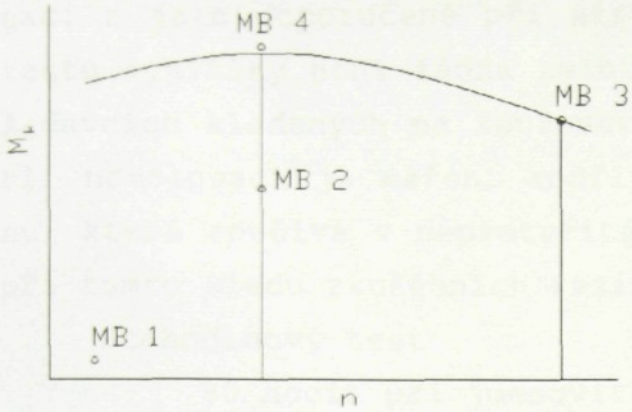
Měření emisí pro dráhové motory, zkušební režimy a jejich váhy pro výpočet měrných emisí za celý emisní test je uvedeno v Tab. 6:

Měřící bod	Otáčky spalovacího motoru	Kroutící moment	Váhový faktor
1	Volnoběžné otáčky		0,6
2	60% jmenovitých otáček	50%	0,15
3	Jmenovité otáčky	100%	0,25
4*	60% jmenovitých otáček	100%	-

* jen při měření tmavosti kouře

Tab. 6 Tříbodový emisní test dle UIC

na Obr. 8 jsou vyznačeny význačné body v momentové charakteristice



Obr. 8 Měřící místa v momentové charakteristice

Měření a hodnocení úrovně emisí plynných škodlivin CO, CH a No_x obsažených ve výfukových plynech dráhových motorů je předepsáno jako závazné. Součástí protokolu o homologaci dráhových motorů musí být charakteristiky absolutních emisí CO, CH a No_x v kg/h v závislosti na výkonu a otáčkách motoru a měrných emisí těchto škodlivin v g/kWh v závislosti na středním efektivním tlaku a otáčkách motoru. Dále musí být uvedeny výsledné měrné emise CO, CH a No_x ze zkušebního testu, které nesmí překročit mezní přípustné hodnoty uvedeny v Tab. 7.

Typ emise	CO g/kWh	HC g/kWh	NOx g/kWh	částice g/kWh
ORE 1993	4	1,6	16	-
ERRI 1997	3	0,8	12	-
EURO - 1	4,5	1,2	8	0,35

Tab. 7 Emisní limity pro drážní vznětové motory

Drážní vozy z hlediska emisí podléhají dnes pouze typové homologaci motoru, žádnému měření emisí ze zákona, během provozu nepodléhají. Potřebná zákonná norma, která předepíše maximální povolené množství emisí během provozu se teprve připravuje (informace z VUŽ od ing Šuka). Pro provoz drážních vozidel na plynná paliva neexistují v České republice žádné zákonné normy nebo prováděcí předpisy, ale lze předpokládat přibližně stejné požadavky jako u autobusové osobní přepravy.

3.3.2 Kouřivost

Kouřivost dráhových motorů vyráběných v ČR musí vyhovovat ČSN 09 0867 a UIC 623. Měření kouřivosti a hodnocení kouřivosti je předepsáno jako závazné podle předpisu UIC 623-2 při homolo-

gaci a jako doporučené při sériových zkouškách těchto motorů. V textu vyhlášky není žádná zmínka o metodě měření kouřivosti, požadavcích kladených na kouřoměry, jejich instalaci na motor atd. Při homologaci je měření kouřivosti prováděno při zkoušce výkonu, která spočívá v nepřetržitém chodu motoru v trvání 100 hodin při tomto sledu zkušebních režimů:

Stohodinový test

80 hodin při jmenovitém výkonu

- kouřivost měřena každou hodinu

1 hodina při přetížení - prvních 45 minut při jmenovitých otáčkách s kroutícím momentem rovných 110% kroutícího momentu při jmenovitém výkonu, zbývajících 15 minut s kroutícím momentem při jmenovitém výkonu s otáčkami rovných 110% jmenovitých.

- kouřivost se měří každých 15 minut

10 hodin při částečných zatíženích - nejméně čtyři různé režimy se stejnou dobou trvání s otáčkami ležícími mezi jmenovitými a nejmenšími provozními, s maximálním kroutícím momentem dle dráhové charakteristiky motoru.

- kouřivost se měří každých 30 min

8 hodin při proměnném zatížení - nepřetržitě se střídá režim jmenovitého výkonu v trvání 6 minut s režimem spodního volnoběhu v trvání 4 minuty.

- kouřivost se měří při jmenovitém výkonu a při volnoběhu každé 3 hodiny.

1 hodina ¨na volnoběh

- kouřivost se měří každých 15 minut

Při sériové zkoušce se měření kouřivosti provádí při provozním výkonu, případně při dalších režimech dle požadavků zákazníka. Takto zjištěné hodnoty kouřivosti nesmí překročit mezní přípustné hodnoty stanovené v závislosti na spotřebě nasávaného vzduchu.

Zkušební režimy motoru při měření součinitele absorpce výfukových plynů musí odpovídat provozním režimům při jeho použití. U dráhových motorů jsou zkušební režimy určeny v souladu s programem zkoušek konkrétního typu motoru, ale jejich počet nesmí

být menší než tři. Měření jsou vždy prováděna při ustálených provozních režimech.

3.4. Hydromechanická převodovka

Hydromechanická převodovka ve spojení s vhodným naftovým motorem se výraznou měrou podílí na celkových užitných vlastnostech vozu. Rozsahy a počty převodových stupňů ovlivňují nejen rychlost a zrychlení vozu, ale hodnota účinnosti přenosu kroutícího momentu na kola vozu znatelně ovlivňuje spotřebu motorového vozu. Proto pro stanovení typu hydromechanické převodovky je nutné stanovit základní požadavky na vlastnosti a funkce.

Požadavky na vhodnou volbu hydromechanické převodovky:

- maximální přenesený výkon motoru, vstupující do převodovky, se rovná výkonu motoru po odečtení výkonu na pohon kompresoru a alternátoru:

$$P_{max} = P_{mot} - P_{alter} - P_{Komp}$$

Pozn.: poháněcí hřídel je umístěn na čele motoru a nepřenáší se proto přes hydromechanickou převodovku

- maximální přenesený moment po zohlednění pohonu alternátoru a kompresoru pro stanovení maximálního momentu

$$M = \frac{P_{mot} - P_{alter} - P_{Komp}}{2 \cdot \pi \cdot \omega}.$$

- automatické ovládání, které pokud možno bude využívat co nejvíce stávajících prvků ovládání převodovky 2M 70. Volba automatického ovládání převodovky je důležitá také kvůli možnosti ovládat vůz z obou řídících stanovišť. Při volbě elektrohydraulického ovládání se nabízí jako jednodušší možnost umístit v podvozku vozu elektrické i hydraulické prvky s jednoduchým uchycením: proti mechanickému ovládání tak odpadají mechanická táhla, která by musela být vedena v přesné geometrii až k systému ovládání hydromechanické převodovky.

- přijatelnou účinnost celé hydromechanické převodovky: při zvýšené účinnosti přenosu výkonu a momentu motoru přes hydromechanickou převodovku dochází ke snížení spotřeby paliva a to se

může v konečném důsledku výrazně podílet na ekonomičnosti, ale i ekologičnosti, celého projektu přestavby.

- malý počet převodových stupňů. Oproti silničnímu provozu se motorový vůz velmi často používá v dlouhodobě ustáleném režimu. Proto není potřeba k nejlepšímu využití výkonu motoru často měnit převodové stupně. Také pro dosažení přepravní rychlosti vozu (max. 80 km/h) není potřeba tolik převodových stupňů jako u běžného silničního vozidla.

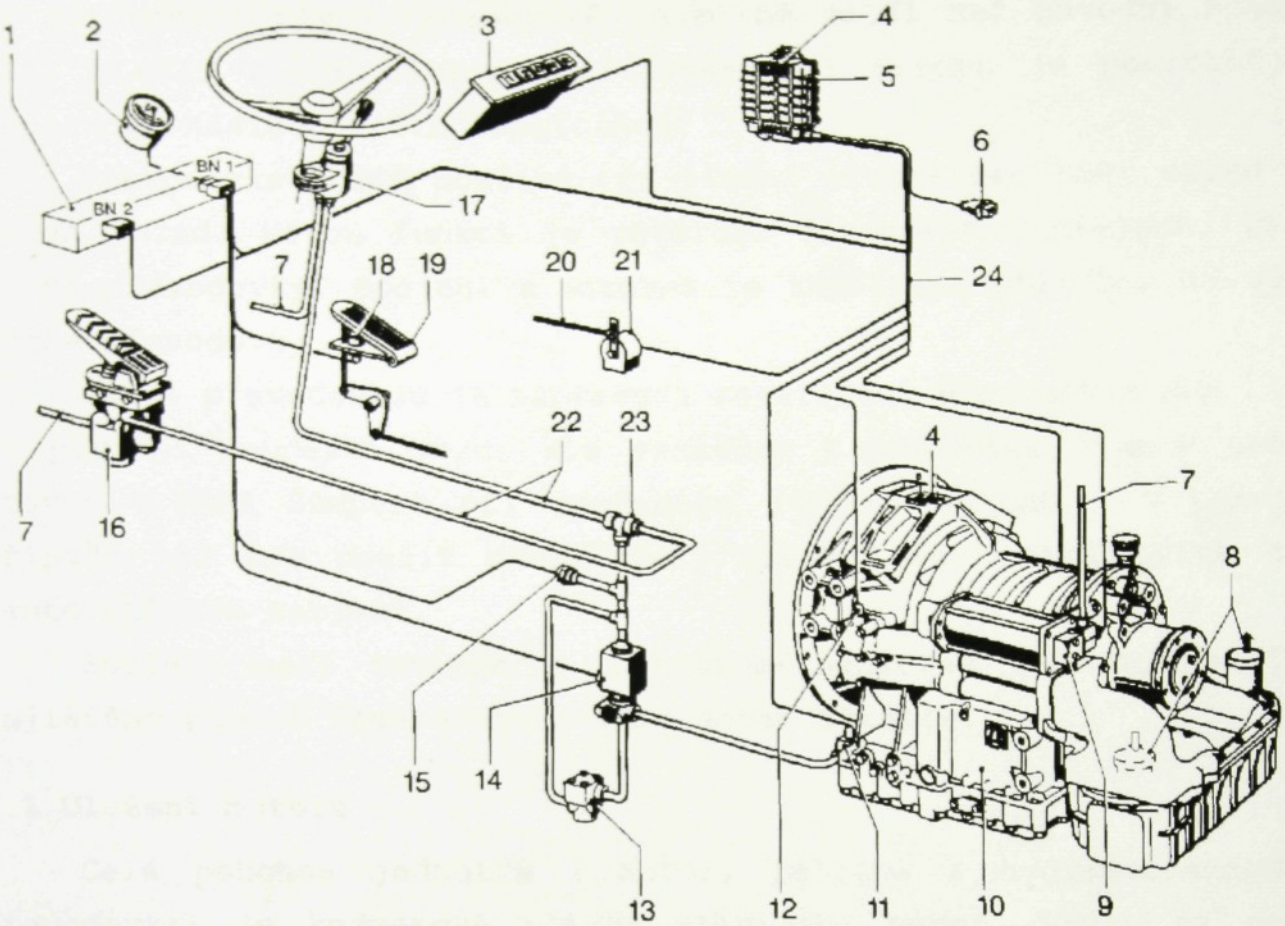
Možné typy různých hydromechanických převodovek; zvažované (a dostupné) pro rekonstrukci ukazuje tab.8. 2M 70

výrobce	ZF	Allison	Praga	Voith
typ	Ekomat HP500	MT 648	4AB120	D 851.3
počet stupňů	4+1zpět	4+1zpět	4+1zpět	3+1zpět
max. výkon	370 kW	186 kW	250 kW	205 kW
max. moment	1150 Nm	1058 Nm	1200 Nm	1000 Nm
max. vstupní otáčky	2800 min^{-1}	4000 min^{-1}	2400 min^{-1}	2800 min^{-1}
hmotnost	259 kg	255 kg	320 kg	275 kg

Tab. 8 Základní parametry hydromechanických převodovek

Vybrané hydromechanické převodovky mají automatické řízení, ovládání hydro-elektrickými členy, mají vestavěný primární retardér.

ML634 2150 min⁻¹
750 Nm
154 kW 147 kW → 2M 70



Obr. 9 Ovládací prvky moderní hydromechanické převodovky - schéma pro autobusové provedení

1.palubní síť, 2.teploměr, 3.tlačítkový pult řidiče, 4.typový štítek, 5.elektronická řídící automatika, 10.hydromechanická převodovka, 16.brzdový pedál s ventilem pro ovládání retardéru, 17.ovládání retardéru na sloupku řízení, 19.plynový pedál,21.generátor zatížení pro elektronickou modulaci tlaku, 23.dvojcestný ventil

4. Konstrukční řešení - motor RENAULT, hydromechanická převodovka VOITH

Pro konstrukční řešení jsem zvolil variantu motor RENAULT a hydromechanickou převodovku VOITH. Tato varianta byla vybrána s ohledem na současnou dostupnost a servisní zabezpečení motoru a převodovky, neboť takový agregát je dnes většinou u nových autobusů KAROSA pro MHD. Úpravy vycházejí ze zástavby přeplňovaného motoru a obdobný postup by se musel zvolit i u jiného typu motoru s dílčími odlišnostmi. Varianta s plynovým přeplňovaným zážehovým motorem není konstrukčně zpracována, podmínky a možnosti řešení pro využití plynového motoru jsou uvedeny v části 3.2.

Motor Renault je přeplňovaný naftový motor s mezichladičem plnícího vzduchu. Pro přeplňování používá turbodmychadlo poháně-

né výfukovými plyny. Rozměrově je mírně větší než původní motor LIAZ ML634. Další základní příslušenství motoru je podrobněji popsáno v následujících kapitolách.

Převodovka VOITH používá tři jízdní stupně pro směr vpřed a jeden v zad. Novou funkcí je retardér zabudován v základní sestavě převodovky. Spojení s motorem je zajištěno přírubou od výrobce převodovky.

Další převodovkou je nápravová reverzační převodovka NKR 16. Je původní součástí vozu, ale vzhledem k ponechání v nové přestavbě v PRAS Šumperk při současném zvýšení výkonu (v jednom případě již byl použit přeplňovaný motor LIAZ), není nutné se touto otázkou zabývat.

Spojení mezi reverzační a hydromechanickou převodovkou je zajištěno pomocí kloubového (kardanova) hřídele.

4.1 Uložení motoru

Celá pohonná jednotka (motor, příruba a hydromechanická převodovka) je rozměrově blízká stávající verzi, proto se bez problémů vejde do prostoru kde je umístěna dnešní pohonná jednotka. Celý agregát pohonné jednotky je v podvozku vozidla uložen (podobně jako u současného provedení) pružně.

4.1.1 Přední uložení agregátu

Pro přední uložení agregátu v rámu vozu se nabízejí dvě varianty:

a) upravením stávajícího závěsu motoru RENAULT s vytvořením nových úchytných bodů.

b) využití stávajícího místa v rámu vozu pro přední uložení motoru

Varianta a)

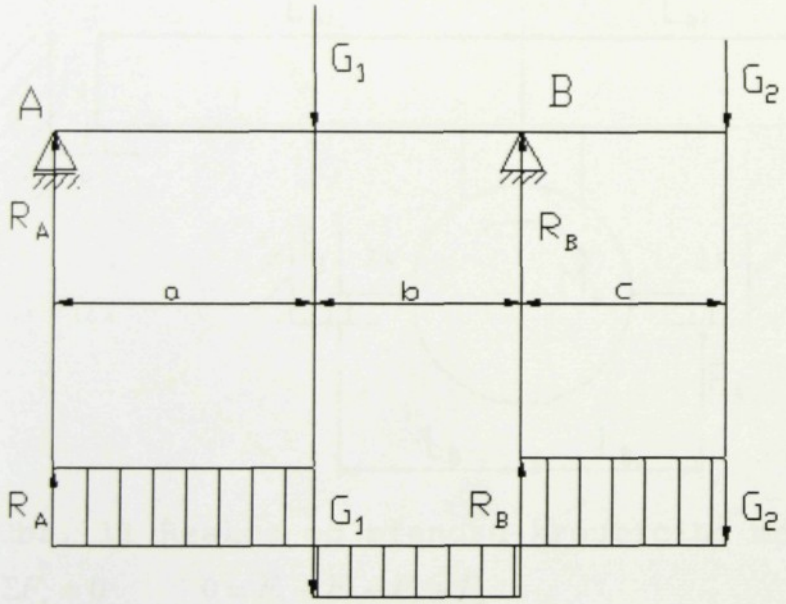
Pro uchycení na rám vozu využijeme vzpěry (profilu UE 80, poz 11 na výkresu rámu),kterou vyztužíme přidáním další vzpěry UE 80 potřebnou ke zvýšení průřezového modulu v ohybu (dle výkresu 1.20), na které přivaříme desky se vzpěrami (dle výkresu 1.12,1.13). Na pravé straně motoru se vytvoří dostatek prostoru po demontáži alternátoru na motoru (alternátor 48 V je součástí vozu). Protože profily jsou orientovány jedním směrem, je vytvořen levý držák silentbloku ve volném prostoru, pravý držák je

umístěn pod UE profil, aby se nenamáhalo uložení zbytečným vyložením z důvodů přenosu sil s dynamickým účinkem.

Na levé i pravé straně motoru je po jednom obdélníkovém silentbloku o rozměrech plochy 90 mm x 60 mm. Obdélníkové silentbloky byly použity z důvodu nedostatku prostoru v místě umístění. Ve všech místech uložení byly použity stejné pružné elementy.

4.1.1.1 Výpočet únosnosti namáhání profilu UE 80 na ohyb:

Před výpočtem sil působících na přední a boční závěsy si zjednodušíme pohonný agregát pro výpočtový model na nosník na dvou podporách, kde podpora A reprezentuje přední a podpora B boční uchycení pohonné jednotky. Tento zjednodušený model sice neumožní podrobnější určení sil v jednotlivých místech, ale postačí k určení celkových sil R_A a R_B na obě přední a na obě boční uchycení.



Obr. 10 Rozložení sil na přední a zadní závěs

a = 505 mm; b = 555 mm; c = 330 mm; G_1(resp. G_1) tíhová síla motoru (resp. převodovky)

$G_i = m_i \cdot g$

G_1 = 1005 kg . 9,81m/s^2 = 9859 N = 9,86 kN

G_2 = 275 kg . 9,81m/s^2 = 2698 N = 2,70 kN

$\Sigma F_z = 0 \qquad R_A + R_B - G_1 - G_2 = 0$ a

$\Sigma M_A = 0 \qquad R_B \cdot (a+b) - G_1 \cdot a - G_2 \cdot (a+b+c) = 0$, potom

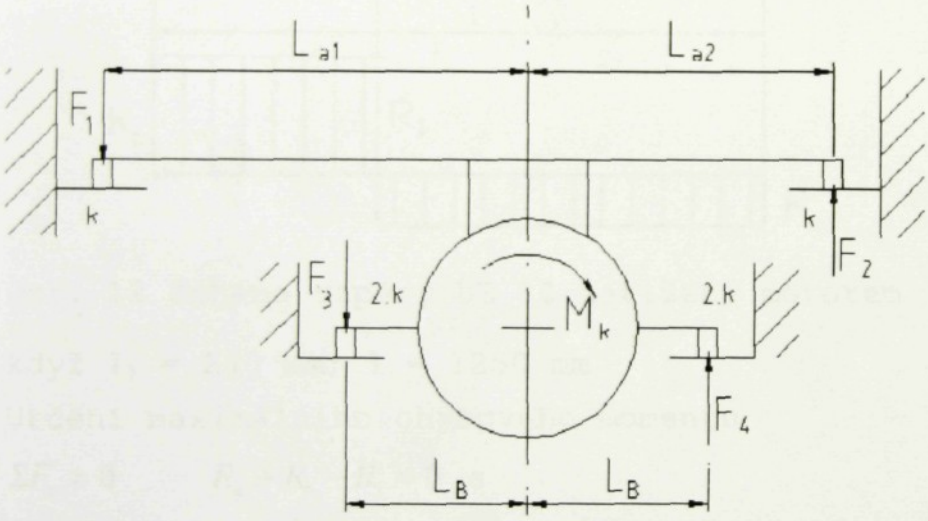
$$R_B = \frac{G_1 \cdot a + G_2 \cdot (a+b+c)}{a+b} = 8{,}24 \quad \text{kN}$$

$$R_A = G_1 + G_2 - \frac{G_1 \cdot a + G_2 \cdot (a+b+c)}{a+b} = 4{,}32 \quad \text{kN}.$$

Pro rozdělení síly R_A na jednu vzpěru pro výpočet můžeme uvažovat nerovnoměrné rozložení a při zohlednění rozměrů a rozložení hmotnosti potom více zatížený přední závěs přenáší asi 3/5 R_A na pravý úchyt.

$$R_1 = \tfrac{3}{5} \cdot R_A = 2{,}59 \quad \text{kN}.$$

Reakce R_1 dále obsahuje sílu od kroutícího momentu pohánějící nápravu vozu. Při výpočtu bylo přijato zjednodušení v místě zadního závěsu, kde jsou umístěny dva silentbloky pod úhlem 20° od vodorovné osy: tuhost silentbloku se považuje shodná s tuhostí silentbloku na předním závěsu, kde jsou silentbloky umístěny vodorovně.



Obr. 11 Reakce od přenosu kroutícího momentu

$\Sigma F_z = 0 \qquad 0 = F_2 - F_1 - F_3 + F_4$

$\Sigma M_A = 0 \qquad 0 = F_2 \cdot L_{a2} - F_1 \cdot L_{a1} - F_3 \cdot L_B + F_4 \cdot L_B$

dále pro výchylku stlačení pružiny (x_j)

$\frac{x_{A1}}{x_{B1}} = \frac{L_{A1}}{L_B}$ a

$\frac{x_{A2}}{x_{B2}} = \frac{L_{A2}}{L_B}$, když síla

$F_i = k \cdot x_j$.

Potom síla $F_1 = 2{,}14.10^4$ N,

$F_2 = 1{,}16.10^4$ N,

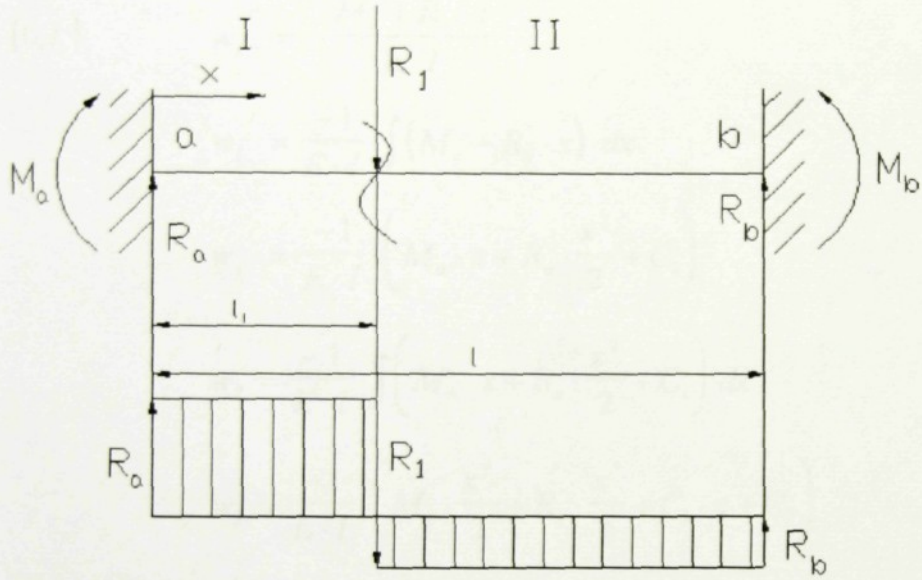
$F_3 = 2{,}3.10^4$ N,

$F_4 = 3{,}38.10^4$ N.

Výsledná reakce

$R_1 = R_1 + F_i$

Vzpěry UE80 na rámu zjednodušíme pro výpočtový model na nosník na obou koncích vetknutý z důvodů pevného spojení na obou koncích vzpěry (svary).



Obr. 12 Schéma vzpěry UE 80 zatížené motorem

když l_1 = 240 mm; l = 1250 mm

Určení maximálního ohybového momentu

$\Sigma F_z = 0 \qquad R_a + R_b - R_1 = 0$ a

$\Sigma M_A = 0 \qquad M_b + R_b \cdot l - R_1 \cdot l_1 - M_a = 0$,

vzhledem k staticky neurčité soustavě, která vznikla umístěním svarů na oba konce vzpěry, které představují vetknutí. Početní metodu pro určení reakcí a momentů v podporách použijeme diferenciální rovnice průhybové čáry

$$w'' = -\frac{M}{E \cdot I}.$$

Stanovíme základní podmínky průhybu a sklonu:

$w_I'(0) = 0$, $w_I(0) = 0$

$w_{II}'(l) = 0$, $w_{II}(l) = 0$

$w_{II}'(l_1) = w_I'(l_1)$, $w_{II}(l_1) = w_I(l_1)$,

kde získáme šest rovnic pro osm neznámých M_a, M_b, R_a, R_b, C_1, C_2, C_3, C_4, dále použijeme momentovou rovnici k bodu A a rovnici sil v z-ovém směru.

Určíme průběh momentu v závislosti na vzdálenosti od podpory A po celé délce nosníku ve dvou intervalech:

I $\quad (0,l_1) \quad M_a + R_a \cdot x = 0$

II $\quad (l_1,l) \quad M_a + R_a \cdot x - R_1(x - l_1) = 0$,

potom v intervalu I:

$(0,l_1)$

$$w_I'' = -\frac{M_a + R_a \cdot x}{E \cdot I}$$

$$w_I' = \frac{-1}{E \cdot I} \cdot \int (M_a + R_a \cdot x) \cdot dx$$

$$w_I' = \frac{-1}{E \cdot I} \cdot \left(M_a \cdot x + R_a \cdot \frac{x^2}{2} + C_1 \right)$$

$$w_I = \frac{-1}{E \cdot I} \cdot \int \left(M_a \cdot x + R_a \cdot \frac{x^2}{2} + C_1 \right) dx$$

$$w_I = \frac{-1}{E \cdot I} \cdot \left(M_a \cdot \frac{x^2}{2} + R_a \cdot \frac{x^3}{6} + C_1 \cdot x + C_2 \right)$$

a v intervalu II

(l_1,l)

$$w_{II}'' = -\frac{M_a + R_a \cdot x - R_1 \cdot (x - l_1)}{E \cdot I}$$

$$w_{II}' = \frac{-1}{E \cdot I} \cdot \int (M_a + R_a \cdot x - R_1 \cdot (x - l_1)) \cdot dx$$

$$w_{II}' = -\frac{-1}{E \cdot I} \cdot \left(M_a \cdot x + R_a \cdot \frac{x^2}{2} - R_1 \cdot (\frac{x^2}{2} - l_1 \cdot x) + C_3 \right)$$

$$w_{II} = \frac{-1}{E \cdot I} \cdot \int \left(M_a \cdot x + R_a \cdot \frac{x^2}{2} - R_1 \cdot (\frac{x^2}{2} - l_1 \cdot x) + C_3 \right) \cdot dx$$

$$w_{II} = \frac{-1}{E \cdot I} \cdot \left(M_a \cdot \frac{x^2}{2} + R_a \cdot \frac{x^3}{6} - R_1 \cdot (\frac{x^3}{6} - l_1 \cdot \frac{x^2}{2}) + C_3 \cdot x + C_4 \right),$$

získáme integrační konstanty

$C_1=0$,

$C_2=0$,

$C_3 = -R_1 \cdot \frac{l_1^2}{2}$,

$$C_4 = R_1 \cdot \frac{l_1^3}{6}.$$

Ohybový moment namáhající nosník dosahuje svého maxima u podpory b o velikosti M_{omax}= 3743,3 N.m.

Hodnotu průřezového modulu v ohybu dvou svařených vzpěr UE80 určíme ze vztahu

$$W_o = 2 \cdot \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = 2 \cdot \frac{40mm \cdot (80mm)^3 - 35{,}5mm \cdot (65{,}2mm)^3}{6 \cdot 80mm} = 44.335{,}6 \text{ mm}^3.$$

Pro pevnostní kontrolu budeme uvažovat materiál vzpěry jako ocel běžné jakosti třídy 11, vzhledem k použití musí být zajištěny základní pevnostní a technologické parametry (E = $2{,}05.10^5$ MPa; σ_{Do} = 120 MPa, musí být zaručená svařitelnost).

Velikost napětí v ohybu v místě maximálního momentu je rovna

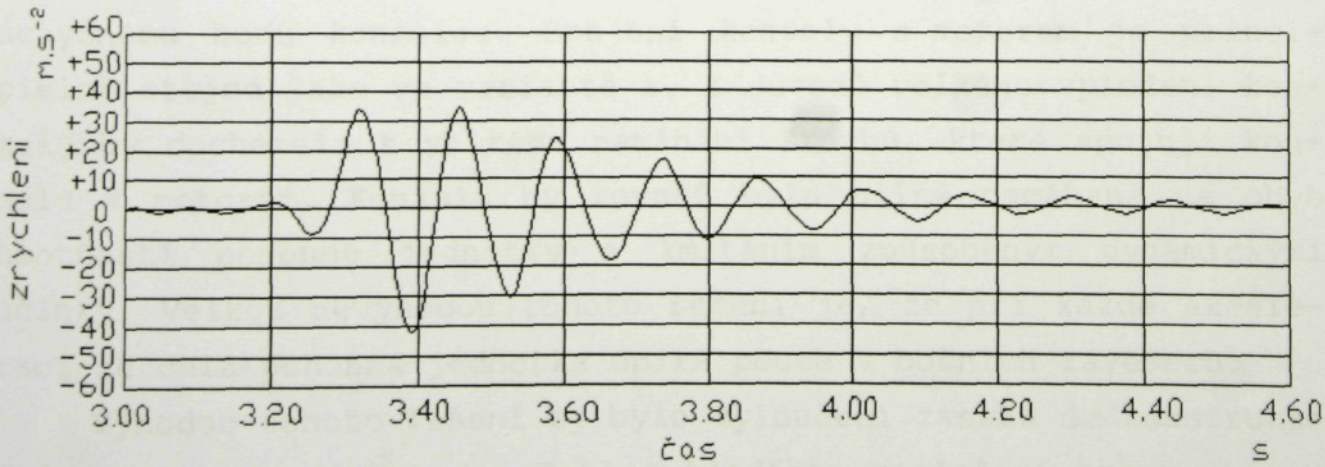
$$\sigma_o = \frac{M_{o\max}}{W_o} = 84{,}4 \text{ MPa}.$$

Míra bezpečnosti dimenzování vzpěry statickým zatížením je určena jako:

$$k = \frac{\sigma_{Do}}{\sigma_o} = 1{,}42$$

Bezpečnost lze považovat za dostatečnou.

Zatěžující síly pro výpočet jsou odvozeny od hmotností převodovky a motoru a zatížení kroutícím momentem. Míru bezpečnosti je nutné Zvažovat i s ohledem na riziko při působení dynamických sil při přejezdu nerovnosti (mezera mezi kolejnicemi), rychlých změnách pohybu pohonné jednotky při přenosu momentu na kola a buzení od chodu motoru.



Obr. 13 Průběh zrychlení na předním závěsu u autobusu KAROSA podle diplomové práce ing. Čiháka

Na obr. 13 je zachycen průběh zrychlení na předním závěsu autobusu KAROSA, při přejezdu nerovnosti v 40 $km.h^{-1}$. Zavěšení motoru je principielně podobné jako navrhované řešení. Problémem u železniční dopravy nejsou velké amplitudy při přejezdu mezer mezi jednotlivými kolejemi, ale velké rázy z důvodů přímého přenosu budících z kol do rámu (s malým odpružením). Průběh zrychlení na rámu a zavěšeném agregátu v rámu železničního vozidla bude pravidelně (cyklicky) buzen od mezer mezi kolejnicemi. Výhodou železničního vozidla je sice jeho vysoká hmotnost, budící síly z pojezdu přesto mohou významně zvýšit silové zatížení závěsů agregátu: toto zvýšení zátěže závěsů a podélníků je v návrhu zahrnuto v dimenzovaní příslušných dílů s větší bezpečností.

Pro uchycení na blok motoru se vychází z úchytných míst pro původní držák motoru. Na něj je přivařeno rameno, které je na obou koncích osazeno silentbloky. Celé uložení lze při demontáži a montáži upevnit (resp. uvolnit) odšroubováním čtyř šroubů na každém závěsu, rameno se vyjme se včetně silentbloků. Součásti levé i pravé strany jsou vzájemně zaměnitelné.

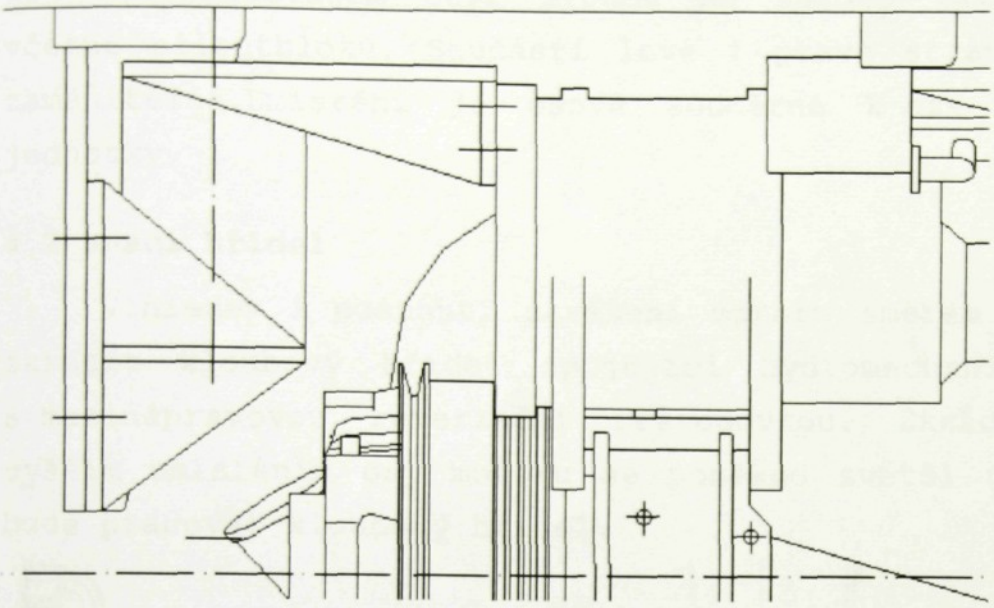
Výhodou tohoto uložení je pevnější uchycení pohonné jednotky, kdy zejména při záběru motoru se projevuje vyšší příčná tuhost uložení než ve variantě b. Celé uložení neposkytuje pohonné jednotce příliš prostoru pro možnosti příčného náklonu a také snižuje možnost podélného naklánění agregátu.

Varianta b)

Vzhledem k rozměrům motoru RENAULT oproti motoru LIAZ a využitím dnešního uchycení na bloku motoru je nutné přiblížit se k úchytnému bodu konzolou. Spojení konzoly s motorem je principielně stejné jako ve variantě a. Z důvodů velkého vyložení konzoly by docházelo k velkému namáhání šroubů, které spojují konzolu s motorem. Konzola by rovněž byla silně namáhaná na ohyb hmotností pohonné jednotky a kmitáním způsobeným dynamickými účinky. Velkou nevýhodou tohoto řešení je, že při každé akceleraci se celá pohonná jednotka opírá pouze v bočních závěsech.

Výhodou tohoto řešení by bylo vyloučení zásahu do konstrukce podvozku motorového vozu. Také z hlediska rozložení hmotnosti na tři body se jeví jako vhodnější, z hlediska rovnoměrnějšího za-

tížení jednotlivých závěsů a jejich menší citlivosti na montážní a výrobní nepřesnosti. Při demontáži a montáži se celá skupina odmontuje (resp. namontuje) odšroubováním čtyř šroubů na každém závěsu a vyjme se včetně silentbloků.



Obr. 14 Schéma ramene při využití stávajícího místa uchycení

4.1.2 Boční uložení motoru

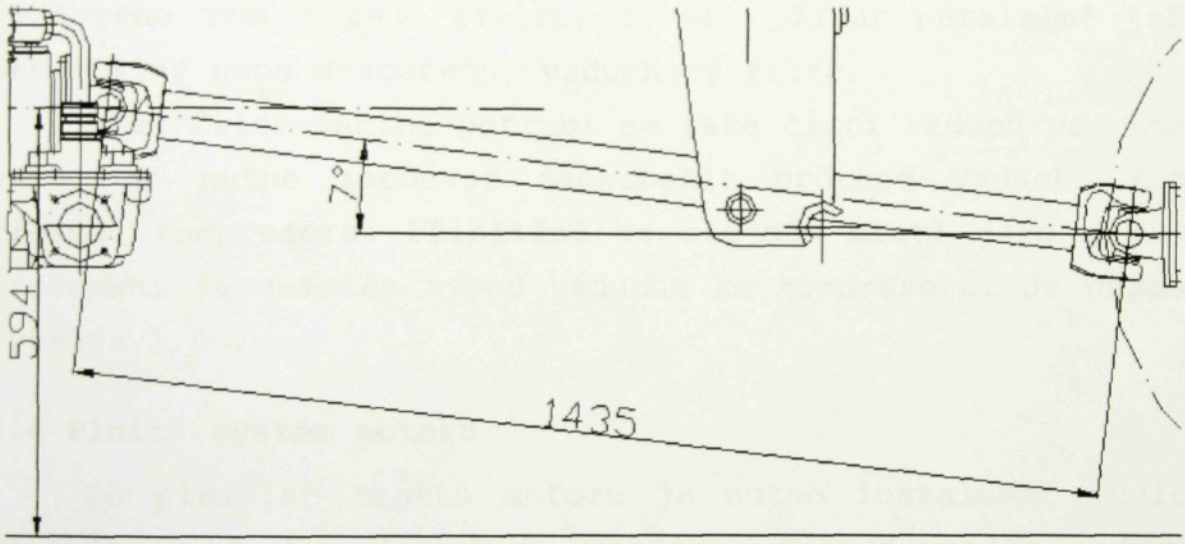
Pro uložení pohonné jednotky byla využita stávající místa pro uchycení závěsů, na bloku motoru. Upevnění zadního závěsu na bloku motoru oproti původnímu uchycení na boku příruby mezi motorem a hydromechanickou převodovkou zkracuje vzdálenost mezi předním a zadním závěsem o 120 mm, zůstává však zachován původní zadní závěs na rámu vozu (zkrácením vzdálenosti by mohlo snížit podélnou tuhost uložení agregátu, zvýšená tuhost předního závěsu naopak podélnou tuhost zavěšení agregátu zvýší). Tato varianta se zdá jako přijatelnější než tvorba nového úchytu na rámu vozu. Pohonnou jednotku jsem usadil vodorovně ve výšce 590mm, protože nejnižší místo na motoru RENAULT je uloženo o 55 mm níž než na motoru LIAZ M634, který je uložen na výšce 530 mm od úrovně trati. Tímto posunem se zachová světlá výška vozu. Mezi nynější závěs a uchycení na bloku motoru je vloženo upravené uložení z autobusů KAROSA, skládající se ze dvou silentbloků nakloněných vůči sobě o 40°. Tento typ uložení má výhodu jednak ve větší stabilitě,se schopností absorbovat také axiální zatížení pohonné jednotky vyvolané vnějšími vlivy. Nevýhodou je ovšem trvalé zatíže-

ní silentbloků v axiálním směru, které může znamenat rychlejší únavu silentbloků oproti silentblokům zatíženým pouze v radiálním směru.

Při demontáži a montáži se celá skupina upevnit (resp. uvolnit) odšroubováním čtyř šroubů na každém závěsu a vyjme se včetně silentbloků. Součásti levé i pravé strany jsou vzájemně zaměnitelné.Umístění je osově souměrné k ose otáčení pohonné jednotky.

4.2 Hnací hřídel

Vzhledem k posunutí zavěšení motoru směrem dozadu je nutné zkrátit kloubový hřídel spojující hydromechanickou převodovku s mezinápravovou reverzační převodovkou. Zkrácením hřídele a vyšším umístěním osy motoru se poněkud zvětší úhel, pod kterým bude pracovat kloubový hřídel.



Obr. 15 Umístění hnacího hřídele

4.3 Sací potrubí motoru

Do vozu je nutno zabudovat systém pro sání a čištění vzduchu, který zajišťuje dodávku čistého vzduchu pro naftový motor a vzduchový kompresor. Vzhledem k odlišnému uspořádání oproti původní verzi v připojení sacího potrubí k výkonnějšímu motoru dojde k významné změně v zástavbě do podvozku vozu.

U přeplňovaného vznětového motoru dojde oproti původnímu atmosférickému motoru, k výraznému zvýšení průtoku nasávaného

vzduchu. Proto se musí dimenzovat především čistící filtr pro průtok nasávaného vzduchu.

Velikost průtoku pro jmenovitý režim motoru:

P_e = 188 kW, m_{pe} = 233 g/kWh, λ = 1.8, L_{vt} = 14,5, ρ_v = 1,15 kg/m^3

$$M_v = \frac{\lambda \cdot m_{pe} \cdot P_e \cdot L_{vt}}{1000} = 1143 \text{ kg/h}$$

$$Q_v = \rho_v \cdot M_v = 1315 \text{ m}^3/\text{h}$$

nebo při maximálním momentu

P_e = 122,5 kW; m_{pe} = 216 g/kWh, λ = 1.8, L_{vt} = 14,5

$$M_v = \frac{\lambda \cdot m_{pe} \cdot P_e \cdot L_{vt}}{1000} = 691 \text{ kg/h}$$

$$Q_v = \rho_v \cdot M_v = 795 \text{ m}^3/\text{h}$$

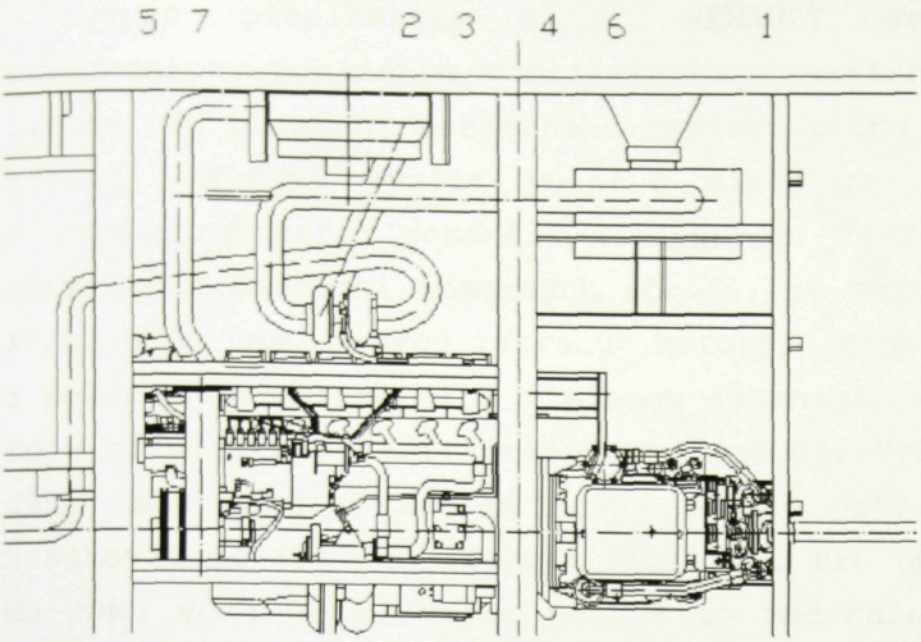
Dle průtoku je nutno zajistit požadovaný filtr a to instalací nového vzduchového filtru, a nebo přidat paralelně ještě jeden stejný nebo dostatečný vzduchový filtr.

Přes filtr sacího potrubí se také čistí vzduch pro kompresor vozu. Je nutné zachovat zabezpečit průchod vzduchu k pneumatickému kompresoru. Přibližně ve stejném místě jako u původního provedení je umístěn vývod vzduchu ke kompresoru. Je naznačen na výkrese 1.00.

4.4 Plnící systém motoru

Do plnícího traktu motoru je nutno instalovat mezichladič plnícího vzduchu, který je součástí přeplňovaného motoru. Pro umístění chladiče vzduchu se nabízí několik variant:

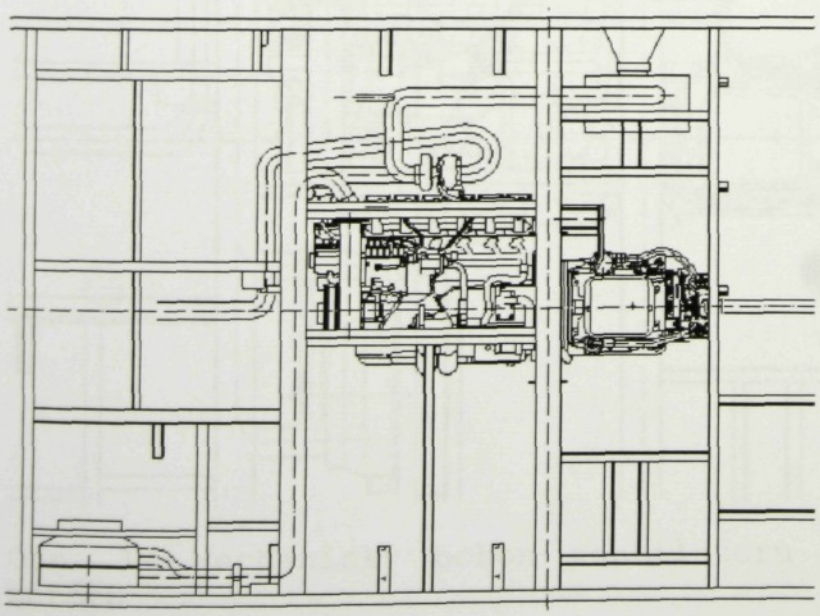
-umístění se samostatným hydrostatickým pohonem poblíž motoru: to je spojeno s nutností přivést tlakovou kapalinu (hydrostatického pohonu ventilátoru) k místu umístění chladiče. Je nutné zvýšit výkon hydrogenerátoru na čele motoru pro dostatečné množství tlakové kapaliny v okruhu pro pohon hydromotorů u ventilátorů chladiče vody, chladiče oleje pro hydrodynamickou převodovku a nově chladiče plnícího vzduchu. Základní hydrogenerátor by se zamění za hydrogenerátor s dvojnásobným výkonem. Výhodou by bylo podstatné zjednodušení (a zkrácení) konstrukce plnícího traktu. V místě uložení mezichladiče dnes je umístěno sací potrubí motoru.



Obr. 16 Uspořádání při pohonu mezichladiče hydromotorem

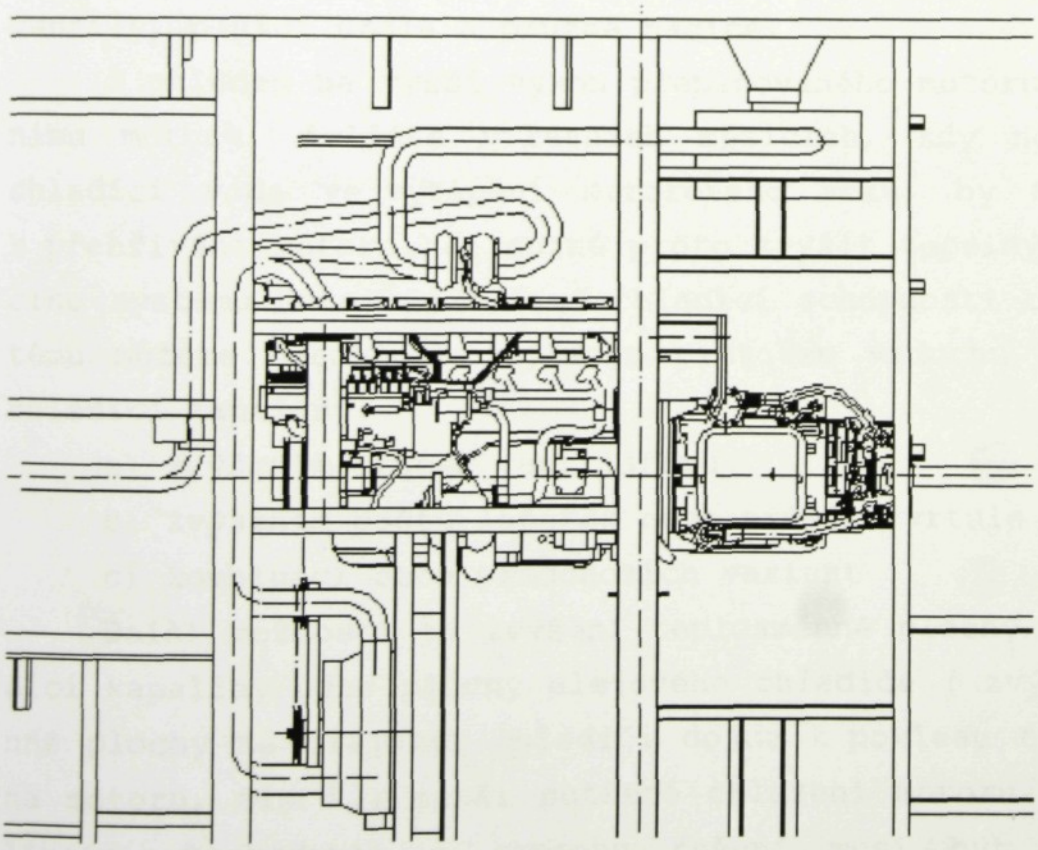
1. vzduchový filtr, 2. mezichladič plnícího vzduchu, 3. hydromotor pohonu ventilátoru, 4. turbodmychadlo, 5. vstup plnícího vzduchu do motoru, 6. výstup výfukových plynů z motoru

- před chladičem chladící vody: Výhodou umístění před chladičem vody je, že není potřeba samostatného pohonu ventilátoru, chladič musí být umístěn před chladičem vody. V takovémto případě by muselo dojít k podstatné změně na chladiči chladící kapaliny vzhledem k dostatečnému chlazení motoru. Nevýhodou je velká délka poměrně rozměrného potrubí(pro zmírnění tlakových ztrát plnícího vzduchu v plnícím potrubí je potřebný průměr tohoto potrubí minimálně 100 mm).



Obr. 17 Umístění před vodním chladičem

-pro přeplňovaný motor RENAULT se navrhuje řešení s mechanicky poháněným ventilátorem (varianta s pohonem ventilátoru pro chlazení nasávaného vzduchu přímo od řemenice na čele motoru). Můžeme využít volného místa po řemenici, která by v autobusové verzi poháněla alternátor. Protože ve voze M152 je alternátor součástí pomocných strojů, je možno, při umístění mezichladiče na pravou stranu motoru, použít řemenový převod s pohonem od motoru přes vloženou řemenici, která zároveň zajišťuje možnost napínání řemenového převodu. Výhodou tohoto uspořádání jsou poměrně krátké délky sacího potrubí. Není ani nutno zasahovat do rozvodů tlakové kapaliny. Pro upevnění mezichladiče do rámu vozu je přivařen nosník za mezichladičem. Celá sestava mezichladiče včetně rámu s držákem ventilátoru a držáku vložené řemenice je převzata z řešení pro zástavbu do autobusu KAROSA. Umístění nosníku pro upevnění mezichladiče včetně definitivního usazení mezichladiče a držáků ventilátoru a vložené řemenice musí být řešeno až při stavbě prototypu (k výkresovému zpracování chybí potřebné podklady).



Obr. 18 Mechanický pohon ventilátoru mezichladiče od řemenice motoru

4.5 Výfukové potrubí motoru

Výfukové potrubí musí odvádět výfukové plyny od spalovacího motoru, umístěného pod podlahou vozu, nad střechu vozidla a dále tlumit hluk vznikající jejich expanzí.

Vzhledem k použití turbodmychadla na motoru RENAULT je umístění vývodu výfukových plynů z turbodmychadla v jiných místech než u původní verze. Pro při využití podstatné části dnešního výfukového potrubí (tlumič výfuku, absorpční tlumič výfuku, úchytů atd.), je proto nutné přivést nově řešeným tvarem výfukového potrubí výfukové plyny do osy vozu před motor, kde se napojíme na původní výfukové potrubí vozu.

Způsob napojení sacího, plnícího a výfukového potrubí přeplňovaného motoru je naznačen na výkresu 1.00.

4.6 Chladící systém motoru

Vodní hospodářství motorového vozu obsahuje tyto základní skupiny: vyrovnávací nádrž, vodní chladič s hydrostatickým pohonem, žaluzie výměník voda olej, vodní čerpadlo, ruční čerpadlo, ventily, plnící hrdla a pružné hadice.

S ohledem na vyšší výkon přeplňovaného motoru oproti původnímu motoru, zvláště v letních měsících, kdy nebude chlazena chladící voda ve vytápění motorového vozu, by mohlo docházet k přehřívání motoru. Je nutné proto zvýšit tepelný výkon chladícího systému motoru. Zvýšení chladící schopnosti chladícího systému můžeme dosáhnout zvýšeným průtokem vzduchu kolem chladiče chladící kapaliny:

a) zvýšením otáček ventilátoru

b) zvýšením počtu lopatek nebo průměru vrtule

c) kombinací obou předchozích variant

Další možností je zvýšení teplosměnné plochy chladiče chladící kapaliny nebo plochy olejového chladiče (zvýšením teplosmnné plochy na olejovém chladiči dojde k poklesu teploty oleje i na motoru, tím i k menší potřebě chlazení motoru chladící kapalinou). Rozhodnutí o způsobu řešení musí být provedeno při zkouškách prototypu.

4.7 Palivový systém vozu

Palivové hospodářství motorového vozu se skládá z palivové nádrže (o objemu 300 l, je zavěšena ve spodku vozu pod podlahou a situována napříč vozu s čelem u bočnice), jemného čističe paliva, hrubého čističe paliva, vstřikovacího čerpadla, dopravního čerpadla, vysokotlakého a nízkotlakového potrubí, ventilů a hadic.

Základní rozmístění prvků a uspořádání palivového systému vozu bude zachováno. Zůstanou prvky nádrže včetně umístění a rozvodů k vytápěcímu agregátu. Kvůli jinému umístění palivového systému motoru, jinému typu vstřikovacího čerpadla a dalšího příslušenství (čističe paliva, filtry) bude změněn rozvod nízkotlakého palivového potrubí.

4.8 Provozní vlastnosti motorového vozu

V rekonstruovaném provedení můžeme počítat s některými lepší parametry a s větším počtem funkcí.

Jestliže měrná spotřeba paliva u motoru LIAZ ML 634 dosahuje minima na hodnotě 236,6 g/kWh, potom motor RENAULT dosahuje minimální hodnoty 209 g/kWh (při jmenovitém výkonu motoru je měrná spotřeba 233 g/kWh: v porovnání při minimálních hodnot je pokles měrné spotřeby paliva o 13 %).

Se zvýšením výkonu motoru se zvýší akcelerace a pružnost celé pohonné jednotky. Nejvyšší rychlost vozu bude zachována. Při zachování dnešních jízdních časů nebude motor tolik přetěžován při chodu na maximální výkon.

Přeplňovaný motor bude mít tišší chod, nižší výfukové emise, vyšší dynamiku a menší spotřebu paliva.

5. Porovnání nákladů

Při porovnávání nákladů na přestavbu M152 vycházím pouze z rámcové představy, protože cena ať již motoru nebo jiných dílů se bude asi výrazně lišit podle počtu odebraných kusů, rychlosti dodávky, způsobu platby, hodnoty odebraného zboží atd.. Vzhledem k malému množství informací o cenách na dráze pokusím se upravit ceny z přestaveb autobusů pro jiný typ pohonné jednotky tak, aby byly podklady pro možné odhady cen u Českých drah.

5.1 Náklady na přestavbu pohonné jednotky

Hlavními položkami, které budou určovat konečnou cenu přestavěné pohonné jednotky bude motor a hydromechanická převodovka. Další poměrně vysokou položkou bude zapojení ovládacích členů motoru a automatické ovládání převodovky.

U plynové varianty pohonu M152 ovlivní konečnou cenu také počet a umístění plynových nádrží. Vysokou, i když jednorázovou položkou, bude v případě plynové verze vytvoření dostatečně husté sítě plnících stanic. Cena jedné plnící stanice se pohybuje mezi 1.000 až 2.000 tis. Kč podle velikosti stanice.

Ceny bez DPH:

motor s mezichladičem a dalším příslušenstvím	450.000,- Kč
hydromechanická převodovka	250.000,- Kč
úprava součástí pro pohon zařízení (kardanův hřídel, hřídel pro pohon pomocných strojů)	25.000,- Kč
umístění ovládacích členů, uložení motoru a změna dalšího zařízení	20.000,- Kč
schvalovací řízení	5.000,- Kč
mzdy zaměstnanců	100.000,- Kč
celkem (s naftovým motorem)	850.000,- Kč

Do ceny plynové verze musíme započítat cenu a montáž plynových nádrží a připojení k motoru:

zástavba plynových nádrží ve variantě 3 podle kap.3.2.4

cena nádrží + příslušenství	180.000,- Kč
cena dílů pro upevnění nádrží	20.000,- Kč
mzdy zaměstnanců	30.000,- Kč
celkem (s plynovým motorem)	1080.000,- Kč

5.2 Náklady na údržbu

Náklady na údržbu se budou pohybovat u naftové verze pod úrovni původního provedení, ale zvýšené o údržbu elektronického zařízení motoru, hydromechanické převodovky a ovládacích členů. U nového provedení můžeme počítat s menší četností funkčních poruch součástí a proto i s menšími náklady na náhradní díly a dopravu odstaveného motorového vozu do servisní stanice (ale také s poněkud vyšší cenou náhradních dílů). Budeme-li počítat se

snížením množství závad, sníží se také náklady na jejich odstraňování a toto by se mělo projevit v ušetření na mzdových nákladech v servisních střediscích. Celková úspora na nákladech na údržbu by se mohla pohybovat kolem 10 až 15 % cen spotřebovaných náhradních dílů ročně a to u obou variant.

U plynové varianty dojde k zvýšení nákladů na pravidelné kontroly funkcí plynových zařízení, plynových nádrží dle kap. 3.2.2 a kontroly plnící stanice. Nové budou náklady na provoz a školení zaměstnanců plnících stanic.

5.3. Náklady na provoz změněné pohonné jednotky

Provozní náklady se sníží pouze u plateb za palivo, mzdové náklady zůstanou na stejné úrovni. Mělo by se snížit množství spotřebovaného motorového i převodového oleje atd.. Hlavní však bude úspora v ceně i objemu spotřebovaného paliva. Ta se bude odhadem pohybovat kolem 10 % dnešního stavu u naftové verze.

Úspora na ceně paliva bude výraznější u plynové varianty. Budeme-li vycházet z dnešní spotřeby s předpokladem, že množství spotřebovaného plynu bude odpovídat spotřebě nafty u dnešního provedení, při úspoře 5,50 Kč s DPH na jednom litru bude roční úspora za náklady na palivo pro např. celoročně provozovanou soupravu (motorový vůz a jedno přípojné vozidlo) přibližně 250.000,- Kč ročně. Budeme-li vycházet z předpokladu, že rozdíl mezi cenou přestavby na plynná paliva a naftovým pohonem je 230 tis. Kč, bez připočtení ceny plnících stanic, potom na přestavbu při stejném provozním režimu jako dnešní provoz M152 se náklady vrátí během necelého roku.

6. Závěr

Při návrhu nového agregátu jsem záměrně vybíral, pokud možno koncepčně osvědčené, nové a spolehlivé produkty z důvodů zajištění dlouhodobé funkce zařízení.

Volba motoru po provedeném srovnání je zřejmé, že rozdíly v technický parametrech vybraných naftových motorů jsou minimální a všechny jsou schopny nahradit stávající nepřeplňovaný motor LIAZ. Do posouzení výběru motoru byla proto zahrnuta další kritéria, jako je dostupnost a rychlost odstranění závady, možnosti školení pracovníků provádějící servisní úkony, cena náhradních

dílů a cena motoru a příslušenství, rozsah zástavby ovládacích prvků a příslušenství motoru do rámu vozu.

Zvolený motor RENAULT nahrazuje v KAROSE Vysoké Mýto původní naftový motor LIAZ M636 a splňuje požadavky zadavatele diplomové práce na ekologičnost, ekonomičnost provozu, ale má také zajištěný servis (v České republice již běžně jezdí několik desítek autobusů MHD s tímto motorem) a příznivou cenu. Toto je samozřejmě pouze jedna z variant, v konečné fázi může být upřednostněna i jiná varianta, ale zvolený motor RENAULT splňuje všechny požadavky na vyhovující řešení.

Volba hydromechanické převodovky padla na převodovku VOITH, ale u hydromechanických převodovek je možnost nahrazení jiným typem ještě jednoduší, budeme-li se držet zvolených kritérií v kapitole 3.4. Výhodou převodovky VOITH jsou podobné rozměry jako stávající 2M 70(resp. 2M 90), naopak výhodou hydromechanické převodovky Allison potom je, že jedna z převodovek této typové řady je použita na motorovém voze ř. 842 a je proto dostatek zkušeností s její údržbou, provozem a školený personál pro zajištění servisních úkonů.

Konstrukční provedení se vztahuje pouze k montáži agregátu pohonné jednotky. Vzhledem k malému množství podkladů bude nutné provést řadu dalších kontrol až po příp. stavbě prototypu: např. vodního chlazení motoru, olejového chlazení převodovky (zvláště v letních měsících). Montáže nových ovládacích členů i ověření nových funkcí, zvláště u hydromechanické převodovky (např. retardér) vyvolávají řadu otázek, které bude nutné posoudit s ohledem na provozní požadavky na drážní vozidlo.

Plynová verze je zde popsána pouze teoreticky a schematicky, protože zatím není stanovena legislativa, která by provoz takovéhoto typu pohonu na drážních vozidlech řešila. Zákon sice na takovouto variantu pamatuje, ale kapitoly, které by měly blížeji vymezovat pravidla homologace a provozu plynových drážních motorových vozů jsou zde pouze otitulkovány. Je proto nutné před přípravou plynové verze vozu vytvoření legislativy řešící tento druh pohonu.

Je jistě na vedení ČD, zda se zamyslí nad možností plynného paliva, zvláště ve chvíli, kdy technický stav pohonu motorového vozu si vyžaduje rekonstrukci a proto náklady při úvaze plynové

verze jsou jen o 25% vyšší. Rychlá návratnost vložené investice spolu s výrazným omezením výfukových emisí by mohla být ukázkou nejen efektivního přístupu k finačnímu řešení problémů ČD, ale i ukázkou šetrného přístupu k životnímu prostředí. Zvláště ve chvíli, kdy bude probíhat snaha o utlumení individuální osobní dopravy na úkor hromadných dopravních prostředků.

7. Použitá literatura:

Sedláček L. a kol., Naftový vůz řady M 152.0, Nakladatelství dopravy a spojů, Praha 1977

Beroun S. a kol., Pístový spalovací motor v různých aplikacích a životní prostředí, Liberec 1993

A.Svoboda a kol., Plynárenská příručka - 150 let plynárenství v Čechách a na Moravě, GAS s.r.o., Praha 1997

Motor sympo ´95, spaľovacie motory pre 21.storočie, Vysoká škola dopravy a spojov, Žilina 1995

Beroun S., Technický popis a návod k obsluze autobusu KAROSA B 931 ..., Krušnohorské strojírny a.s., Komořany 1997

Skořepa F. a kol., Přehled předpisů omezující obsah škodlivin ve výfukových plynech..., Výzkumný ústav naftových motorů, Praha 1990

Vávra P. a kol.,Strojnické tabulky,SNTL, Praha 1984

Norma UIC 623 - 1,2,3

Výkresová dokumentace motoru RENAULT

Technická dokumentace na převodovky VOITH

Reklamní materiály firem Scania, Perkins, John Deere, MercedesBenz, Allison, Praga, ZF

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	MOTOR RENAULT I.V.	5010359450			1	
2	PŘEVODOVKA VOITH 853.3	KSD-362-1.12			1	
3	PŘEVODOVKA NKR 16				1	
4	RÁM VOZU Vagónka Studénka	458.9.104.10.89.0			1	
5	MEZICHLADIČ KAROSA Vysoké Mýto	44207600185			1	
6	KLOUBOVÝ HŘÍDEL				1	
7	PŘEDNÍ ZÁVĚS	KSD-362-1.2			1	
8	BOČNÍ ZÁVĚS	KSD-362-1.1			2	
9	NOSNÍK UE 80-1111.5	ČSN 425571	11523.1		1	
10	NOSNÍK TR ≠80x50x1376	ČSN 426936	11373.1		1	
11	VZPĚRA TR ≠60x20x90	ČSN 426936	11373.1		2	
12	DRŽÁK 263x220x60				1	
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC.	VODVÁRKA	NORM.R.	
PREZK.			
TECHN.		SCHVALIL	

POZN.

Č.VÝKR. KSD-362-1.00

TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.00

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	OCHYT BOČNÍ 200x205x75	KSD-362-1.11			1	
2	DRŽÁK BOČNÍ 176x128x88	KSD-362-1.12			1	
3	DRŽÁK Vagónka Studénka	458.9.104.10.89.0			1	
4	ŠROUB M 12x36	ČSN 021101			4	
5	ŠROUB M 16x45	ČSN 021101			4	
6	MATICE M 12	ČSN 021401			8	
7	PODLOŽKA 13	ČSN 021702			8	
8	PODLOŽKA 17	ČSN 021702			4	
9	PODLOŽKA Gumokov Hradec Králové	14.01/8			2	
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC. VODVÁRKA	NORM.R.	POZN.	Č.VÝKR. KSD-362-1.1
PREZK.			
TECHN.	SCHVALIL		TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.1

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	PŘÍRUBA ≠8x165x210	ČSN 425524	11373.1		1	
2	DESKA ≠8x112x70	ČSN 425524	11373.1		2	
3	VZPĚRA ≠8x55x70	ČSN 425524	11373.1		2	
4	ELEKTRODA E44.83 ø3-300	ČSN 055027				
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC.	VODVÁRKA	NORM.R.	
PREZK.			
TECHN.		SCHVALIL	

POZN.

Č.VÝKR. KSD-362-1.11

TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.11

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	PŘÍRUBA ≠8x125x132	ČSN 425524	11523.1		1	
2	DESKA ≠8x95x84	ČSN 425524	11373.1		2	
3	VZPĚRA ≠20x55x84	ČSN 425524	11373.1		1	
4	ELEKTRODA E44.83 ø3-300	ČSN 055027				
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC.	VODVÁRKA	NORM.R.	
PREZK.			
TECHN.		SCHVALIL	

POZN.

Č.VÝKR. KSD-362-1.12

TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.12

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	PŘÍČNIK 627x165x110	KSD-362-1.21			1	
2	UCHYT PŘEDNÍ 190x216x88	KSD-362-1.22			1	
3	UCHYT PŘEDNÍ 216x216x88	KSD-362-1.24			1	
4	DRŽAK PŘEDNÍ 190x130x73	KSD-362-1.23			2	
5	NOSNÍK UE 80-1111,5	ČSN 425571	11523.1		2	
6	PODLOŽKA	14.01/8			2	
7	ŠROUB M 12x18	ČSN 021101			8	
8	MATICE M 12	ČSN 021401			12	
9	PODLOŽKA 13	ČSN 021702			20	
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC.	VODVÁRKA	NORM.R.	
PŘEZK.			
TECHN.		SCHVALIL	

POZN.

Č.VÝKR. KSD-362-1.2

TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.2

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	PŘÍČNÍK ≠35x630x115	ČSN 425524	11373.1		1	
2	PŘÍRUBA ≠10x120x135	ČSN 425524	11373.1		1	
3	PŘÍRUBA ≠10x170x65	ČSN 425524	11373.1		1	
4	VZPĚRA ≠10x135x48	ČSN 425524	11373.1		1	
5	VZPĚRA ≠10x63x48	ČSN 425524	11373.1		1	
6	VZPĚRA ≠10x65x48	ČSN 425524	11373.1		2	
7	ELEKTRODA E44.83 ø3-300	ČSN 055027				
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC.	VODVÁRKA	NORM.R.	
PREZK.			
TECHN.		SCHVALIL	

POZN.

Č.VÝKR. KSD-362-1.21

TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.21

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN. kg
1	PŘÍRUBA ≠8x195x220	ČSN 425524	11523.1		1	
2	VZPĚRA ≠10x140x84	ČSN 425524	11373.1		2	
3	ELEKTRODA E44.83 ø3-300	ČSN 055027				
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC.	VODVÁRKA	NORM.R.	
PREZK.			
TECHN.		SCHVALIL	

POZN.

Č.VÝKR. KSD-362-1.22

TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.22

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN kg
1	PŘÍRUBA ≠8x135x195	ČSN 425524	11523.1		1	
2	DESKA ≠8x68x115	ČSN 425524	11373.1		1	
3	VZPĚRA ≠5x28x68	ČSN 425524	11373.1		2	
4	VZPĚRA ≠10x65x68	ČSN 425524	11373.1		2	
5	ELEKTRODA E44.83 ø3-300	ČSN 055027				
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC. VODVÁRKA	NORM.R.	POZN.	Č.VÝKR. KSD-362-1.23
PREZK.			
TECHN.	SCHVALIL		TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.23

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOTN kg
1	PŘÍRUBA ≠8x218x218	ČSN 425524	11523.1		1	
2	VZPĚRA ≠8x82x140	ČSN 425524	11373.1		2	
3	ELEKTRODA E44.83 ø3-300	ČSN 055027				
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC. VODVÁRKA	NORM.R.	POZN.	Č.VÝKR. KSD-362-1.24
PREZK.			
TECHN.	SCHVALIL		TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.24

Listu List

POZ.	NÁZEV-ROZMĚR	VÝKRES-NORMA	MATERIÁL	J.	MN.	HMOT kg
1	MEZICHLADIČ KAROSA Vysoké Mýto	44207600185			1	
2	DRŽÁK				1	
3	DRŽÁK				1	
4	DRŽÁK 263x220x60				1	
5	DRŽÁK KAROSA Vysoké Mýto	44207217017			1	
6	ŘEMENICE KAROSA Vysoké Mýto	44201111080			1	
7	TYČ VODÍCÍ KAROSA Vysoké Mýto	44207118096			1	
8	PRUŽNÉ LŮŽKO CHLADIČE	44205444008			3	
9	TRUBKA ROZPĚRNÁ KAROSA Vysoké Mýto	44205077074			3	
10	DRŽÁK				1	
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						

IND.	ZMĚNA	DAT.	PODPIS
		20.5.1999	

TU LIBEREC

VYPRAC. VODVÁRKA	NORM.R.	POZN.	Č.VÝKR. KSD-362-1.3
PREZK.			
TECHN.	SCHVALIL		TŘÍD.Č.

NAZEV TYP:

KUSOVNÍK

KSD-362-1.3

Listu List