

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T001 Dopravní a manipulační technika

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Technicko-ekonomické hodnocení lokomotiv s ohledem na konstrukční
vlastnosti

Autor: **Bc. Michal PANOCHA**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Petr HELLER, CSc.**

Akademický rok 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal PANOCHA**
Osobní číslo: **S12N0032K**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Technicko-ekonomické hodnocení lokomotiv s ohledem na konstrukční vlastnosti**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Proveďte technické hodnocení nových lokomotiv pro těžkou nákladní přepravu na trhu jejichž základní parametry musí odpovídat potřebám společnosti Unipetrol Doprava s.r.o.. Proveďte porovnání ekonomické výhodnosti jednotlivých variant, pro toto porovnání definujte relaci provozu. Toto hodnocení bude podkladem pro strategický rozvoj traťové dopravy společnosti Unipetrol Doprava, s.r.o.. Výsledkem hodnocení bude množství a typy hnacích kolejových vozidel potřebné pro dosažení stanovených cílů pro roky 2016 2020. Proveďte hrubý konstrukční návrh hnacího kolejového vozidla formou modulární koncepce, které bude splňovat požadavky zákazníka.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.


Osnova diplomové práce:

1. Rešerše, trh hnacích kolejových vozidel pro těžkou nákladní traťovou službu.
2. Rešerše, strategické cíle společnosti Unipetrol Doprava, s.r.o. v segmentu traťové dopravy.
3. Technické hodnocení variant metodou relativních odchylek.
4. Porovnání ekonomické výhodnosti variant.
5. Hrubý konstrukční návrh hnacího kolejového vozidla formou modulární koncepce, který bude splňovat požadavky zákazníka.

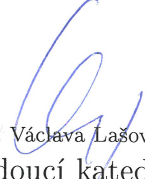
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-70 stran A4**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Petr Heller, CSc.**
Regionální technologický institut
Konzultant diplomové práce: **Ing. Ladislav Hlína, Ph.D.**
UNIPETROL DOPRAVA, s.r.o., Litvínov
Datum zadání diplomové práce: **22. září 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **22. května 2015**


Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 22. září 2014

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu Doc. Ing. Petru Hellerovi, Csc. za odborné vedení, ochotně poskytnuté rady a čas, který mi věnoval při vypracování diplomové práce. Také děkuji zástupcům společností SIEMENS, ŠKODA TRANSPORTATION, BOMBARDIER, PESA, VOSSLOH, NEWAG a CZLOKO za poskytnutí odborných informací. Dále děkuji zakladateli projektu RAILCOLOR Simonu Wijnakker za poskytnutí obrázků lokomotiv.

Motto

„Non schoale sed vitae discimus. - Neučíme se pro školu, ale pro život.“

[Volná citace podle Seneca, 4 př. n. l. – 65 n. l.].

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Panocha	Jméno Michal	
STUDIJNÍ OBOR	N2301 „Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Heller, CSc.	Jméno Petr	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Technicko-ekonomické hodnocení lokomotiv s ohledem na konstrukční vlastnosti		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2015
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	107	TEXTOVÁ ČÁST	88	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	-----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Cílem práce je porovnat nákladní lokomotivy na trhu a vybrat nejvhodnější z nich pro potřeby společnosti Unipetrol Doprava. Diplomová práce obsahuje technické zhodnocení nákladních lokomotiv včetně ekonomického porovnání variant pořízení. Dále práce obsahuje hrubý konstrukční návrh lokomotivy, která odpovídá nejlépe požadavkům na vozidlo.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Trh nákladních lokomotiv, více systémové lokomotivy, parametry lokomotiv, technické hodnocení, porovnání ekonomické výhodnosti variant, hrubá stavební struktura, layout, kinematické zúžení.</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Panocha	Name Michal	
FIELD OF STUDY	N2301 "Transport and handling machinery"		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Heller, CSc.	Name Petr	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Techno-economic evaluation of locomotives considering to the properties of the design		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2015
----------------	---------------------------	-------------------	-------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	106	TEXT PART	88	GRAPHICAL PART	0
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	<p>The objective of this thesis is to compare freight locomotives available on the current market and to choose the most suitable one for the needs of the Unipetrol Doprava company. The thesis contains technical evaluation of the freight locomotives including the economic comparison of the acquisition costs and also a rough engineering design sketch of a locomotive that would best suit the particular vehicle.</p>
KEY WORDS	<p>Freight locomotives market, multi-system locomotives, parameters of locomotives, technical evaluation, economic advantages of alternatives evaluation, rough draft design, layout, kinematic narrowing.</p>

Obsah

ÚVOD	4
1 PROBLEMATIKA NÁKLADNÍCH LOKOMOTIV PRO EVROPSKÝ TRH	5
1.1 VLIV ŽELEZNIČNÍ INFRASTRUKTURY.....	5
1.1.1 Trakční proudové soustavy.....	5
1.1.2 Vlakové zabezpečovací a rádiové systémy.....	6
1.1.3 Rozchod koleje.....	6
1.2 VÝROBCI LOKOMOTIV.....	6
1.2.1 CZ LOKO.....	6
1.2.2 ŠKODA TRANSPORTATION.....	7
1.2.3 BOMBARDIER.....	7
1.2.4 ALSTOM.....	7
1.2.5 SIEMENS.....	8
1.2.6 PESA.....	8
1.2.7 VOSSLOH.....	8
1.2.8 NEWAG.....	9
1.2.9 GENERAL ELECTRIC.....	9
1.2.10 VOITH.....	9
1.3 KRITÉRIA UNIPETROL DOPRAVA.....	10
1.3.1 Kritérium č. 1 – Napěťová soustava.....	10
1.3.2 Kritérium č. 2 – Traťová třída.....	10
1.3.3 Kritérium č. 3 – Vlakové zabezpečovací zařízení, komunikační zařízení.....	11
1.3.4 Kritérium č. 4 – Instalovaný výkon lokomotivy.....	12
1.3.5 Kritérium č. 5 – Tažná síla.....	12
1.3.6 Kritérium č. 6 – Konstrukční rychlost.....	15
1.3.7 Kritérium č. 7 – Uspořádání pojezdu.....	16
1.3.8 Kritérium č. 8 – Homologace.....	17
1.4 NÁKLADNÍ LOKOMOTIVY PODLE KRITÉRIÍ UNIPETROL DOPRAVA.....	18
1.4.1 Elektrické lokomotivy.....	18
1.4.2 Diesellové lokomotivy.....	35
2 UNIPETROL DOPRAVA	54
2.1 TRAŤOVÁ DOPRAVA.....	55
2.1.1 Mapa přeprav.....	55
2.1.2 Vozidlový park.....	56
2.1.3 Rozbor výkonnosti traťové dopravy společnosti Unipetrol Doprava.....	61
2.2 CÍLE SPOLEČNOSTI UNIPETROL DOPRAVA V OBLASTI TRAŤOVÉ DOPRAVY.....	63
2.2.1 Plán přeprav a jeho naplnění.....	64
2.2.2 Plán obnovy vozidlového parku.....	64
3 TECHNICKÉ HODNOCENÍ VARIANT METODOU RELATIVNÍCH ODCHYLEK	65
3.1 HODNOCENÉ PARAMETRY.....	65
3.1.1 Uspořádání dvojkolí.....	65
3.1.2 Hmotnost lokomotivy.....	65
3.1.3 Hmotnost na nápravu.....	65
3.1.4 Napájecí soustava.....	65
3.1.5 Rekuperace energie.....	66
3.1.6 Spalovací motor.....	66
3.1.7 Výkon lokomotivy.....	66
3.1.8 Maximální rychlost.....	66
3.1.9 Rozjezdová tažná síla.....	66
3.1.10 Trvalá tažná síla.....	66
3.1.11 Průměr kol.....	67
3.1.12 ERTMS/ETCS.....	67
3.1.13 Objem palivové nádrže.....	67

3.1.14	Vlakový zabezpečovač MIREL.....	67
3.1.15	Schválený typ vysílačky.....	67
3.1.16	Schválení pro provoz v zemích.....	67
3.1.17	Délka přes nárazníky.....	67
3.2	PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ.....	68
3.2.1	Uživatelské rozhraní.....	68
3.2.2	Funkcionality programu.....	69
4	POROVNÁNÍ EKONOMICKÉ VÝHODNOSTI VARIANT	70
4.1	FINANČNÍ LEASING	70
4.2	OPERATIVNÍ LEASING	71
4.3	NÁKUP - INVESTICE	71
4.4	STANOVENÍ PÁSEM EKONOMICKÉ VÝHODNOSTI A VÝPOČET NÁKLADOVÉHO BODU ZVRATU .	71
4.4.1	Teoretická část výpočtu	71
4.4.2	Stanovení pásem ekonomické výhodnosti	72
4.4.3	Výpočet bodu zvratu	73
5	STUDIE NÁKLADNÍ LOKOMOTIVY	74
5.1	SPECIFIKACE POŽADAVKŮ.....	74
5.2	KONCEPČNÍ NÁVRH	74
5.2.1	Navržení provozního transformačního procesu.....	75
5.2.2	Návrh orgánové struktury.....	76
5.2.3	Návrh hrubé stavební struktury	76
6	ZÁVĚR.....	81
7	POUŽITÁ LITERATURA.....	82
8	SEZNAM PŘÍLOH.....	85
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	86
10	SEZNAM TABULEK.....	88

Seznam zkratk, ustálených spojení, jednotek a veličin

AC	<i>alternating current, střídavý proud</i>
ADD	<i>Active rotational damper, aktivní tlumič vrtivých pohybů</i>
D-A-PL-CZ-SK	<i>Deutschland-Austria-Poland-Czech-Slovakia, Německo-Rakousko-Polsko-Česká republika-Slovensko</i>
DB	<i>Deutsche Bahn, Německé dráhy</i>
DC	<i>direct current, stejnosměrný proud</i>
EBC	<i>Eisenbahn-CERT, certifikační a inspekční orgán pro železničními systémy a komponenty v Německu</i>
ERA	<i>European Railway Agency, Evropská železniční agentura</i>
ERTMS	<i>European Rail Traffic Management System, evropský systém řízení železniční dopravy</i>
ETCS	<i>European Train Control System, evropský vlakový zabezpečovací systém</i>
EUDDplus	<i>European Unified Driver Desk, Unifikovaná evropská kabina strojvedoucího</i>
GSM-R	<i>Global System for Mobile Communication for Railway, globální systém pro mobilní komunikace (GSM) pro železniční aplikace</i>
HV	<i>Hnací vozidlo</i>
MS	<i>Multisystem, vícesystémová</i>
SŽDC	<i>Správa železniční dopravní cesty</i>
TSI	<i>Technical specifications for interoperability, Technické specifikace pro interoperabilitu</i>
TRS	<i>Traťový rádiový systém</i>
TV	<i>Tažené vozidlo</i>
VÚKV	<i>Výzkumný ústav kolejových vozidel</i>
VZ	<i>vlakový zabezpečovač</i>
ZSSK	<i>Železničná spoločnosť Slovensko, největší slovenský provozovatelem osobní železniční dopravy</i>
Anti-graffiti	<i>označení nátěrů odolných graffiti, které lze jednoduše odstranit</i>
Flexicoil	<i>Šroubovitě válcové vinuté pružiny, které kromě svislého vypružení zajišťují také vypružení ve směrech kolmých k ose souměrnosti</i>
Fullservis	<i>Plný servis – placený pronájem obsahuje balíček všech služeb souvisejících s provozem vozidla</i>
Last mile	<i>Pomocný spalovací motor u elektrických lokomotiv jako doplňkový pohon pro technologické jízdy mimo elektrizované úseky</i>
Stage IIIB	<i>Úroveň evropských emisních limitů pro motory používané v nových nesilničních dopravních strojích</i>
Ft a	<i>tažná síla při zrychlení</i>
hrtkm	<i>hrubý tunokilometr</i>
Hz	<i>Hertz, jednotka frekvence</i>
kV	<i>kilo Volt, jednotka elektrického napětí</i>
mth	<i>motohodina</i>
s	<i>stoupání</i>
vlkm	<i>vlakový kilometr</i>
Y _{qst}	<i>kvazistatická příčná síla</i>

Úvod

Práce se zabývá porovnáním technicko-provozních parametrů u dostupných nákladních lokomotiv na evropském trhu. Součástí tohoto rozboru je ekonomické zhodnocení možných způsobů pořízení vozidel. Na základě těchto výsledků lze vybrat nejvhodnější lokomotivu vyhovující potřebám společnosti Unipetrol Doprava. Součástí práce je zároveň hrubý konstrukční návrh lokomotivy odpovídající požadavkům společnosti Unipetrol Doprava.

V úvodní části práce je provedena rešerše podmínek a požadavků pro provoz lokomotiv v Evropě. Jejím obsahem je rozbor rozhodujících parametrů evropské železniční sítě a přehled výrobců lokomotiv pro evropský trh. Dále je prezentován soupis požadavků, které na lokomotivu klade společnost Unipetrol Doprava. Zohledňuje jak technické parametry vozidel, tak podmínky pro jejich provoz. V závěrečném shrnutí jsou uvedeny konkrétní lokomotivy, splňující v nejvyšší míře zadané vstupní podmínky (parametry železniční sítě, analýza trhu, požadavky společnosti Unipetrol Doprava).

V další kapitole jsou popsána specifika traťové nákladní dopravy společnosti Unipetrol Doprava. Jsou zde uvedeny současné výkony společnosti v železniční nákladní dopravě, přehled vlastního vozidlového parku a hrubé nastínění strategických cílů společnosti v oblasti nákladní dopravy. Tato problematika je nedílnou součástí výběru a hrubého konstrukčního návrhu nákladní lokomotivy s ohledem na požadavky zákazníka, jímž je společnost Unipetrol Doprava.

Ve třetí kapitole je provedeno porovnání technicko-provozních parametrů vybraného portfolia lokomotiv metodou relativních odchylek s ohledem na požadavky společnosti Unipetrol Doprava. Vyhodnocení je vypracováno přehlednou a názornou formou pomocí modifikovaném softwaru.

Čtvrtá kapitola prezentuje varianty pořízení lokomotivy a jejich porovnání metodou stanovení pásem ekonomické výhodnosti. Součástí analýzy je i výpočet nákladového bodu zvratu.

Následuje studie vlastní lokomotivy podle výše analyzovaných kritérií. Vypracovaný hrubý konstrukční návrh vozidla využívá teoretických a metodických poznatků Engineering Design Science vyučovaných na Západočeské univerzitě v Plzni prof. Ing. Stanislavem Hosnedlem, CSc.

1 Problematika nákladních lokomotiv pro evropský trh

Kritéria pro volbu existujících nebo konstruování nových lokomotiv pro nákladní dopravu na evropské železniční síti jsou limitována několika podmínkami:

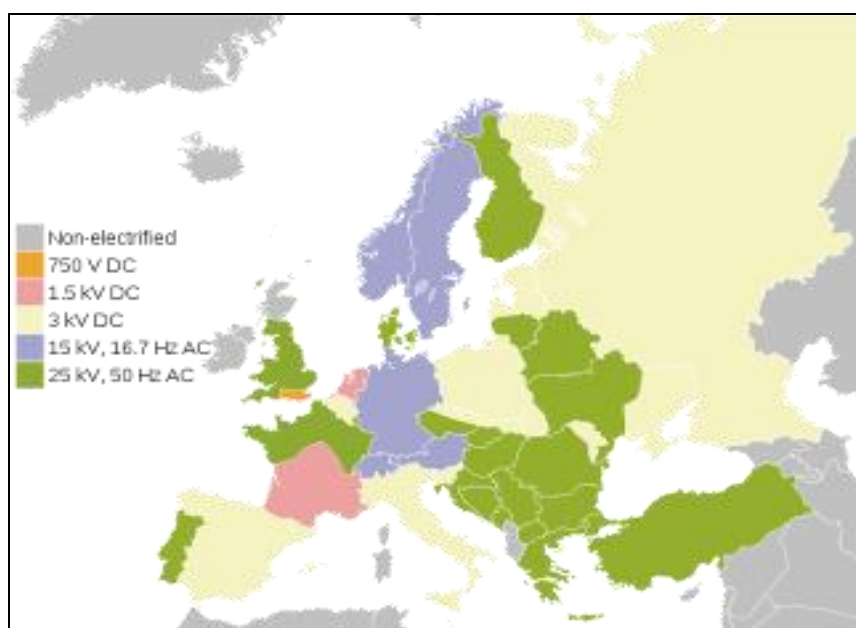
- parametry železniční infrastruktury,
- celoevropskými i národními předpisy a vyhláškami,
- portfoliem výrobců lokomotiv,
- požadavky zákazníka.

1.1 Vliv železniční infrastruktury

Železniční infrastruktura prošla v minulosti rozsáhlým vývojem, který se ustálil na určité úrovni. Zčásti je tento stav neměnným historickým dědictvím. Následkem politických změn v Evropě došlo navíc k rozdílnému vývoji a vzniku dílčích vzájemných odlišností. V Evropské unii je snaha tyto rozdíly smazat a vytvořit jednotné podmínky pro problematiku železniční infrastruktury.

1.1.1 Trakční proudové soustavy

Železnice v Evropě má pět druhů trakčních proudových soustav (viz Obrázek 1). Tento faktor negativně ovlivňuje konstrukci elektrických lokomotiv. Je určitým technickým problémem vyrobit takovou lokomotivu, která by uměla pracovat na více nebo všech typech proudových soustav. Trendem výrobců elektrických lokomotiv je konstruovat lokomotivy jako modulární stavebnice, které nabízejí různé varianty zástavby vybavení pro dané potřeby. Pokud by měla lokomotiva například jezdit v Německu, Polsku a v České republice, musí umět pracovat na třech napěťových systémech: 15 kV / 16 2/3 Hz AC, 25 kV / 50 Hz AC a 3 kV DC.



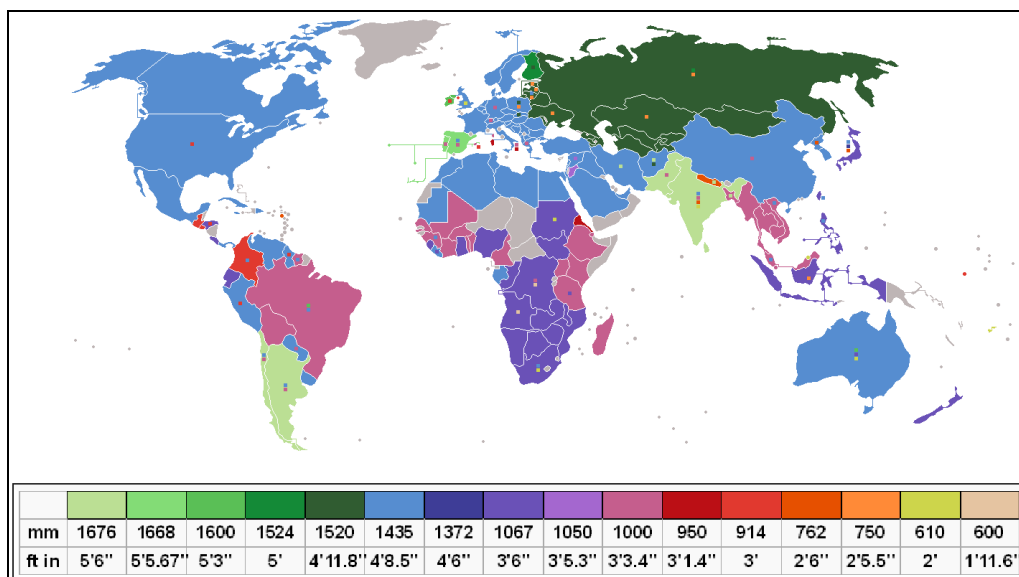
Obrázek 1 - Trakční proudové soustavy Evropy [14]

1.1.2 Vlakové zabezpečovací a rádiové systémy

Napříč Evropou je využíváno 23 typů národních vlakových zabezpečovacích zařízení (VZ) a několik analogových traťových rádiových systému (TRS), což představuje velkou překážku volného pohybu hnacích kolejových vozidel (resp. lokomotiv) po Evropě. Toto je hlavní důvod k zavedení jednotného evropského systému řízení železniční dopravy ERTMS (European Rail Traffic Management System). Cílem zavedení ERTMS je vytvoření jednotného evropského vlakového zabezpečovacího zařízení ETCS (European Train Control System) a globálního systému pro mobilní komunikace pro železniční aplikace GSM-R (Global System for Mobile Communication for Railway).

1.1.3 Rozchod koleje

Převážná část železniční sítě Evropské unie je normálně rozchodná (1435 mm), menší část je tvořena kolejemi širokého rozchodu (různé hodnoty, viz Obrázek 2). Řešená problematika této diplomové práce nepředpokládá nutnost přechodnosti lokomotivy do zemí se širokým rozchodem koleje. Z toho důvodu je tento faktor zanedbatelný.



Obrázek 2 - Rozchod kolejí ve světě [15]

1.2 Výrobci lokomotiv

V Evropě působí několik výrobců lokomotiv, v jejichž výrobním portfoliu jsou lokomotivy pro nákladní dopravu v Evropě.

1.2.1 CZ LOKO

Česká společnost CZ LOKO zaměstnává přes sedm set zaměstnanců a má zázemí v osmi městech, z toho sedm v České republice a jedno v Polsku. Disponuje dvěma výrobními závody v České Třebové a v Jihlavě a dalšími pobočkami (konstrukční kanceláře, servisní střediska, technologická pracoviště atd.) v Nymburku, Letohradu, Lovosicích, Mostě a v polských Gliwicích. Společnost CZ LOKO patří k významným podnikům střeoevropského železničního strojírenství dodávající lokomotivy do České republiky, na Slovensko, do Polska, Maďarska, zemí bývalé Jugoslávie, Itálie, Turecka a mnoha zemí bývalého SSSR.

Výrobě a opravám kolejovým vozidel, zejména lokomotiv, ale i speciálních vozidel, se věnuje více než 160 let. Mezi další činnosti společnosti patří modernizace a opravy hnacích a speciálních vozidel, pronájem lokomotiv, školení obsluhy a údržby a poskytování servisních služeb. V oblasti hnacích kolejových vozidel se CZ LOKO specializuje na diesel-elektrické lokomotivy normálního a širokého rozchodu. [16]



Obrázek 3 - Logo CZ LOKO [16]

1.2.2 ŠKODA TRANSPORTATION

Česká společnost Škoda Transportation zaměstnává více než čtyři tisíce lidí a patří k předním evropským výrobcům drážních vozidel. Je součástí holdingu Škoda, do kterého dále patří dceřiné společnosti Škoda Electric Plzeň, Škoda Vagonka Ostrava, Škoda City Service Plzeň, Škoda TVC Plzeň, Pars nova Šumperk, VÚKV Praha, POLL Praha, LOKEL Ostrava-Hrabůvka, Škoda Transportation Deutschland München, Ganz – Skoda Electric Budapešť, TRADING RS Warszawa, Sibelektroprivod Novosibirsk. Ve výrobním portfoliu holdingu Škoda patří hnací kolejová vozidla pro městskou dopravu (metra, tramvaje), hnací kolejová vozidla pro příměstskou dopravu (jednopodlažní a dvoupodlažní elektrické jednotky), trolejbusy a elektrické lokomotivy. [17]



Obrázek 4 - Logo Škoda Transportation [17]

1.2.3 BOMBARDIER

Společnost Bombardier působí ve třiceti devíti zemích světa a zaměstnává více než sedmdesát šest tisíc zaměstnanců. Skládá se ze dvou hlavních divizí: Transportation, zabývající se výrobou kolejových vozidel a jejich komponentů, včetně projektování dopravních systémů a divizí Aerospace, zaměřenou na leteckou techniku. Divize Transportation vyrábí a dodává lokomotivy, lehká kolejová vozidla, vozidla metra, příměstské a regionální vlaky, vysokorychlostní vlaky, součásti pohonů a podvozky. [18]



Obrázek 5 - Logo Bombardier [18]

1.2.4 ALSTOM

Společnost Alstom působí v cca stu zemí světa a zaměstnává kolem devadesáti šesti tisíc zaměstnanců. Působí ve dvou hlavních oblastech: energetika a doprava. V České a Slovenské republice je aktivní v obou těchto oblastech. Společnost Alstom postavila nejrychlejší vlak na světě „TGV“ (myšleno konvenční kolejové vozidlo) a automatické metro s největší kapacitou přepravovaných osob „Metropolis“. V České republice byla společnost Alstom úspěšným dodavatelem souprav Pendolino pro České dráhy. [19]



Obrázek 6 - Logo Alstom [19]

1.2.5 SIEMENS

Koncern Siemens působí téměř ve všech zemích světa, zaměstnává kolem tři sta šedesáti tisíc lidí a působí v oblastech Power and Gas - produkty a řešení z oblasti zpracování ropy a plynu, Power Generation Services – servis rotačních energetických zařízení, Building Technologies – produkty pro výstavbu budov, Digital Factory - plně integrované hardwarové, softwarové a technologicky orientované služby výrobních procesů, Healthcare – technologie pro lepší kvalitu zdravotní péče, Wind Power and Renewables – technologie obnovitelných energií, Energy Management – technologie pro přenos a distribuci elektrické energie, Mobility – technologie z oblasti dopravy, Process Industries and Drives – technologie ke zlepšení spolehlivosti, bezpečnosti a účinnosti produktů, procesů a výrobních jednotek, Financial Services – finanční služby. V České republice působí v Mohelnici, Brně, Trutnově, Drásově a ve Frenštátu pod Radhoštěm, především v oblasti výroby elektrických točivých strojů a dalších silnoproudých a slaboproudých zařízení. Z oblasti Mobility jsou portfolioem:

- a) **Vozidla pro hromadnou přepravu osob** – vysokorychlostní jednotky, regionální jednotky, železniční vozy, metro, plně automatické systémy metra bez strojvedoucího, speciální vozidla pro údržbu tratí a infrastruktury, tramvaje - standardní i nízkopodlažní a komponenty.
- b) **Lokomotivy a komponenty pro kolejová vozidla** – jedno- i vícesystémové elektrické lokomotivy a lokomotivy dieselelektrické trakce. Kromě novovýroby provádí i modernizace, dodává komponenty pohonu a řízení pro lokomotivy, vyvíjí a vyrábí prvky elektrické trakční a pomocné výzbroje kolejových vozidel, včetně podvozků.
- c) **Customer Services** – dodavatelská údržba vozidel a infrastruktury, výroba a řízená distribuce náhradních dílů, provozování sítí opravárenských středisek, zkušební testovací centrum, poradenství, projektový management. [20]



Obrázek 7 - Logo Siemens [20]

1.2.6 PESA

Polská společnost PESA zaměstnává více než tři tisíce zaměstnanců. Kromě mateřského závodu v Bydgoszci, který se zabývá novovýrobou elektrických a motorových lokomotiv, elektrických a motorových příměstských a regionálních jednotek a tramvají a dále modernizacemi a hlavními opravami hnacích vozidel, patří do skupiny PESA i několik dceřiných společností: ZNTK – opravy a modernizace kolejových vozidel, SKRAW-MECH – strojírenská výroba, REM-SUW – výroba tlakových nádob, rotačních součástí a zdvihacích zařízení pro kolejová vozidla, EKO-PARTNER – efektivní využití materiálů. [21]



Obrázek 8 - Logo Pesa [21]

1.2.7 VOSSLOH

Německá společnost Vossloh zaměstnává více než pět tisíc šest set zaměstnanců ve více než sto společnostech ve třiceti zemích světa.

Svou působnost zahrnuje do dvou hlavních divizí: železniční infrastruktura a doprava. Divize železniční infrastruktura zahrnuje společnosti Vossloh Fastening Systems, která vyrábí upevňovací systémy kolejnic, Vossloh Cogifer – spojovací kolejové systémy (výhybky, křížení), signalizační zařízení a Vossloh Rail Services - servis železniční infrastruktury. Divize doprava zahrnuje společnosti Vossloh Locomotives – zabývající se výrobou a modernizací dieselových lokomotiv, Vossloh España – výroba lokomotiv, tramvají, vozidel metra a podvozků, Vossloh Kiepe – výroba trakčních souprav, napájecích palubních jednotek, řídicích systémů pro vozidla a řadou elektronických a elektrických komponentů. [22]



Obrázek 9 - Logo Vossloh [22]

1.2.8 NEWAG

Newag je další významnou polskou skupinou zabývající se výrobou a modernizací kolejových vozidel. Mateřský závod má sídlo v Nowem Sączu, další pobočka se nachází v Gliwicích. V závodě Nowy Sącz se vyrábějí především elektrické a motorové jednotky a probíhají zde modernizace vozidel. Závod Gliwice je zaměřen na výrobu lokomotiv. [23]



Obrázek 10 - Logo Newag [23]

1.2.9 GENERAL ELECTRIC

Nadnárodní společnost General Electric (GE) se sídlem v USA působí ve sto třiceti zemích světa s více než tři sta patnácti tisíci zaměstnanci. Holding GE se skládá z pěti hlavních divizí, působících v různých oblastech výroby a služeb, přičemž jedna je dopravní: GE Transportation. Dopravní divize se zabývá výrobou dieselových motorů pro různé aplikace, technologiemi v oblasti hornictví, navrhování inteligentních dopravních řešení, výrobou železniční signalizace a samozřejmě i výrobou lokomotiv. [24]



Obrázek 11 - Logo General Electric [24]

1.2.10 VOITH

Společnost Voith je největší rodinnou firmou v Evropě její sídlo je v Německu. Působí ve více než padesáti zemích světa a zaměstnává více než čtyřicet tři tisíc lidí. Skupina Voith působí v pěti divizích: Energy – komponenty elektráren, Oil & Gas – technologie pro těžbu ropy a plynu, Paper – technologie pro celý proces výroby papíru, Raw materials – technologie pro těžbu a přepravu nerostných surovin. Transport & Automotive - technologie dopravních prostředků (kromě lodí, letadel, silničních vozidel, průmyslových strojů vyrábí i kolejová vozidla – divize Voith Turbo Lokomotiv Technik v německém Kielu). [25]



Obrázek 12 - Logo Voith [25]

1.3 Kritéria Unipetrol Doprava

Společnost Unipetrol Doprava vybírá lokomotivy do svého vozidlového parku podle vlastních praktických zkušeností, např. podle skutečných relací traťových přeprav, které svými silami zajišťuje (viz kapitola 2.1.1). S ohledem na požadavky společnosti byla stanovena kritéria k výběru nákladních lokomotiv. Na základě uvedených kritérií byly vybrány konkrétní typy nákladních lokomotiv pro traťovou službu z nabízeného portfolia jednotlivých výrobců.

1.3.1 Kritérium č. 1 – Napěťová soustava

Toto kritérium se vztahuje pouze na elektrické lokomotivy (tzv. závislé trakce). Jedná se o napájecí soustavu, pod kterou je lokomotiva schopna pracovat. Závislost elektrických lokomotiv na této části infrastruktury znamená určitou nevýhodu oproti motorovým lokomotivám. Na síti SŽDC existují dvě základní napěťové soustavy na celostátních tratích a tranzitních koridorech: 3 kV DC a 25 kV / 50 Hz AC. Společnost Unipetrol Doprava svými vozidly navíc zajíždí do německé pohraniční stanice Bad Schandau, proto musí potenciální elektrická lokomotiva být schopna jízdy pod tamní napěťovou soustavou 15 kV / 16 2/3 Hz AC. Ideální elektrickou lokomotivou by tudíž byla lokomotiva třísystémová či více systémová pro výše uvedené napěťové soustavy.

1.3.2 Kritérium č. 2 – Traťová třída

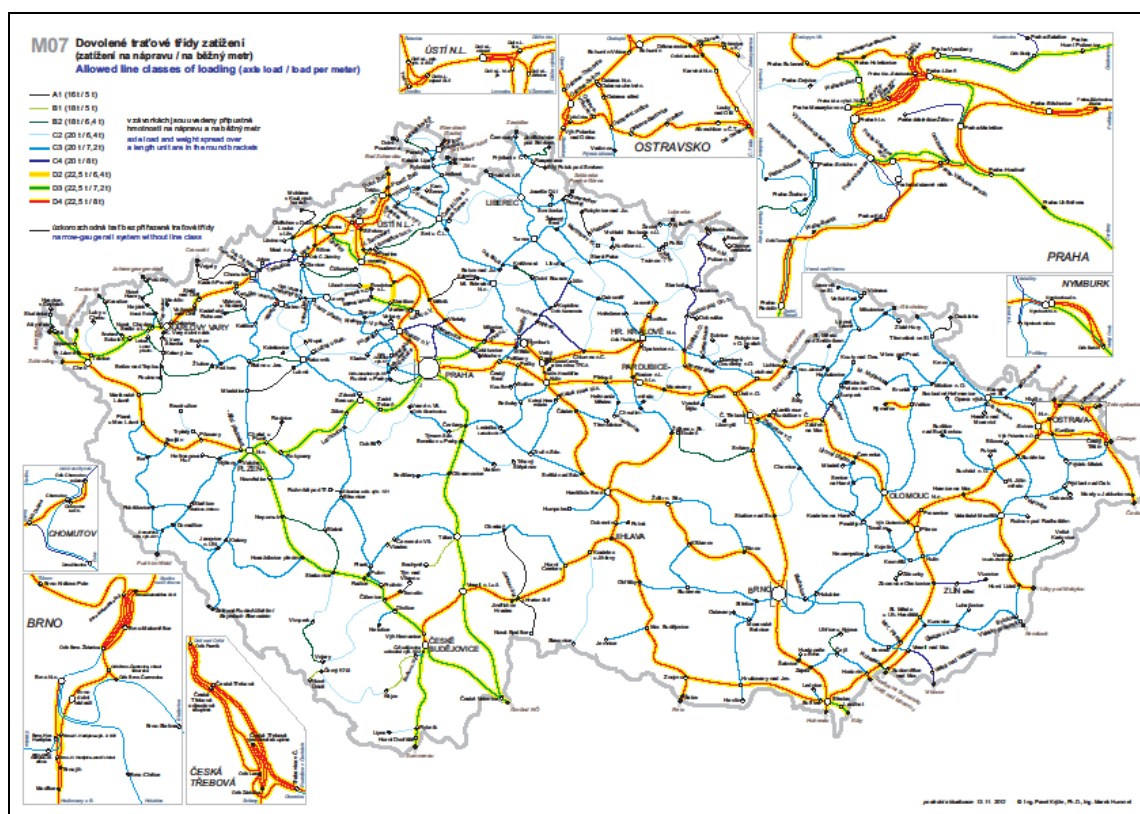
Dle ČSN EN 15528+A1 (73 6330) souvisí traťová třída se schopností železniční tratě bezpečně unést vozidlo dané hmotnosti na nápravu (na běžný metr délky vozidla). Hmotnost na nápravu je podílem hmotnosti vozidla (plně vyzbrojeného) a počtu náprav vozidla. Hmotnost na běžný metr je podíl hmotnosti vozidla (plně vyzbrojeného) a délky vozidla přes nárazníky. Příčné zatížení vozidlem na trať se stanovuje podle vyhlášky UIC 518:2009 a normy ČSN EN 14363, kde je popsána metodika vyhodnocení velikosti kvazistatické příčné síly Y_{qst} při jízdách zkoušek vozidel. S ohledem na traťové výkony společnosti Unipetrol Doprava na konkrétních úsecích sítě SŽDC je zapotřebí, aby lokomotivy splňovaly traťovou třídu svislého zatížení C2 a skupinu příčné přechodnosti vozidel 2 (viz Tabulka 1 a Tabulka 2). Konkrétní typ výpočtu skupiny příčné přechodnosti vozidla se provádí dle metodického pokynu SŽDC. Stanovení tohoto parametru je v kompetenci SŽDC a Drážního úřadu. [1]

Tabulka 1 - Traťové třídy svislého zatížení [1]

Traťová třída	Max. hmotnost na nápravu (t)	Max. hmotnost na běžný metr vozidla (t/m)
A	16	5
B1	18	5
B2	18	6,4
C2	20	6,4
C3	20	7,2
C4	20	8
D2	22,5	6,4
D3	22,5	7,2
D4	22,5	8
E4	25	8
E5	25	8,8

Tabulka 2 - Metodika stanovení příčné přechodnosti [1]

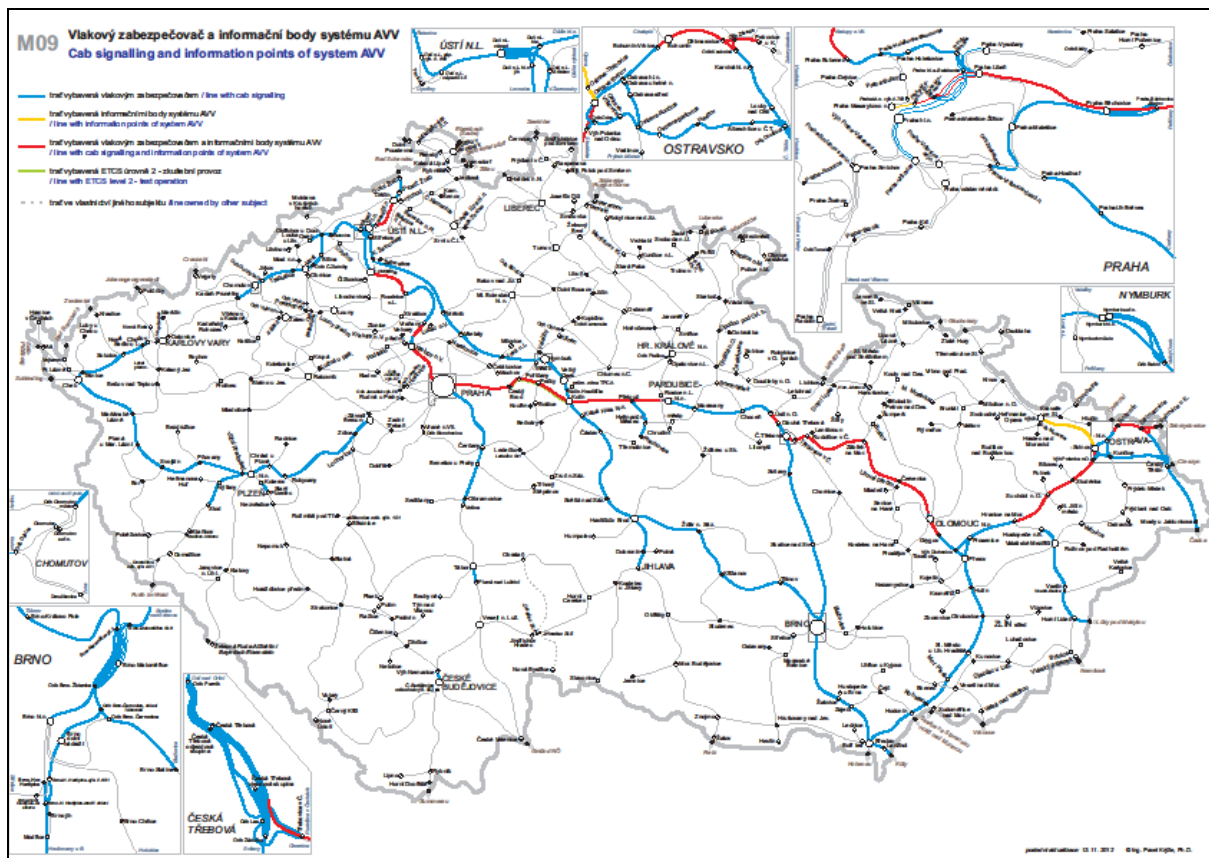
Skupina příčné přechodnosti vozidel	Rozsah Y_{qst} [kN] – Typ 1	Rozsah Y_{qst} [kN] – Typ 2
1	$Y_{qst} < 50$	$Y_{qst} < 50$
2	$50 \leq Y_{qst} \leq 60$	$50 \leq (Y_{qst})_{lim} = (30 + 10500 / R_m)$
3	$Y_{qst} > 60$	$Y_{qst} > (Y_{qst})_{lim} = (30 + 10500 / R_m)$

**Obrázek 13** - Mapa SŽDC - traťové třídy v ČR [27]

1.3.3 Kritérium č. 3 – Vlakové zabezpečovací zařízení, komunikační zařízení

Na síti SŽDC je nutné provozovat lokomotivu se schváleným národním vlakovým zabezpečovačem (LS06, LS90, KBS-E, MIREL). Pokud jím vozidlo není vybaveno, je povoleno provozovat lokomotivu nejvyšší rychlostí 100 km/h, musí být vedena dvěma strojvedoucími a musí být opatřena podmínkou k provozu na síti SŽDC, schválenou Drážním úřadem. Dále lze na síti SŽDC provozovat lokomotivy, vybavené evropským vlakovým zabezpečovacím zařízením (ETCS). Toto lze využít ale jen na části tranzitního koridoru, která je vybavena traťovou částí tohoto systému. Postup při dalším budování systému ETCS na tratích SŽDC stanovuje tzv. ERTMS (národní implementační plán Ministerstva dopravy ČR), který byl Evropskou železniční agenturou (ERA) zapracován do Evropského plánu rozvoje ERTMS. Plán ERTMS je kromě ETCS tvořen modulem GSM-R, což je komunikační rozhraní železničních rádiových zařízení na principu mobilního operátora. S ohledem na typ vlakového zabezpečovacího zařízení je tedy pro provoz na síti SŽDC ideální lokomotiva, vybavená některým z výše uvedených typů národních vlakových zabezpečovacích zařízení, přenášejících návěsti do kabiny strojvedoucího. Unipetrol Doprava provozuje na všech svých stávajících lokomotivách zařízení MIREL.

S ohledem na rozvoj infrastruktury se jako výhodné jeví vozidlo navíc schválené s ETCS. Vozidlo dále musí být vybaveno schváleným typem vysílačky. Společnost Unipetrol Doprava má kladné provozní zkušenosti s vysílačkami typu VS67 a MESA23. Výhodou by navíc byla výbava zařízením pro komunikaci po síti GSM-R.



Obrázek 14 - Mapa SŽDC - vybavení koridorů vlakovým zabezpečovacím zařízením [26]

1.3.4 Kritérium č. 4 – Instalovaný výkon lokomotivy

Instalovaný výkon lokomotivy je jedním z důležitých parametrů k posouzení jejich technických a provozních vlastností. Bez znalosti dalších parametrů (hmotnost, konstrukční rychlost, druh přenosu výkonu) by ale hodnocení jen podle výkonu nebylo komplexní.

Provozně důležitější složka výkonu je trvalý a hodinový výkon lokomotivy. Pro pochopení této problematiky je výhodnější použít tzv. trakční charakteristiku (viz Kap. 1.3.5), která vypovídá o schopnostech využití instalovaného výkonu lokomotivy.

1.3.5 Kritérium č. 5 – Tažná síla

U lokomotiv pro nákladní dopravu je tažná síla (měřená na obvodu kol, resp. na tažném háku) velmi důležitým parametrem pro technické posouzení vlastností lokomotiv a její využitelnosti v praxi. Existuje rozjezdová (maximální) a trvalá (dosažitelná při dlouhodobém provozu) tažná síla.

Vliv na průběh a velikost tažné síly mají:

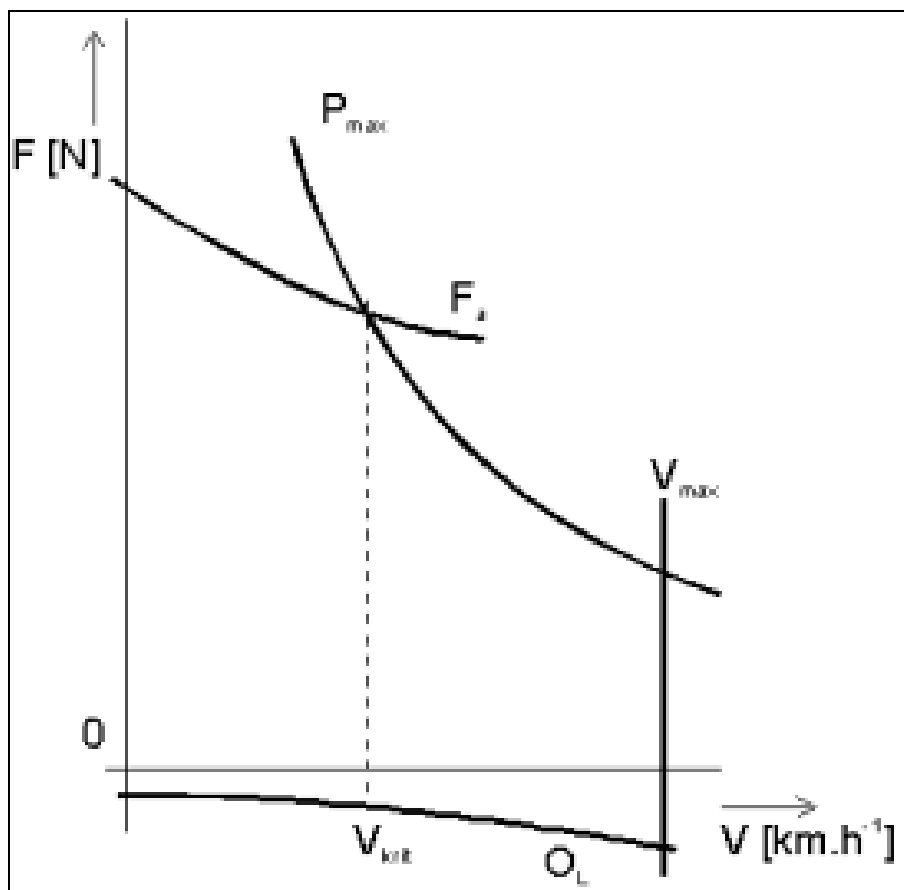
- klopný moment podvozku,
- neodpružené hmoty podvozku,

- zapojení trakčních motorů,
- regulace výkonu,
- tvar trakční charakteristiky (viz dále).

Vztah tažné síly lokomotivy na rychlosti jízdy vyjadřuje tzv. trakční charakteristika (viz Obrázek 15). Jedná se o hyperbolickou závislost uvedených veličin. Veškeré regulační systémy řídí přenos výkonu s cílem maximálně využít maximální instalovaný výkon lokomotivy, tedy v každém okamžiku (daném poměrem tažné síly a rychlosti) se přiblížit ideální trakční hyperbole. Dnešní výrobci lokomotiv k tomu používají různé inteligentní regulační a řídicí systémy.

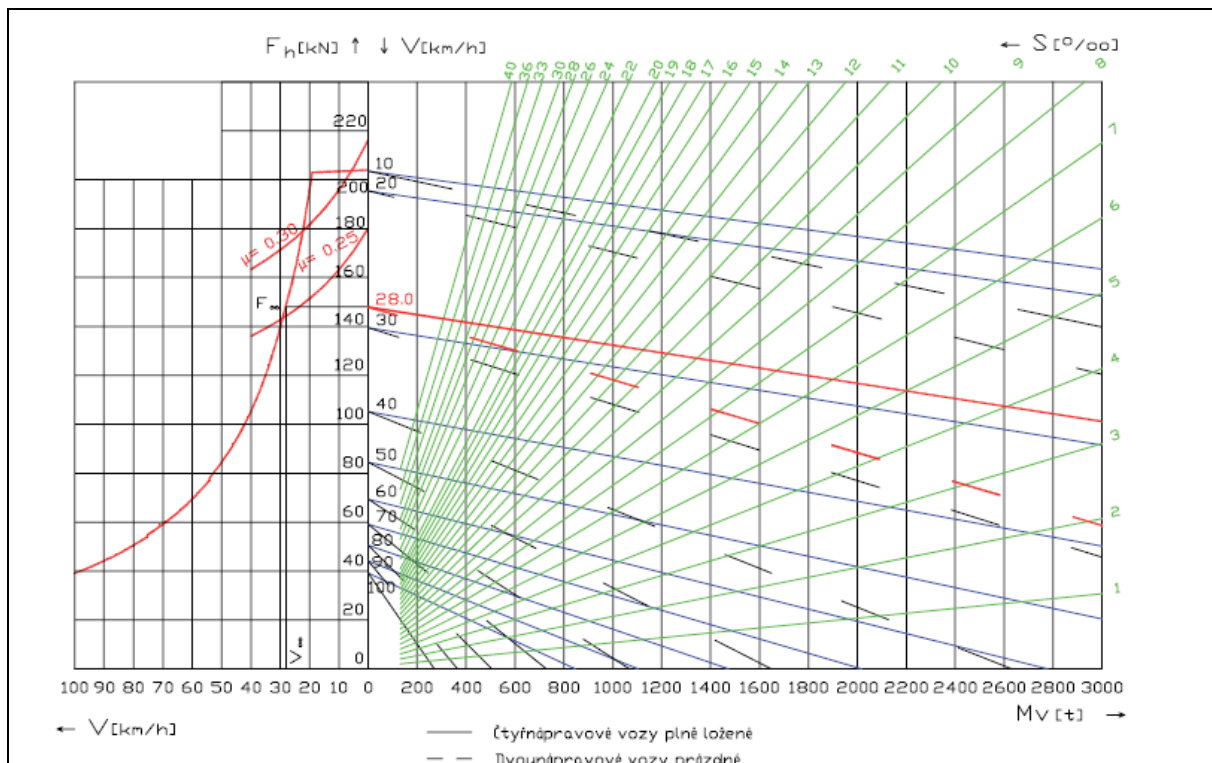
Trakční charakteristika je omezena několika vlivy:

- mez adheze,
- maximální (konstrukční) rychlost vozidla,
- maximální (instalovaný) výkon vozidla,
- vozidlové odpory. [2]



Obrázek 15 - Obecná trakční charakteristika a její omezení [2]

K trakční charakteristice se v praxi sestavuje tzv. Koreffův zátěžový diagram (viz Obrázek 16), ze kterého lze vyčíst vzájemnou vazbu mezi hmotností vlaku, jedoucího určitou rychlostí na trati konkrétního stoupání. Graf se sestavuje pro idealizovaný model vlaku, složeného buď z prázdných dvounápravových vozů, nebo z vozů čtyřnápravových.

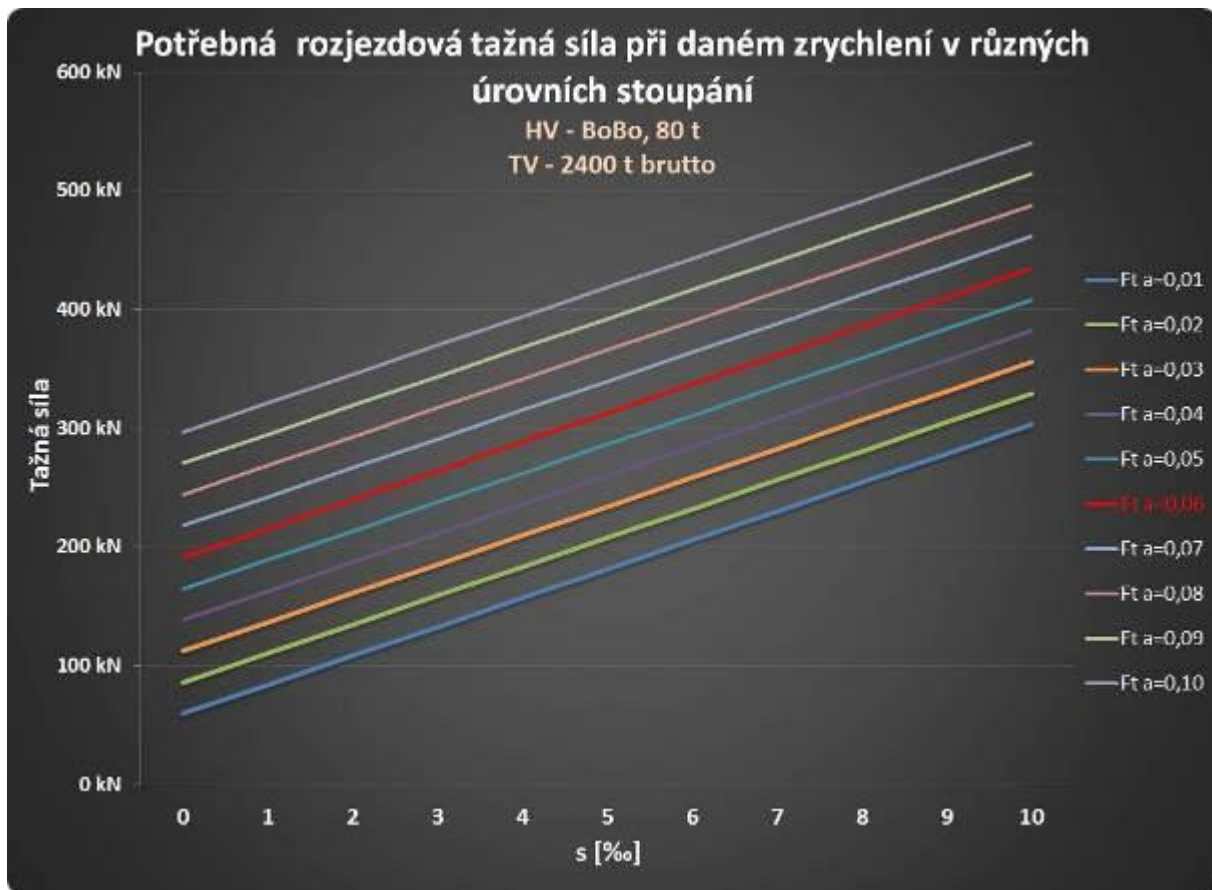


Obrázek 16 - Koreffův zátěžový diagram lokomotivy řady 753.6 [29]

Dle potřeb společnosti Unipetrol Doprava byla vypočtena hodnota potřebné rozjezdové tahné síly pro vzorový vlak o hmotnosti 2400 t brutto, složený ze čtyřnápravových plně ložených vozů, s lokomotivou s pojezdem $B_0'B_0'$ o hmotnosti 80 t.

Minimální potřebná hodnota tahné síly při rozjezdu je 191 kN (při nulovém stoupání se zrychlením $0,06 \text{ m/s}^2$). S ohledem na podmínky provozu na síti SŽDC je vhodné uvažovat náročnější vstupní parametry, zejména nenulový sklon staničních a traťových kolejí. Například při hodnotě sklonu 5 ‰ (a bez změny ostatních parametrů) je potřebná hodnota rozjezdové tahné síly 313 kN. Graf zjištěných výsledků je uveden Obrázek 17. Výpočet byl proveden dle [2, str. 29].

Další krok výpočtu spočíval ve zjištění minimální potřebné hmotnosti lokomotivy pro rozjezd výše uvedeného vlaku na mezi adheze se zrychlením $0,06 \text{ m/s}^2$. Výsledná minimální hmotnost je 92,5 tun. Proto nebude možné dosahovat takovéhoto zrychlení. Po výpočtu minimální potřebné hmotnosti lokomotivy s jízdou se zrychlením $0,05 \text{ m/s}^2$ je výsledek 79,88 t. Výpočet je včetně grafů uveden v příloze č. 1.



Obrázek 17 - Potřebná tažná síla na háku pro rozjezd vlaku s různým stoupáním a zrychlením

Vysvětlivky k obrázku:

HV hnací vozidlo

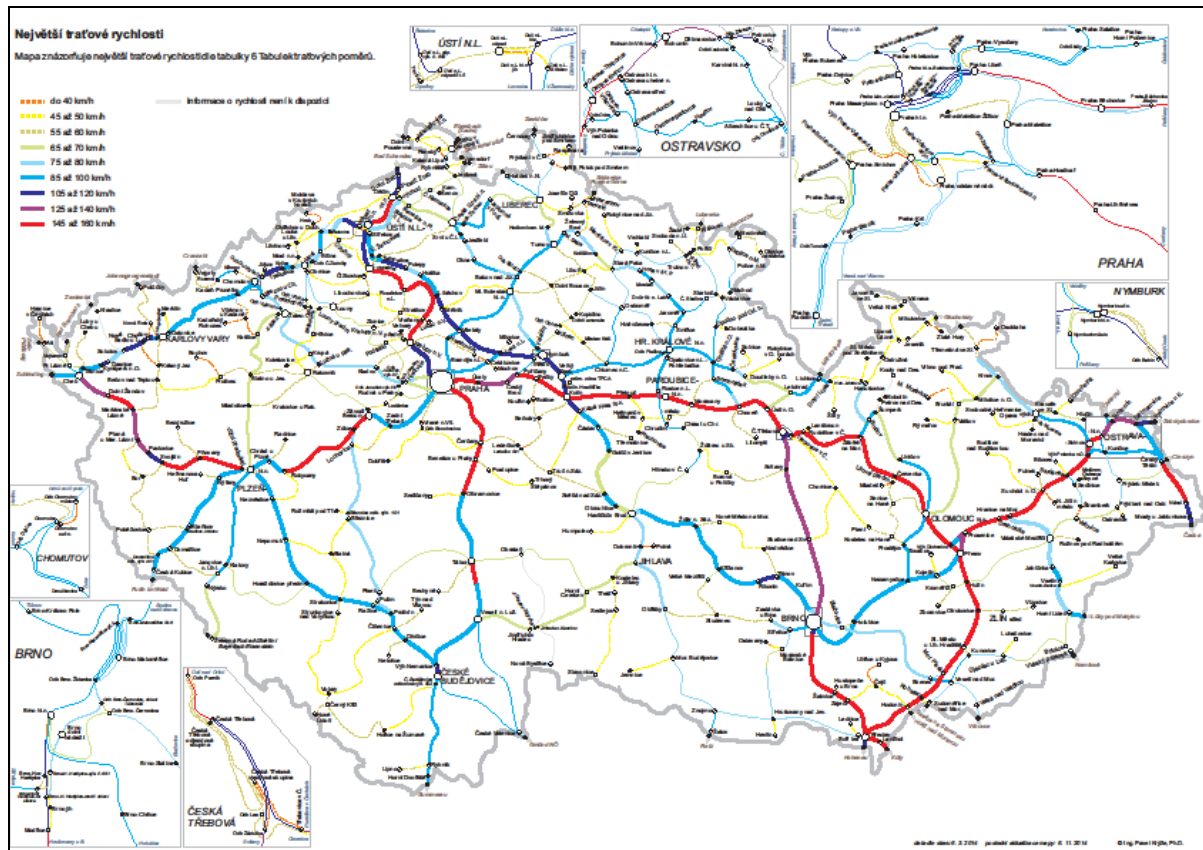
TV tažená vozidla

s stoupání

Ft a..... tažná síla při zrychlení uvedené velikosti v $m \cdot s^{-2}$

1.3.6 Kritérium č. 6 – Konstrukční rychlost

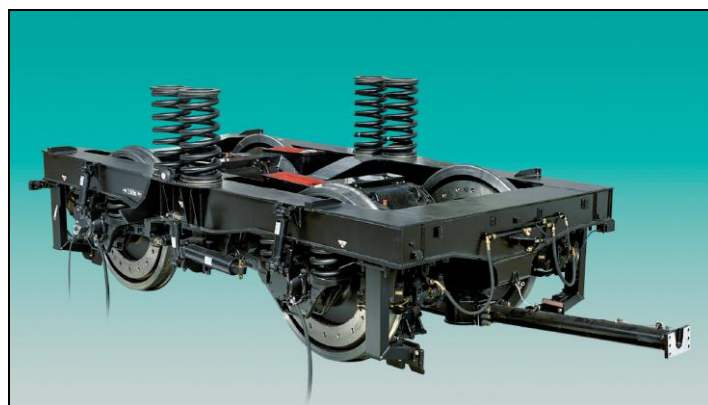
Dnešní stav na železniční dopravní cestě SŽDC dovoluje maximální rychlost jízdy vlaku 160 km/h (podrobněji viz Obrázek 18). Pro nákladní vlaky je limitem 120 km/h. SŽDC sice plánuje prolomit tento limit na českých železnicích, nicméně je to otázka budoucnosti. Unipetrol Doprava požaduje konstrukční rychlost vozidla nejméně 120 km/h. Tento parametr je vzhledem k dnešnímu trendu konstrukcí lokomotiv bez problému dodržen.



Obrázek 18 - Mapa sítě SŽDC – nejvyšší traťové rychlosti [30]

1.3.7 Kritérium č. 7 – Uspořádání pojezdu

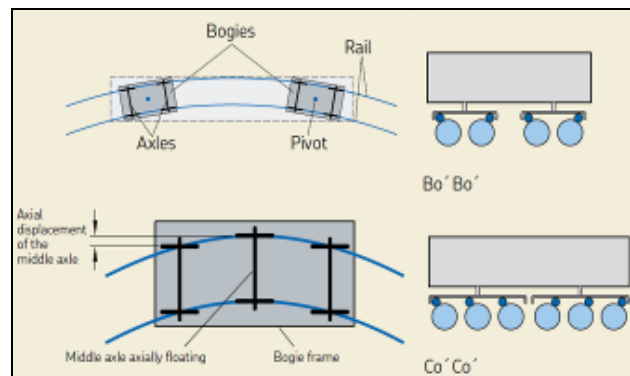
Vzhledem ke konstrukci čtyřnápravových a šestnápravových lokomotiv je pro vztah vozidla a koleje optimálnější pojezd $B'_0 B'_0$, tudíž dva dvounápravové podvozky. Třinápravové podvozky (bez možnosti stavění polohy dvojkolí) mají obvykle horší vlastnosti z hlediska opotřebení obručí a vyšší náchylnost na vykolejení při jízdě po zbrocené koleji. Další výhodou čtyřnápravových lokomotiv je menší počet opotřebovávajících se dvojkolí, tedy menší náklady na jejich údržbu. Výhodou čtyřnápravových lokomotiv je úspora místa pod hlavním rámem a jednodušší konstrukce podvozků. S ohledem na praktické provozní zkušenosti společnosti Unipetrol Doprava tedy pro splnění této podmínky postačuje čtyřnápravová lokomotiva.



Obrázek 19 - Dvounápravový trakční podvozek lokomotiv Traxx Bombardier [3]



Obrázek 20 - Třínápravový trakční podvozek typ SF6 Siemens [4]

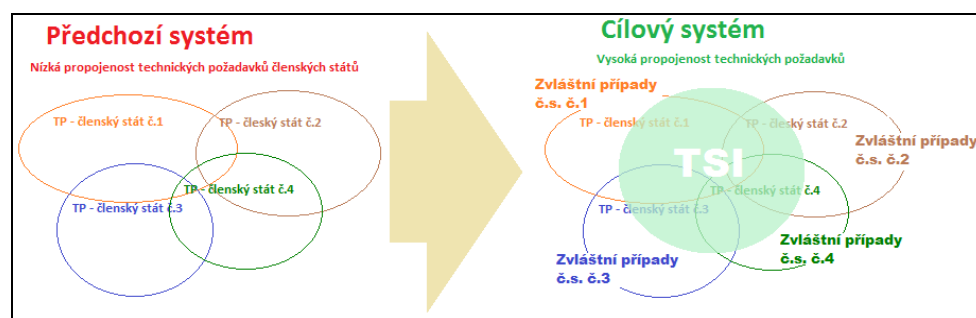


Obrázek 21 - Základní principy postavení podvozků v koleji [5]

1.3.8 Kritérium č. 8 – Homologace

Konstrukce lokomotiv pro nákladní dopravu a podmínky pro jejich provoz v Evropské unii jsou dnes podřízeny souboru normativních dokumentů TSI („Technical specifications for interoperability“). TSI sjednocují kritéria konstruování, uvedení do provozu, modernizace, provozu a údržby a také odborné způsobilosti, ochrany zdraví a bezpečnosti zaměstnanců, kteří se podílejí na provozu a údržbě tohoto systému. Kromě toho TSI řeší technickou a provozní stránku přechodnosti lokomotiv mezi železničními sítěmi členských států Evropy (tzv. interoperabilita). Dílčí národní předpisy a odlišná řešení infrastruktury jednotlivých zemí představují bariéru v interoperabilitě. Důsledkem je nutnost dodatečných schvalování lokomotiv s aplikací na konkrétní země.

Pro potřeby Unipetrol Doprava je zásadní provoz v České republice. To znamená schválení typu vozidla Drážním úřadem, povinnost výbavy schváleným typem vlakového zabezpečovače a radiostanicí (tuto problematiku řeší SŽDC). Podrobnosti jsou uvedeny v zákoně č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů a dále v Prohlášení o dráze celostátní a regionální, které vydává SŽDC.



Obrázek 22 - Proces zavedení TSI

1.4 Nákladní lokomotivy podle kritérií Unipetrol Doprava

Podle předešlých kritérií by lokomotivy měly být čtyřnápravové, schválené pro provoz v České republice a měly by mít technické parametry, které souhrnně uvádí Tabulka 3. Následuje posouzení konkrétních typů vhodných lokomotiv dle definovaných kritérií.

Tabulka 3 - Kritéria nákladních lokomotiv

Kritérium	Hodnota	Poznámka
Napěťová soustava	3 kV DC 25 kV / 50 Hz AC 15 kV / 16 2/3 Hz AC	Napěťové soustavy pro provoz v ČR jsou 3 kV DC a 25 kV / 50 Hz AC, pro zajíždění do Německa je zapotřebí 15 kV / 16 2/3 Hz AC
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀	Eventuálně jiné uspořádání, které splňuje traťovou třídu C2 / 2 (viz níže).
Traťová třída zatížení	třída C2 (svislá) třída 2 (příčná)	Hmotnost na nápravu: 20 tun. Hmotnost na jeden metr délky vozidla: 6,4 tuny.
Homologace (schválení typu)	CZ, SK	Navíc nutnost schválení pro možnost zajíždění na síť DB Netz v úseku Děčín státní hranice - Bad Schandau (Německo).
Vlakový zabezpečovač	MIREL	Pro provoz v ČR možno nahradit LS90 nebo LS06 nebo KBS-E. Vítána příprava na ETCS.
Radiostanice	VS67, MESA23	Všechny ostatní radiostanice schválené pro provoz na síti SŽDC jsou uvedeny na stránkách http://www.szdc.cz/provozovani-drahy/radiove-site/souhlas-s-pouzitim-na-zdc.html .
Výkon	Minimum: 4 MW elektrická lokomotiva 2 MW dieselová lokomotiva	Parametr vychází z praktických zkušeností společnosti Unipetrol Doprava.
Rozjezdová tažná síla na háku	≥ 200 kN	Viz kapitola 1.3.5.
Maximální rychlost	≥ 120 km/h	Viz kapitola 1.3.6.

1.4.1 Elektrické lokomotivy

V této kapitole jsou popsány produkty výrobců elektrických lokomotiv (viz kapitola 1.2). Jedná se o takzvané vícesystémové nebo také multisystémové elektrické lokomotivy (dále jen MS). Nejvýznamnějším kritériem posouzení výhodnosti je homologace (schválení) lokomotivy v České republice. Schválenými vozidly ve svém portfoliu doposud disponují pouze tři výrobci. Ostatní by museli nejprve projít plným homologačním procesem, který v České republice trvá přibližně jeden rok.

1.4.1.1 ALSTOM – E-1400 PRIMA II



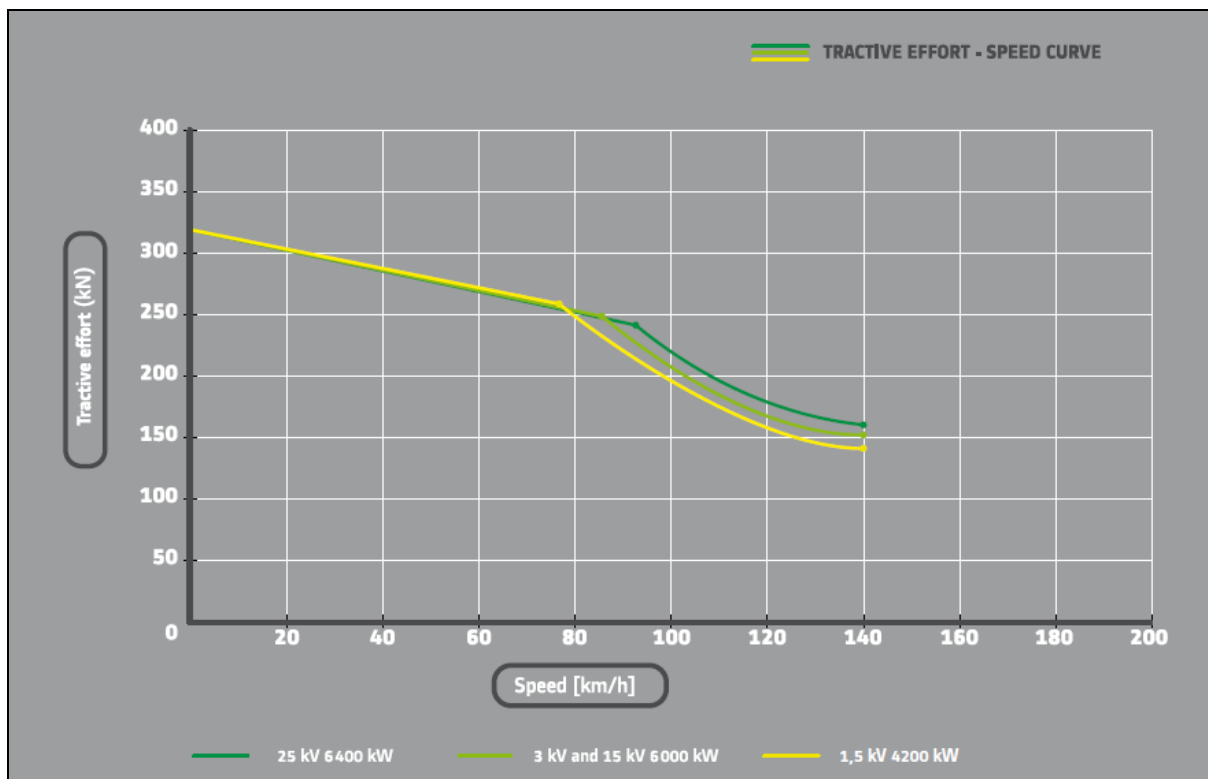
Obrázek 23 - PRIMA II ALSTOM [31]

V roce 2008 prezentovala společnost Alstom platformu lokomotiv pro provoz v Evropě s obchodním názvem PRIMA II (typové označení E1400). O rok později byl vyroben první prototyp, následovala sériová dodávka do Maroka. Výroba v následujících letech stagnovala kvůli situaci na trhu. Vývoj ale pokračoval dále. V roce 2010 byl na veletrhu InnoTrans v Berlíně představen inovovaný prototyp typu PRIMA II. Lokomotiva je koncipována jako modulární. Vyrábí se v provedení B'0 B'0 i C'0 C'0 a v provedení nákladním (s maximální rychlostí 120 km/h nebo 140 km/h) a osobním (s maximální rychlostí 200 km/h). Podvozky pro všechna uvedená rychlostní provedení lze zaměnit.

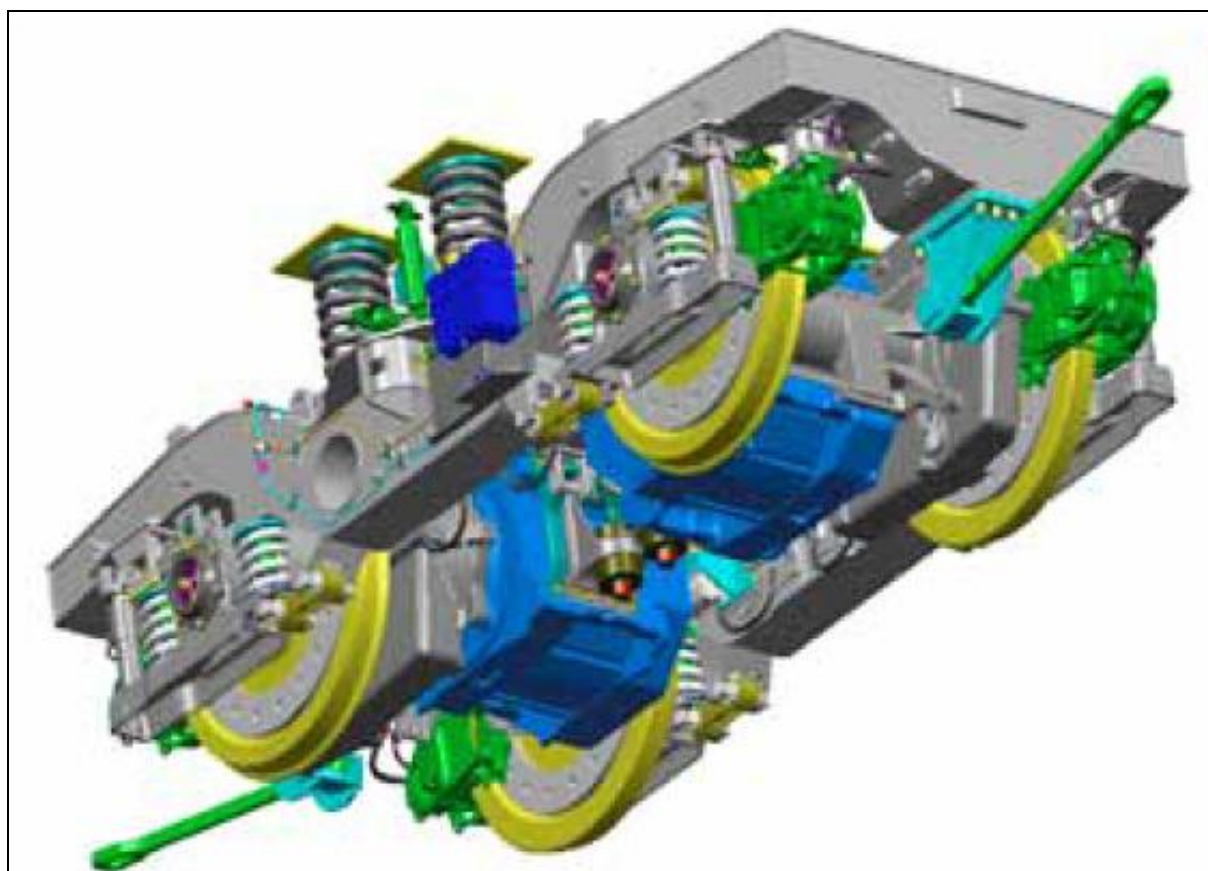
Lokomotiva je vyráběna pro napájecí systémy 1,5 a 3 kV DC, resp. 15 a 25 kV AC. K tomu slouží tři pantografy: jeden pro 3 kV DC a 25 kV AC, druhý pro 1,5 kV DC a třetí pro 15 kV AC. Zabezpečovací zařízení je vlastní výroby s obchodním označením ATLAS a je plně kompatibilní se systémem ERTMS. Lokomotiva splňuje bezpečnostní kritéria dle TSI. Lokomotivní skříň má nosný spodní rám, který nese narážecí a tažné ústrojí a v koncových částech kabinové moduly. Kabina strojvedoucího je řešena dle TSI – EUDDplus European Driver's Desk a je vybavena jednotným evropským pultem strojvedoucího se středovým umístěním a s unifikovaným rozmístěním přístrojů. Strojovna je koncipovaná se středovou průchozí uličkou. Deformovatelné nárazníky mohou absorbovat energii ze srážky do rychlosti až 65 km/h. Kabina strojvedoucího je navržena s tzv. zónou přežití v případě nehody. Podvozek lokomotivy s rozvorem 2600 mm se skládá ze dvou podélníků na koncích spojených příčnicí a jedním středovým příčnicí, který je snížený. Na každé straně podvozku je umístěna tažně tlačná tyč k přenosu tažných sil z podvozku na rám lokomotivy. Vedení dvojkolí je ojníčkové. Primární i sekundární vypružení jsou řešena vinutými pružinami. Dvojkolí je konstruováno s monoblokovými koly a s brzdovými kotouči na kole. Na každém konci podélníku spočívá brzdová jednotka. Přenos výkonu na dvojkolí je řešen přes dutý hřídel. [32]

Tabulka 4 - Parametry lokomotivy PRIMA II ve čtyřnápravové nákladní verzi

Parametr	Hodnota
Napěťová soustava	3 a 1,5 kV DC, 25 kV / 50 Hz a 15 kV / 16 2/3 Hz AC
Uspořádání pojezdu	B'0 B'0
Hmotnost	86 až 90 t
Zatížení na nápravu	21,5 až 22,5 t
Délka přes nárazníky	19,11 m
Šířka	2,86 m
Maximální rychlost	140 km/h
Výkon (dle verze)	6400 kW (25 kV), 6000 kW (3 kV, 15 kV), 5600 kW (1,5 kV)
Trvalá tažná síla	257 kN při 77 km/h
Maximální tažná síla	320 kN
Průměr kola	1160 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	dutým hřídelem



Obrázek 24 - Trakční charakteristika lokomotivy PRIMA II [32]



Obrázek 25 - Podvozek lokomotivy PRIMA II [32]

1.4.1.2 BOMBARDIER – F140 MS TRAXX



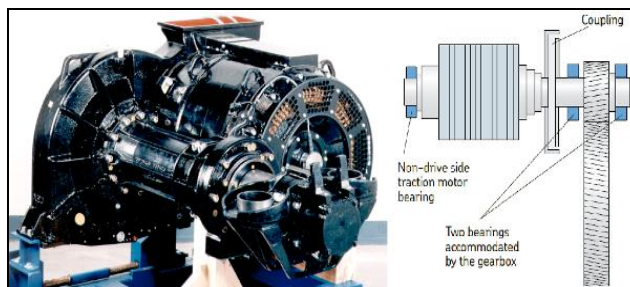
Obrázek 26 - TRAXX AC3 LM vlevo, TRAXX MS vpravo [31]

Lokomotiva s obchodním označením TRAXX se vyrábí ve dvou provedeních: řada E185 (TRAXX1) a E186 (TRAXX2). Jedná se o modulární platformu elektrických a diesel-elektrických lokomotiv výrobce BOMBARDIER Transportation. Vyrábí se v nákladní i osobní variantě. První verze této lokomotivy byla vyrobena pro dva napěťové střídavé systémy 15 a 25 kV, vyrobená v roce 2000 pro německé dráhy DB. Novější verze této lokomotivy jsou vybaveny i pro provoz na stejnosměrných napěťových systémech. Staly se z nich čtyřsystémové elektrické lokomotivy (označované také jako multisystémové, MS). V roce 2006 byla platforma TRAXX rozšířena o verzi diesel-elektrickou. Modularita platformy TRAXX spočívá ve variabilitě vnitřního vybavení a uspořádáním strojovny dle konkrétního provedení a požadavků zákazníka.

V této kapitole je popsána lokomotiva TRAXX F140 MS BR186 v provedení D-A-PL-CZ-SK-H (zkratky znamenají země, ve kterých je lokomotiva homologovaná). TRAXX F140 MS je vícesystémová lokomotiva pro použití na mnoha evropských tratích s normálním rozchodem 1435 mm. Je vybavená dvěma proudovými trakčními měniči (jeden pro střídavé napěťové systémy, druhý pro stejnosměrné), elektrodynamickou brzdou a schopností rekuperace elektrické energie. Skříň je samonosná, svařená převážně z nelegované jakostní oceli S355J2. Její konstrukce je provedena dle normy EN 12663. Pro výrazné zmírnění poškození při kolizi s nákladním automobilem na železničním přejezdu je skříň stavěna dle evropské normy EN 15227:2008 „Crashworthiness Requirements for Railway Vehicle Bodies“. Tato konstrukční výhoda navíc vytváří prostor pro přežití strojvedoucího. Nárazníky jsou doplněny prvky tzv. ochrany proti přejezení. Tlakotěsné kabiny strojvedoucího jsou umístěny na obou koncích skříně. Pult strojvedce je řešen dle TSI – EUDDplus a je umístěn na pravé straně kabiny. Střecha sestává ze tří jednotlivě odnímatelných krytů, krajní nesou dva sběrače proudu. Do strojovny se vchází středem kabiny a po cca dvou metrech se ulička přesouvá na bok lokomotivy. Ve strojovně je zvlášť oddělený prostor pro vysokonapěťovou výzbroj s velkým důrazem na zabezpečení proti neúmyslnému vniknutí. Transformátor, skříň pro baterie, vzduchojemy s kompresorem a vysoušečem vzduchu jsou namontované pod rámem. Podvozek s obchodním označením FLEXX Power vychází z modulární řady otočných podvozků pro vysoce výkonné lokomotivy.

Rám podvozku je vzduchotěsná svařená konstrukce složená ze dvou podélníků uzavřených dvěma příčnicí a se středovým příčnicí.

Podvozek je dimenzovaný pro zatížení podle UIC 615-4 a EN 13749. Dvojkolí je vybaveno celistvými koly s průměrem 1250 mm s mezní mírou opotřebení až na 1170 mm. Pohon je řešen dutou hřídelí vyrobenou z nízkolegované ušlechtilé chrom-molybdenové oceli 25CrMo4. Nápravová ložiska jsou válečková, mazaná plastickým mazivem s pouzdry z tvárné litiny. Vedení dvojkolí je zajištěno jednostranným vodicím ramenem s gumovými prvky. Primární vypružení sestává ze dvou vinutých pružin na každém nápravovém ložisku. Vedení dvojkolí v podélném i příčném směru je zajištěno ojnicemi. Sekundární vypružení zajišťují dva páry vinutých pružin flexicoil. Podélné síly mezi skříní a podvozky přenáší šikmo položená tažně-tlačná tyč, uložená směrem ke středu lokomotivy. Na koncích podélníků podvozku je umístěná brzdová jednotka pro každé kolo. Podvozky jsou vybaveny speciálním zařízením pro automatické vyrovnávání opotřebení jízdní plochy kol pomocí řízeného prokluzu dvojkolí. Pohon dvojkolí je řešen čtyřpólovými, třífázovými asynchronními motory s nuceným chlazením. Uložení trakčního motoru je tlapové. Trakční motor a převodovka tvoří kompaktní jednotku. Pastorek ve skříní převodovky je uložený závěsně, zatímco hřídel rotoru je uložen letmo, tedy na jednom ložisku. Pastorek a rotor jsou spojeny membránovou pružnou spojkou, vyrovnávající podélné dilatace. [3]

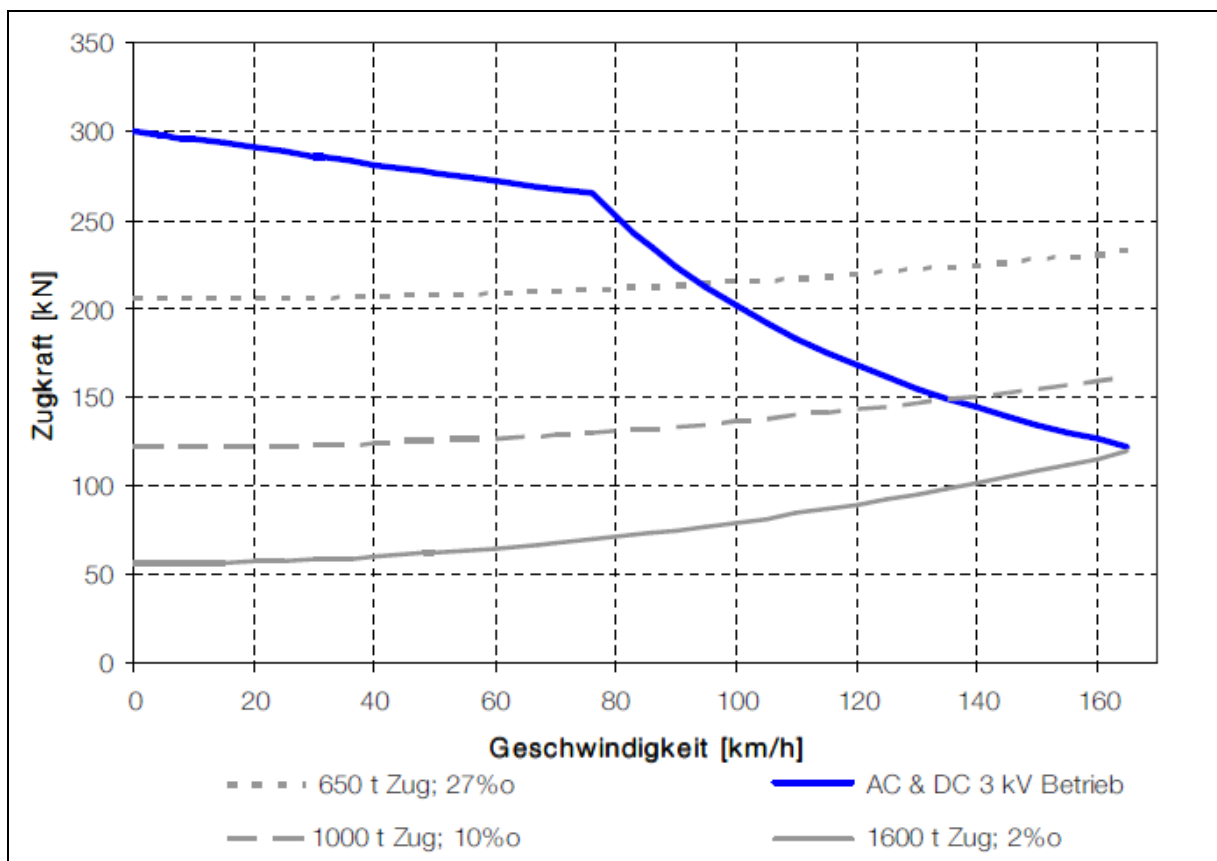


Obrázek 27 - Pohon dvojkolí TRAXX MS freight [3] [5]

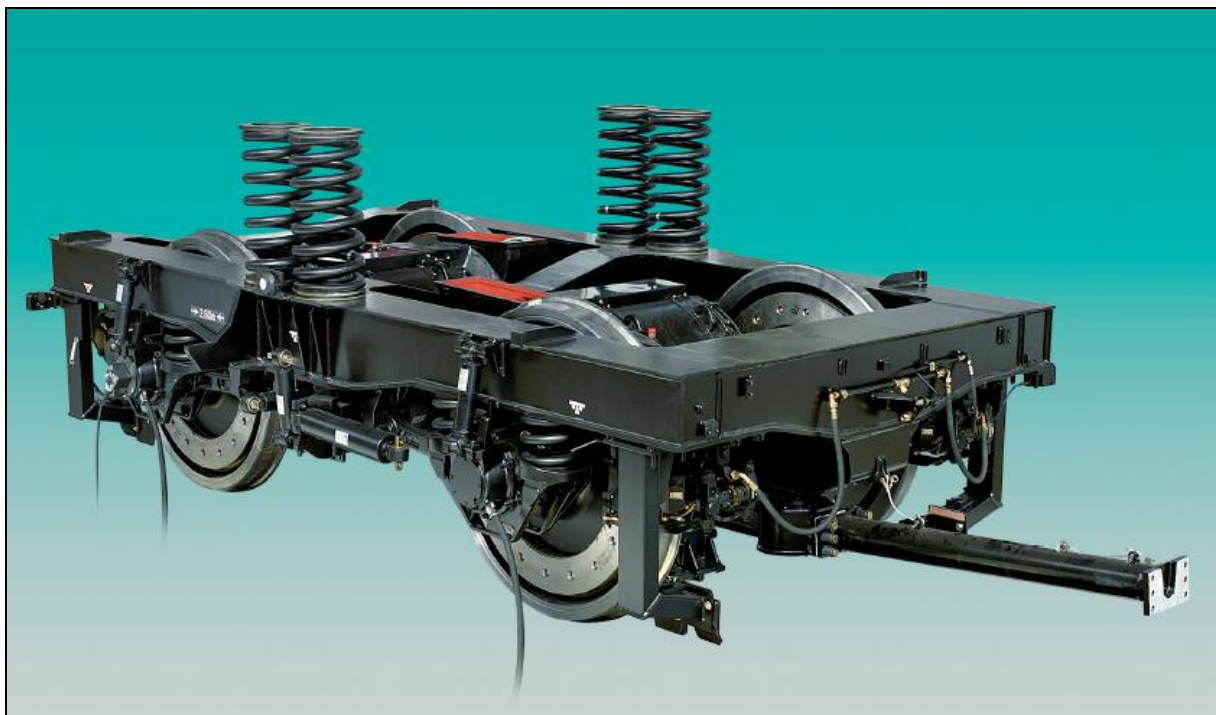
Nejnovějším modelem z roku 2011 platformy TRAXX je verze AC3 (řada 187), vybavená navíc spalovacím motorem. Pro toto uspořádání se vžilo pojmenování „last mile“. Lokomotivy TRAXX AC jsou modulární koncepce. Jedná se o elektrické lokomotivy s třífázovými asynchronními motory určené pro provoz na normálním rozchodu pod napětíovou soustavou 15 a 25 kV AC. Lokomotivy jsou kompatibilní s ERTMS řízením vlaků a evropskými národními bezpečnostními systémy. Jsou homologovány v Německu, Rakousku, Švýcarsku, Francii, Lucembursku, Švédsku, Dánsku, Maďarsku, Rumunsku a Norsku. Již deset lokomotiv tohoto provedení provozuje několik dopravců, například v Německu a Švýcarsku.

Tabulka 5 - Parametry lokomotivy TRAXX F140MS

Parametr	Hodnota
Napětíová soustava	3 kV DC, 25 kV / 50 Hz a 15 kV / 16 2/3 Hz AC
Uspořádání pojezdu	B'0 B'0
Hmotnost	85 t
Zatížení na nápravu	21,5 t
Délka přes nárazníky	18,9 m
Šířka	2,977 m
Maximální rychlost	140 km/h
Nejmenší poloměr oblouku	100 m
Výkon	5600 kW (25 kV, 15 kV, 3 kV)
Maximální tažná síla	300 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou



Obrázek 28 - Trakční charakteristika lokomotivy TRAXX F140 MS [3]



Obrázek 29 - Podvozek lokomotivy TRAXX F140 MS [3]

1.4.1.3 NEWAG – GRIFFIN E4MSU



Obrázek 30 - GRIFFIN NEWAG [33]

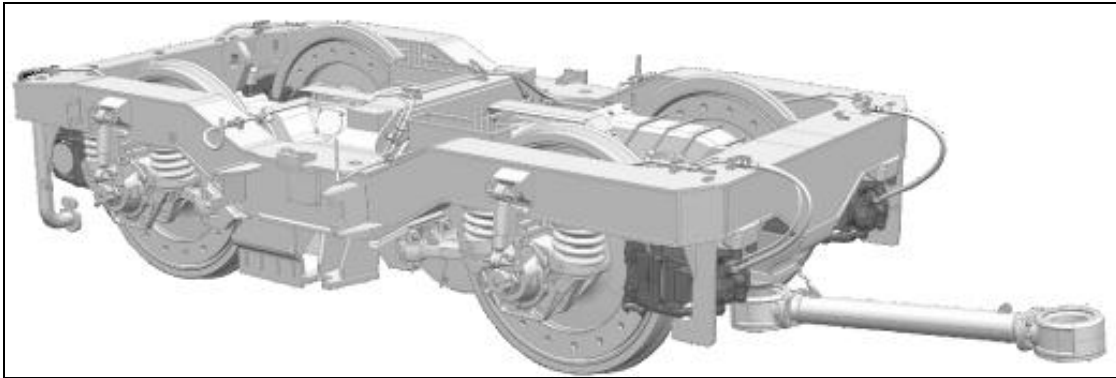
Lokomotiva s obchodním označením Griffin polského výrobce Newag Gliwice je koncepce čtyřnápravové lokomotivy, která byla poprvé představena na veletrhu Innotrans v roce 2012. Jedná se o modulární platformu vyráběnou dle požadavků TSI. Modifikace této lokomotivy jsou E4DCU, E4DCP, E4ACU, E4ACP, E4MSU, E4MSP, D4MSU. Kde označení znamená:

- **E/D** – elektrická / dieselová,
- **4** – čtyřnápravová,
- **DC/AC/MS** – stejnosměrná 3kV DC / střídavá 15+25 kV AC / multisystémová 3 kV DC, 15 + 25 kV AC,
- **U/P** – univerzální do 160 km/h / pro osobní dopravu do 200 km/h.

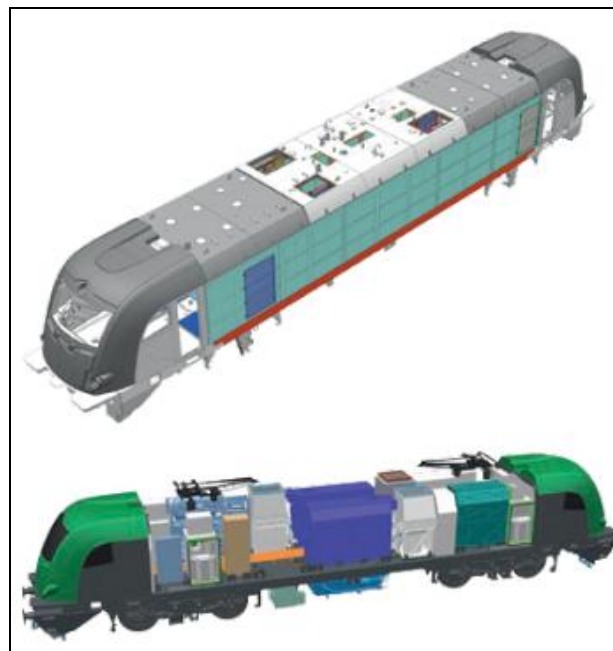
Požadavkům Unipetrol Doprava nejlépe vyhovuje modifikace E4MSU. První prototyp této modifikace byl dokončen v roce 2013. Lokomotiva byla navržena pro jízdu s celkovou hmotností vlaku 3200 t s nulovým převýšením s rychlostí až 160 km / h.

Skříň lokomotivy je integrální svařovaná konstrukce se dvěma kabinami. Vše je usazeno na rámu lokomotivy, který je navíc na koncích vybaven nárazecím a tahadlovým ústrojím. Kabiny strojvedoucího mají pult koncipován na pravou stranu a jsou vybaveny dvěma sedadly. Dobrý výhled strojvedoucímu zajišťuje přední nedělené okno a dvě boční okna. Kabina zajišťuje prostor pro přežití v případě srážky a patnáctiminutovou ohnivzdornost v případě požáru. Kabina je konstruována dle normy EN15227. Strojovna je koncipována se středovou průchozí uličkou. Střecha strojovny je rozdělena do tří částí pro snadnou demontáž a přístup k vybavení strojovny v případě údržby.

Rám podvozku je uzavřené svařované konstrukce. Pohon lokomotivy zajišťují čtyři asynchronní motory, každý s výkonem 1400 kW. Přenos podélných sil zajišťují tažně-tlačné tyče, ke každému podvozku náleží jedna a směřují ke středu lokomotivy. Primární i sekundární vypružení zajišťují dvojice vinutých pružin. Vedení dvojkolí je pomocí ojnic. Dvojkolí jsou osazena monoblokovými koly s průměrem 1250 mm a brzdovými kotouči. [33]



Obrázek 31- Podvozek lokomotivy GRIFFIN E4MSU [33]

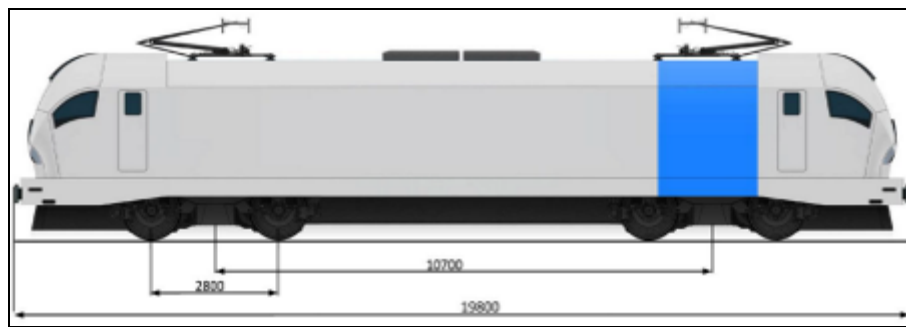


Obrázek 32 - Stavba skříně a uspořádání strojovny lokomotivy GRIFFIN E4MSU [31]

Tabulka 6 - Parametry GRIFFIN E4MSU

Parametr	Hodnota
Napěťová soustava	3 kV a 1,5 kV DC, 25 kV / 50 Hz a 15 kV / 16 2/3 Hz AC
Uspořádání pojezdu	B'0 B'0
Hmotnost	88 t
Zatížení na nápravu	22 t
Délka přes nárazníky	19,9 m
Šířka	(nezjištěno)
Maximální rychlost	160 km/h
Nejmenší poloměr oblouku	(nezjištěno)
Výkon	5600 kW
Trvalá tažná síla	(nezjištěno)
Maximální tažná síla	310 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	(nezjištěno)

1.4.1.4 PESA – 111MS GAMA



Obrázek 33 – Lokomotiva GAMA od firmy PESA [6]

V letech 2012 polská společnost PESA vyrobila první lokomotivu nové platformy GAMA. Zahrnuje celkem tři verze:

- dieselelektrickou lokomotivu o výkonu 2400 kW,
- elektrickou jednosystémovou lokomotivu pro napěťovou soustavu 3 kV s volitelnou modifikací MARATHON (přídavný spalovací motor, tzv. Lastmile)
- multisystémovou lokomotivu pro napěťové soustavy 3kV a 1,5 kV DC, 15 kV a 25 kV AC.

K porovnání je vybrána multisystémová nákladní verze s označením 111MS, která ale doposud nebyla vyrobena. Dále je analyzován již vyrobený typ 111Ed „GAMA MARATHON“ s pomocným spalovacím motorem. Rozdíl těchto modifikací je pouze v příslušenství trakčního obvodu lokomotivy a v dílčím uspořádání stroje. Lokomotiva 111MS s maximálním výkonem 6400 kW je projektována i pro provoz za hranice Polska, a to ve verzi nákladní do 140 km/h a osobní do 200 km/h.

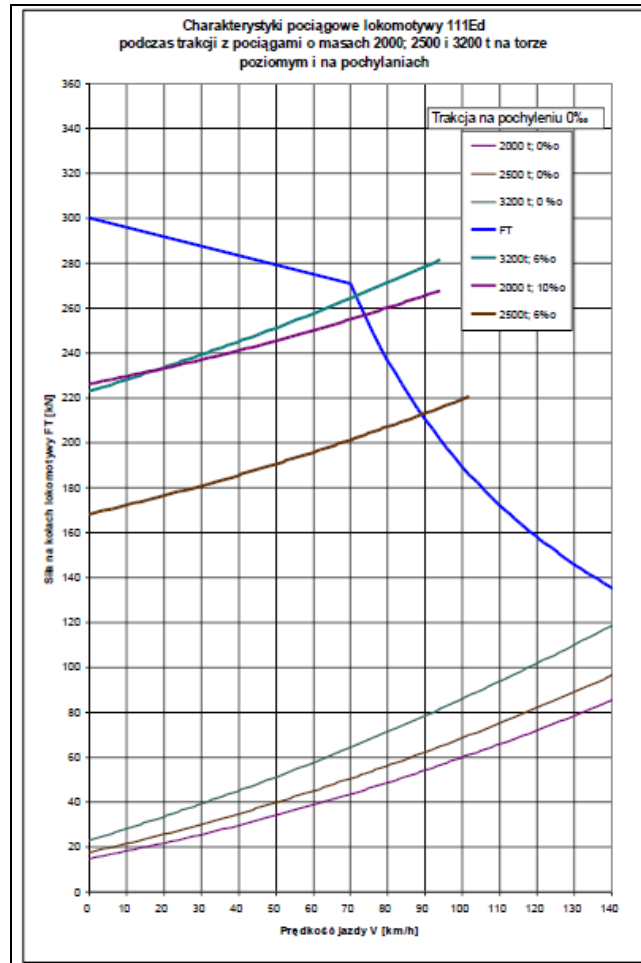
Lokomotiva je dvokabinová. Kabina splňuje požadavky vyhlášek UIC 612 a 651. Lokomotivní skříň je vyrobena z vysokopevnostní oceli s odnímatelným bočním opláštěním a střechou vyrobených z lehkých slitin. Splňuje požadavky na pevnost dle normy PN-EN 12663 a v rozsahu kolizí dle PN-EN 15227. Použité deformační prvky jsou navrženy pro snadnou výměnu při poškození. Čela lokomotivy jsou vyrobeny z kompozitního materiálu, sklem vyztuženého plastu (polyester), v konstrukci snadno odnímatelných segmentů. Vnější nátěr má zvýšenou životnost na 10 let a je opatřen anti-graffiti povlakem.

Podvozek lokomotivy je svařovaným uzavřeným rámem z plechů z oceli S355J2+N s nízkou torzní tuhostí, která zajišťuje bezpečnost proti vykolejení. Rám se skládá ze dvou podélníků a třech příčných z toho dva na koncích a jeden středový, který je uložený ve snížení podélníku vzhledem k nutnosti umístění sekundárního vypružení. To zajišťují na každé straně podvozku dvě vinuté pružiny typu „Flexicoil“ řazené za sebou ve směru jízdy. Doplněny jsou vertikálně umístěným tlumičem pérování. Dvojkolí je uloženo na dvouřadých ložiskách typu TBU (Tapered roller bearing Units - Dvouřadá kuželíková ložiska, s trvalou náplní plastického maziva a oboustranně utěsněná). Na nich spočívají teplotní snímače pro kontrolu teploty ložisek za provozu. Kola dvojkolí jsou monobloková vyrobené z oceli o jakosti ER8 dle ČSN EN 13262+A2 (280521) s průměrem 1250 mm a s maximálním opotřebením 1170 mm. Na každém disku kola jsou umístěny brzdové kotouče. Čep nápravy má průměr 160 mm a náprava je vyrobena ze zušlechťené nízkolegované oceli o jakosti EA4T dle ČSN EN 13261+A1 28 0522. Primární vypružení zajišťují dvě vinuté pružiny na každém kole, které spočívají na ložiskové skříni, k níž je vertikálně připojen tlumič. Dvojkolí je vedeno pomocí ojnic. Na konci každého podélníku je uložena brzdová jednotka. Pohon dvojkolí je zajištěn asynchronním motorem na každé nápravě.

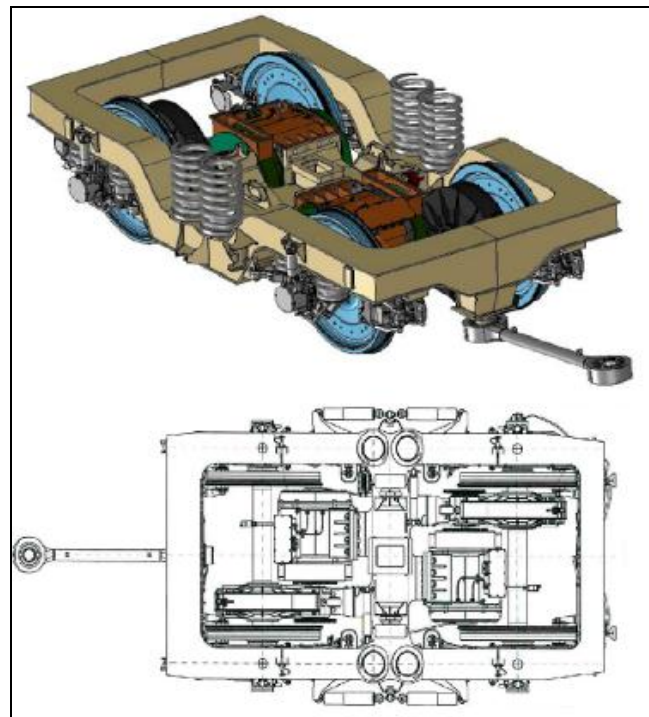
Trakční motory jsou plně odpružené. Z jedné strany jsou uchycené ke středovému příčnicku pomocí konzole a z druhé strany k rámu lokomotivy pomocí ojnice. Pohon dvojkolí od trakčního motoru zajišťuje jednostupňová ozubená převodovka. [6]

Tabulka 7 - Parametry lokomotivy GAMA provedení 111MS

Parametr	Hodnota
Napěťová soustava	3 kV a 1,5 kV DC, 25 kV / 50 Hz a 15 kV / 16 2/3 Hz AC
Uspořádání pojezdu	B₀' B₀'
Hmotnost	80 t
Zatížení na nápravu	20 t
Délka přes nárazníky	19,8 m
Šířka	3 m
Maximální rychlost	140 km/h
Nejmenší poloměr oblouku	80 m
Výkon	5600 kW (3 a 1,5 kV DC) 6400 kW (15 a 25 kV AC)
Trvalá tažná síla	216 kN
Maximální tažná síla	300 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou



Obrázek 34 - Trakční charakteristika lokomotivy GAMA 111MS [6]



Obrázek 35 - Podvozek lokomotivy GAMA 111MS [6]

1.4.1.5 SIEMENS – X4-E VECTRON



Obrázek 36 – Lokomotiva VECTRON od firmy SIEMENS [31]

Lokomotiva Vectron je dalším vývojovým stupněm předešlých úspěšných a provozem prověřených lokomotiv typu Europrinter ES64 a Eurorunner ER20 společnosti Siemens. Platforma Vectron zahrnuje čtyři elektrické a jednu dielelektrickou verzi unifikované modulární koncepce. Výrobce řadu Vectron charakterizuje vysokým zhodnocením investovaných prostředků, splněním přísných ekologických standardů, nízkou poruchovostí a možností snadné přestavby či dovybavení lokomotivy pro provoz v dalších oblastech Evropy.

Lokomotiva je vybavena dvěma kabinami na koncích skříně lokomotivy. Kabiny jsou u všech lokomotiv platformy Vectron unifikovány. Stavba skříně je zaměřena především na bezpečnost a modularitu, tím pádem jde o spojení bezpečí při zachování co nejjednodušších konstrukčních řešení pro provozní a údržbové potřeby. Lokomotiva Vectron má ve strojovně středovou uličku pro nejlepší možný únik v případě srážky a jednotlivé prvky vybavení strojovny jsou řazeny v blocích, které lze jednoduše demontovat nebo instalovat v souvislosti s potřebami provozovatele. V případě srážky a poškození jednotlivých částí lze tyto části také jednoduchým způsobem vyměnit. Skříň lokomotivy se dělí na tyto hlavní skupiny:

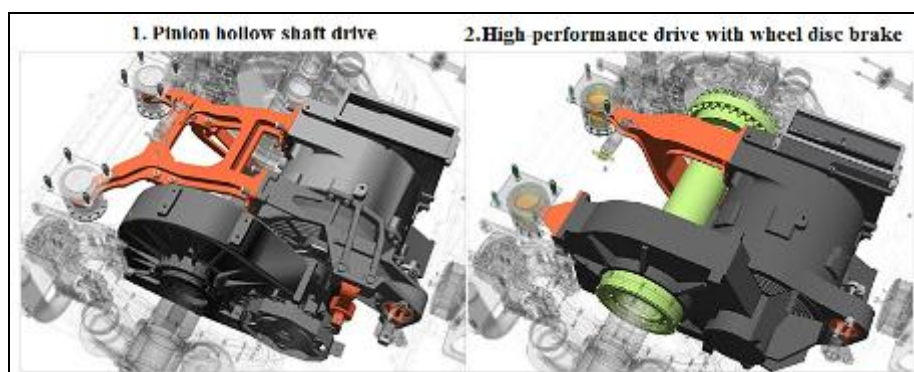
- rám složený z bočních podélníků, nosníku tažného čepu, podélného a příčného nosníku a z plechů dna
- čelo tvořené kabinami strojvedoucího, přičemž ocelová zadní stěna kabiny je integrována do skeletu skříně,
- skelet skříně krytý bočními panely a střechou.

Lokomotivy Vectron využívají jednotné podvozky pro nákladní i osobní dopravu založené na principu „Ritzhohlwelle“ (přeloženo jako dutý hřídel – myšleno dutá náprava). Jedinou změnou na podvozcích může být způsob pohonu a s tím spojená maximální provozní rychlost lokomotivy. Siemens používá dva principy pohonu dvojkolí, které zajišťují frekvenčně řízené třífázové trakční asynchronní motory.

První je pohon dutým hřídelem pastorku tzv. Pinion hollow shaft drive, vhodný do rychlostí 200 km/h. Jedná se o klasické uspořádání pohonu, kde velké ozubené kolo je nalisováno přímo na duté nápravě a trakční motor je uložen pružně na rámu podvozku (z jedné strany dvouramennou konzolou, z druhé strany závěsem). Převodovka spočívá přímo na nápravě. Jedná se o polo odpružený pohon. Mezi převodovkou spočívající přímo na nápravě a trakčním motorem je lamelová spojka. Pro tlumení pohybu pohonu je instalován také příčný tlumič. Jednou ze zvláštností je plně oddělené ložisko pastorku od prostoru převodovky, které je mazané plastickým mazivem a ne olejem z převodovky. Tím si výrobce zajišťuje znemožnění kontaminace mazací látky kovovými částicemi z otěru převodu.

Druhý princip je tzv. High-performance drive with wheel disc brake, tj. vysoce výkonný pohon přímo na kola dvojkolí. Uložení do rámu podvozku je plně kompatibilní s předchozí variantou s použitím dvou konzol pro uchycení trakčního motoru a převodovky.

Tato varianta používá k přenosu sil mezi převodovkou a dvojkolím dutý hřídel se dvěma zubovými spojkami na obou koncích. Tato varianta umožňuje použití lokomotivy v rychlostí až 230 km/h. Společnost SIEMENS zatím nevyrobila ani jednu lokomotivu VECTRON s touto variantou pohonu. [34]



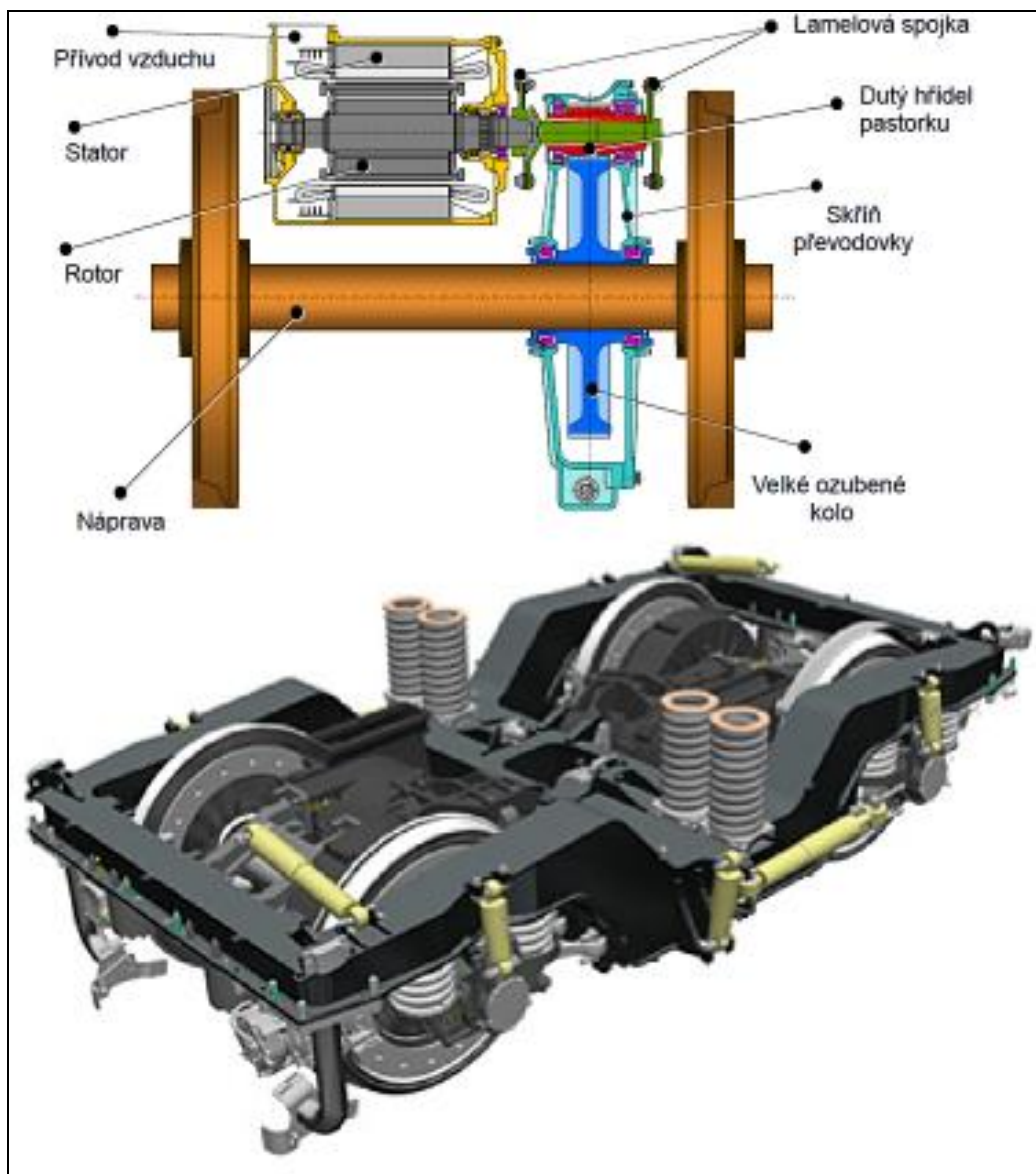
Obrázek 37 - Varianty pohonu dvojkolí lokomotivy VECTRON [34]

Podvozek lze konfigurovat dle potřeb provozovatele na provozní požadavky. Volit lze různé nápravové senzory, brzdová zařízení umožňující variantu od dvou výrobců, mazání okolků, pískovací zařízení a národní vlakové zabezpečovací systémy. Rám podvozku je vyroben z uzavřených svařovaných profilů a skládá se ze dvou podélníků uprostřed snížených, středového a dvou koncových příčníků. Rám je plně svařovaný výhradně automatizovanou technikou a neobsahuje žádné prvky z odlitků nebo kovaných dílů. Ve středu rámu podvozku se nachází vedení pro tažný čep. Převodovka je uložena na nápravě dvojkolí a zavěšena pomocí torzní vzpěry ve tvaru kyvadla. Torzní vzpěra je pro snížení relativních pohybů mezi převodovkou a motorem situována co nejblíže ke spojce. Podvozek je vybaven pohonem prvního typu, jak je uvedeno výše. Mezi motorem a převodovkou je bezúdržbová spojka s ocelovými lamelami pro přenos krouticího momentu a pro kompenzaci relativních pohybů. Tento druh pohonu má velmi malé neodpružené hmoty, což se pozitivně projevuje na jízdních vlastnostech vozidla a snížením opotřebení od vibrací. Pro tlumení vibrací pohonu je instalován také příčný tlumič. Pohon je složen ze střídavého asynchronního motoru s kotvou nakrátko a z jednostupňové převodovky. Chlazení trakčního motoru je nucené pomocí ventilátoru ve strojovně. Dvojkolí mají monobloková kola z válcovaných disků a kované duté nápravy. Nápravová ložiska jsou bezúdržbové kompaktní ložiskové jednotky. Ložiskové skříně jsou vyrobeny z tvárné litiny. Vedení dvojkolí v rámu podvozku je provedeno pomocí podélně-příčných ojníc ve tvaru trojúhelníkových ramen. Primární vypružení zajišťují vinuté pružiny, upevněné na ložiskové skříně. Sekundární vypružení zajišťují rovněž vinuté pružiny. Na nich jsou uloženy desky z elastomerového laminátu jako elektroizolační vrstva. Zároveň tlumí přenos vibrací a snižují odpor, působící na pružiny od natáčení podvozku vůči skříně. Hydraulické tlumiče zajišťují tlumení ve svislé, příčné i podélné ose (vrtivé pohyby), což zajišťuje bezpečný provoz vozidla, zejména při vyšších rychlostech. Jako volitelné příslušenství jsou nabízeny tzv. aktivní tlumiče vrtivých pohybů podvozku (ADD). Toto zařízení optimalizuje polohu podvozku v oblouku a tím snižuje vodící síly, které mají negativní vliv na jízdní vlastnosti lokomotivy a opotřebení kol.

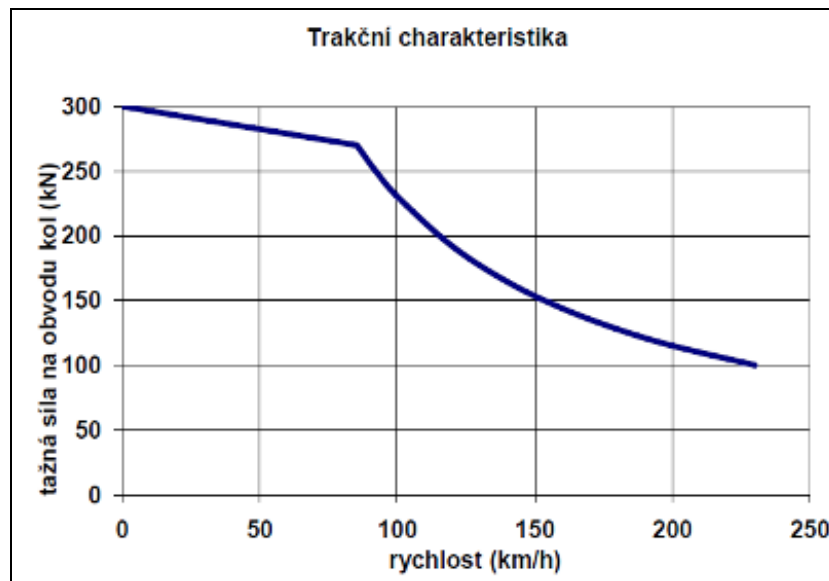
Přenos podélných sil z podvozku na skříně lokomotivy zajišťují svislé čtyřhranné čepy přivařené k rámu skříně a zasahující hluboko do podvozku, co nejblíže k temeni kolejnice, pro vysokou eliminaci klopných momentů při přenosu tažných sil. Dosedací plochy jsou opatřeny gumokovovými opěrami v podélném i příčném směru a slouží zároveň jako dorazy. Na každém kole na koncích podélníků je umístěna brzdová jednotka, která může být spolu s brzdovými kotouči volena od dvou různých výrobců. [34]

Tabulka 8 - Parametry lokomotivy VECTRON X4-E

Parametr	Hodnota
Napěťová soustava	3 a 1,5 kV DC, 25 kV / 50 Hz a 15 kV / 16 2/3 Hz AC
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	88 t
Zatížení na nápravu	21,5 t
Délka přes nárazníky	18,9 m
Šířka	3 m
Maximální rychlost	160 km/h
Výkon	6400 kW
Trvalá tažná síla	(nezjištěno)
Maximální tažná síla	300 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu dvojkolí	mechanickou převodovkou



Obrázek 38 - Podvozek lokomotivy VECTRON pro rychlost do 160km/h s dutým hřídelem pastorku [7] [34]



Obrázek 39 - Trakční charakteristika lokomotivy Vectron [7]

1.4.1.6 ŠKODA – 109E (91E) EMIL ZÁTOPEK



Obrázek 40 – Lokomotiva EMIL ZÁTOPEK 109E2 od firmy ŠKODA [31]

Škoda Transportation představila v září roku 2008 prototyp řady 109E na veletrhu Innotransu v Berlíně. O dva roky později obdržela první z lokomotiv této řady povolení k provozu s cestujícími v České republice. V průběhu roku 2012 probíhaly zkoušky v Německu a Polsku. V roce 2013 byl tento typ homologován německým certifikačním orgánem EBC podle norem TSI. Tento akt umožňuje další schválení k provozu v okolních zemích. Doposud bylo vyrobeno dvacet kusů řady 109E pro České dráhy a dvě lokomotivy 109E2 pro Slovenské dráhy ZSSK. Škoda Transportation dále vyhrála výběrové řízení na dodání šesti lokomotiv 109E pro tzv. push-pull vlaky pro německé dráhy Deutsche Bahn Regio.

Lokomotiva 109 je vícesystémová universální lokomotiva určená k provozu na evropských tratích rychlostí do 200 km/h (109E), resp. 160 km/h (109E2). V této kapitole je prezentována i doposud nevyrobená projektovaná varianta lokomotivy této platformy, určená pro nákladní dopravu, označená typem 91E. Je odvozena z varianty universální. Hlavní rozdíly oproti typu 109E jsou v rozměrech. Lokomotiva 91E je čtyřnápravová, čtyřsystémová elektrická lokomotiva. Skříň je po obou koncích opatřena kabinami strojvedoucího. Na každé straně tlakotěsné a odhlučňené kabiny jsou vstupní dveře. Kabina je svařena z kostry a je oplechovaná. Od strojovny je oddělena příčkou (protipožární ochrana). Konstrukce kabiny vyhovuje normám TSI s prvky zvyšujícími odolnost proti nárazu. Čela kabin jsou navržena tak, aby v případě poškození nárazem byla jejich oprava co nejjednodušší. Střecha kabiny se skládá z ocelových profilů, na které je nalepena skořepina ze skelného laminátu.

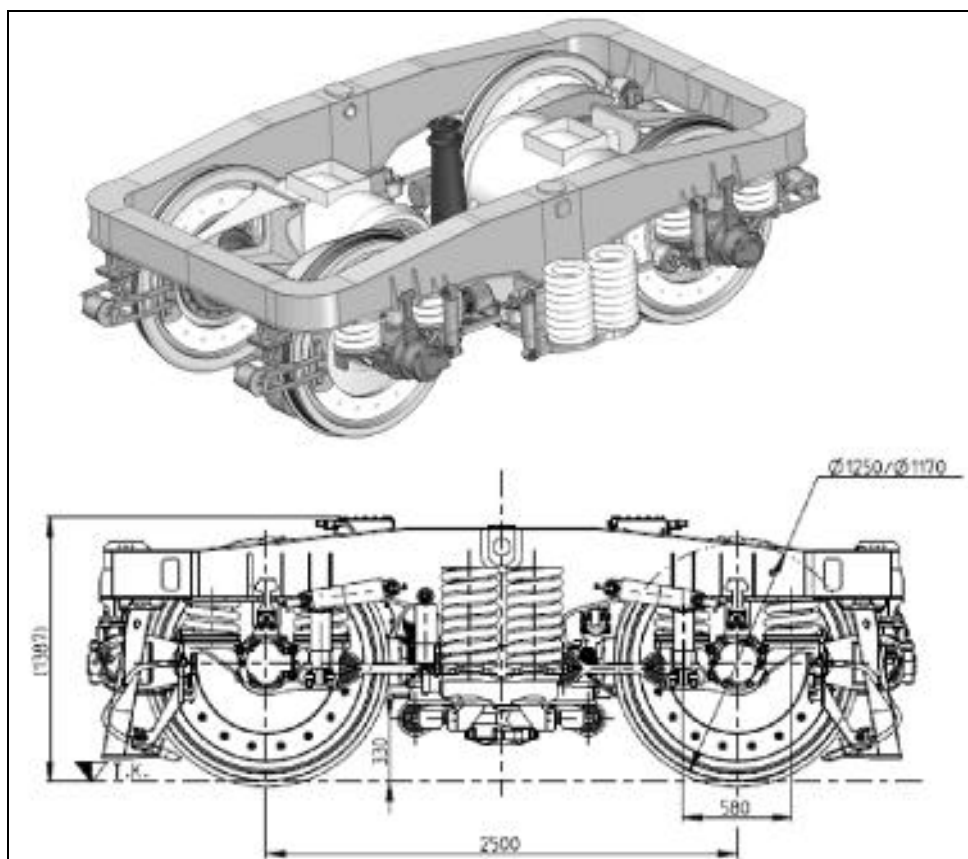
Panoramatické jednoduché okno zajišťuje dobrý výhled strojvedoucímu od středově orientovaného pultu. Skříň lokomotivy je ocelové samonosné konstrukce s nosným spodním rámem, který nese v koncových částech narážecí a tažné ústrojí a kabinové moduly.

Hrubá stavba skříně je svařena z ocelových plechů, z ohýbaných nebo válcovaných ocelových profilů. Strojovna nemá okna. Toto řešení hrubé stavby skříně částečně vychází z prototypu ŠKODA 85E0-ATM (169.001-5) a vykazuje dobré mechanické vlastnosti při nízké hmotnosti. Strojovna je uspořádána se středovou průchozí uličkou. Střecha se skládá ze tří samostatných svařovaných panelů, nesených dvěma příčnými mosty, upevněnými na bočnice lokomotivy.

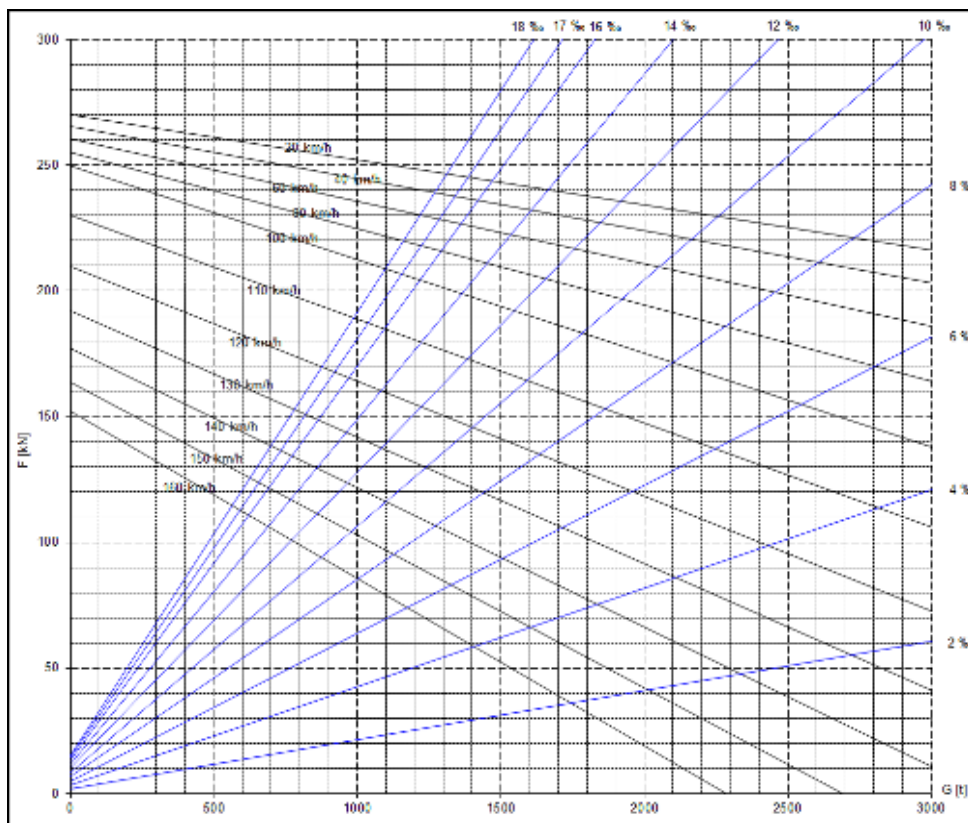
Podvozek má rám tvořený dvěma čelníky, dvěma podélníky a jedním dolním příčným navařeným pod podélníky. Na výstupcích (tzv. balkónech) dolního středního příčníku jsou upevněny prvky sekundárního vypružení a vedení dvojkolí pomocí ojníc. Příčník má ve střední části otvor pro tažný čep, který je k příčniku uchycen pomocí antiparalelogramu, neboli tzv. lemniskátového mechanismu pro přenos tažných sil. Mechanismus tvoří svařené vahadlo a dvě ojnice s vzájemně natočenými oky o 90°. Ojnice jsou uchyceny do konzol na příčniku rámu podvozku. Primární vypružení tvoří šroubovitě válcové pružiny systému „flexicoil“. Pružiny jsou upevněny přes pryžové silentbloky na ložiskových skříních a jsou doplněny o svislý hydraulický tlumič. Sekundární vypružení tvoří dvě sady šroubovitých válcových pružin systému „flexicoil“. Systém „flexicoil“ kromě svislého vypružení zachycuje také podélné a příčné reakce a umožňuje natáčení podvozku. Pružiny „flexicoil“ zachytávají veškeré reakce od popsaných pohybů. Pružiny jsou doplněny svislým hydraulickým tlumičem. Pohon dvojkolí zajišťují asynchronní třífázové motory společně s jednostupňovou nápravovou převodovkou. Převod je tvořen ozubenými koly se šikmým čelním ozubením a s kloubovým dutým hřídelem vyrobeným z kompozitních materiálů. Dutý hřídel a převodovka jsou spojeny kloubovou spojkou. Na druhém konci dutého hřídele je druhá kloubová spojka připojena k monoblokovému kolu s brzdovými kotouči. Náprava dvojkolí prochází právě tímto dutým hřídelem. Celá trakční jednotka je uložena na jednom konci na středovém příčniku rámu podvozku a na druhém konci upevněna k čelníku rámu podvozku pomocí pružného bloku. Dvojkolí je složeno z duté nápravy a dvou monoblokových kol s brzdovými kotouči přišroubovanými po obou stranách kola. Monobloková kola jsou vyrobena z oceli R9T. [35]

Tabulka 9 - Parametry lokomotivy EMIL ZÁTOPEK 91E

Parametr	Hodnota
Napět'ová soustava	3 a 1,5 kV DC, 25 kV / 50 Hz a 15 kV / 16 2/3 Hz AC
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	85 - 90 t
Zatížení na nápravu	21,25 - 22,5 t
Délka přes nárazníky	18 m
Šířka	3,08 m
Maximální rychlost	160 km/h
Výkon	6400 kW
Trvalá tažná síla	263 kN
Maximální tažná síla	300 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu dvojkolí	dutým hřídelem



Obrázek 41 – Podvozek lokomotivy EMIL ZÁTOPEK 91E [35]



Obrázek 42 - Koreffův zátěžový diagram maximální tažné síly EMIL ZÁTOPEK 91E [35]

1.4.2 Dieselové lokomotivy

Obsahem kapitoly je podrobná analýza konkrétních typů diesel-elektrických lokomotiv od výrobců uvedených v kapitole 1.2, které splňující alespoň některá kritéria tabulky 3. Zásadní pro výběr lokomotivy je emisní třída, kterou musí spalovací motor splňovat. Tak jako silniční vozidla, tak i kolejová vozidla se spalovacími motory podléhají trendu snižování emisí ve výfukových plynech. Oproti elektrickým lokomotivám nedosahují dieselové lokomotivy takových výkonů hnacích agregátů, jako u elektrických lokomotiv, přesto se některým výrobcům daří přiblížit jejich tažné síle. Obrovskou výhodou dieselových lokomotiv je schopnost provozu i mimo elektrifikované úseky tratí. Dnešním trendem je také vybavovat elektrické lokomotivy spalovacími motory - prozatím na úkor jednoho napájecího systému. Většinou se jedná pouze o doplňkový motor s malým výkonem.

1.4.2.1 ALSTOM - BB 75000 PRIMA I

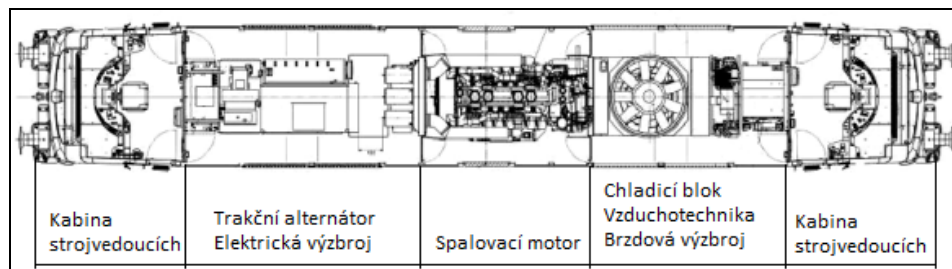


Obrázek 43 - PRIMA DE BB75000 ALSTOM [31]

Řada BB 75000/75100 je dvoukabinová diesel-elektrická lokomotiva určená pro nákladní vlaky do maximální rychlosti 120 km/h. Koncepce této lokomotivy vychází z platformy PRIMA první generace a pochází z let 2006 až 2010. Jedná se o společný projekt konsorcia ALSTOM-SIEMENS. Druhá generace lokomotiv PRIMA ve verzi diesel-elektrické zatím nebyla představena. Existují dvě verze této lokomotivy:

- BB75000 s homologací ve Francii, Česku a Slovensku,
- BB75100 s homologací ve Francii, Německu, Česku a Slovensku.

Skříň se skládá ze dvou samostatných kabin na koncích hlavního rámu lokomotivy a strojovny mezi nimi. Pult strojvedoucího je středově orientovaný. Bočnice skříňe jsou vyrobené jako jednodílné a jsou součástí integrální stavby skříňe. Na každé straně lokomotivy jsou použity nárazníky umožňující dvě úrovně absorpce energie v případě nehody. Lokomotiva odolá nárazu do stojící překážky v rychlosti do 40 km/h bez deformace hlavního rámu lokomotivy. Strojovna je uspořádána se dvěma uličkami na stranách a tak každá kabina má dvoje dveře do strojovny. Strojovna je rozdělena do tří oddílů oddělených příčkami s dveřmi. Rozmístění oddílů je uvedeno na obrázku 44.



Obrázek 44 - Layout strojovny lokomotivy PRIMA DE BB75000 [10]

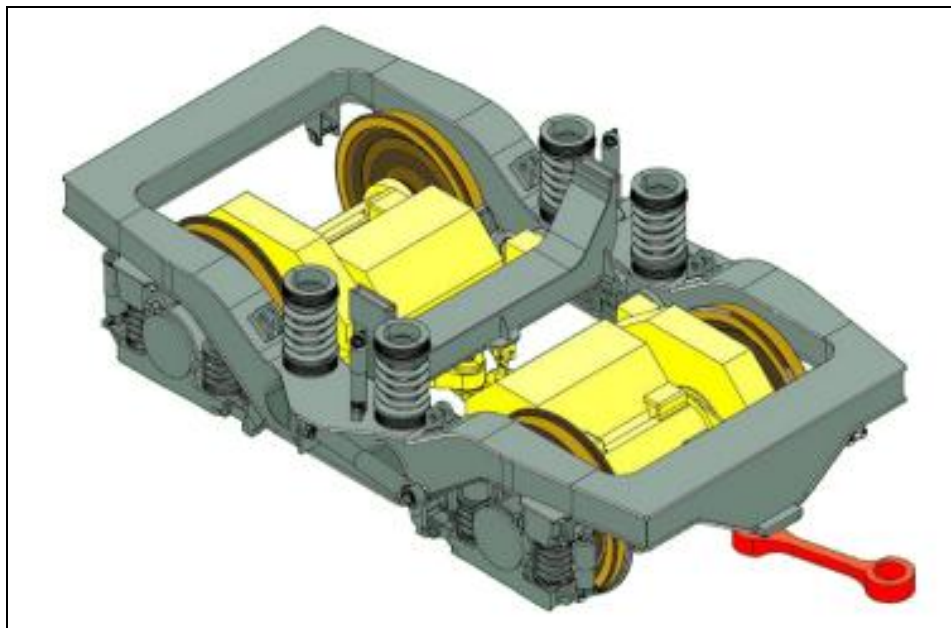
Střecha nese brzdové odpory a tlumič výfuku. Pod hlavním rámem je naftová nádrž o objemu 4000 litrů, umístěná mezi podvozky, dále baterie a hlavní vzduchovny (2 x 500 l).

Lokomotiva je vybavena spalovacím motorem o výkonu 2000 kW výrobce MTU. Pohon dvojkolí zajišťují čtyři asynchronní trakční motory.

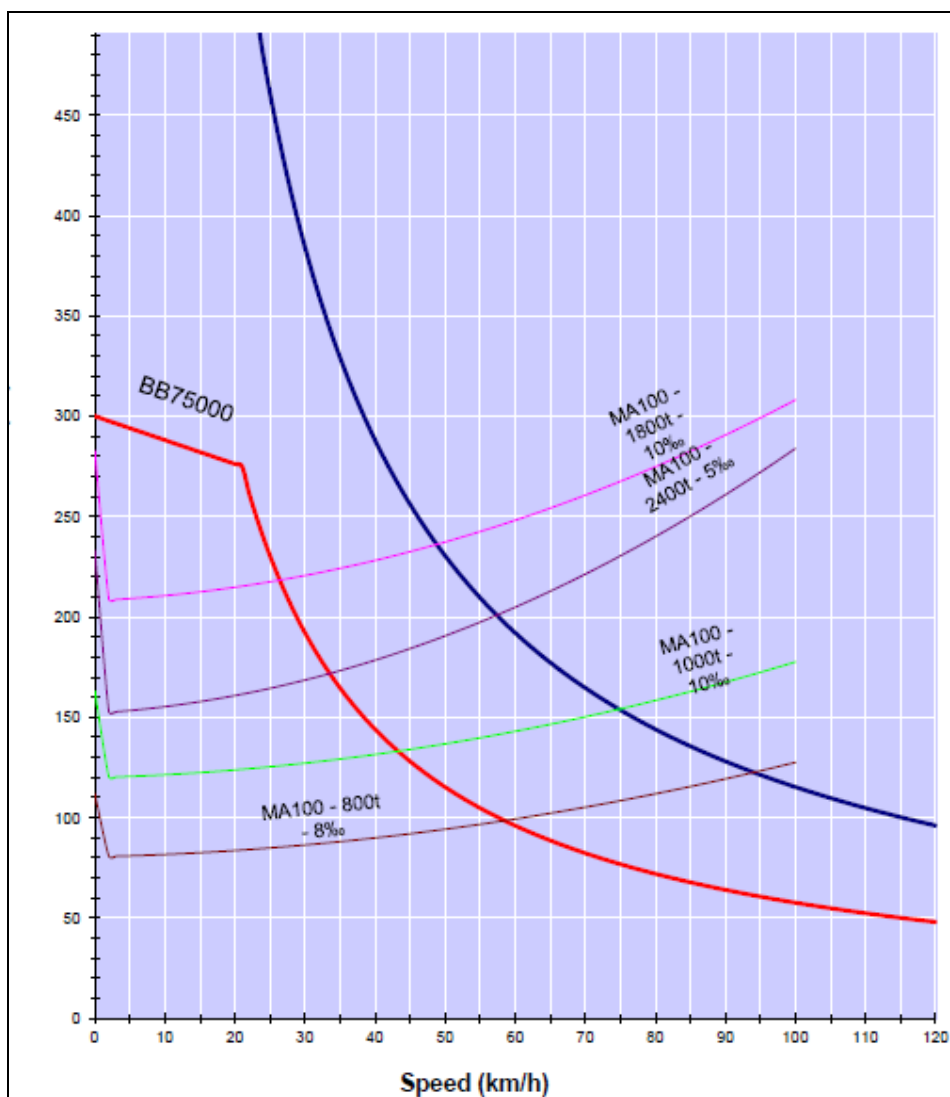
Rám podvozku tvoří svařenec dvou podélníků a tří příčných, vyrobených jako uzavřené nosníky z plechů. Středový příčník má navíc funkci dorazů příčných pohybů. Ložiskové skříně jsou vybaveny kuželíkovými ložiskovými jednotkami. Kola jsou monobloková o průměru 1150 mm s odhadovanou životností 1 milion kilometrů. Přenos podélných sil zajišťuje tažně-tlačná tyč. Primární i sekundární vypružení se skládá z dvojic vinutých pružin, doplněných tlumiči. Vedení dvojkolí je zajištěno krátkými ojnicemi, které jsou uchycené k ložiskové skříni k rámu podvozku. Trakční motor je asynchronní s kotvou nakrátko s nucenou ventilací. Motory jsou zavěšeny na rámu podvozku a z druhé strany jsou uloženy na nápravě v ložiskové skříni (tzv. cannon box). Přenos krouticího momentu z trakčního motoru na dvojkolí je veden přes jednoduchou převodovku. Tento typ podvozku je předchůdcem podvozků lokomotivy PRIMA II (viz Kapitola 1.4.1.1). [10]

Tabulka 10 – Parametry lokomotivy BB75000

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	86 t
Zatížení na nápravu	21,5 t
Délka přes nárazníky	20,28 m
Šířka	2,857 m
Maximální rychlost	120 km/h
Výkon	2000 kW (spalovací motor), 1600 kW (trakční)
Trvalá tažná síla	177 kN při 32,5 km/h
Maximální tažná síla	300 kN
Průměr kola	1150 mm
Přenos výkonu dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	MTU 16V4000 R41
Jmenovitý výkon	2000 kW
Jmenovité otáčky	1800 ot./min
Volnoběžné otáčky	600 ot./min
Vstřikovací systém	Common rail direct injection
Počet a uspořádání válců	16, do V po 90°
Vrtání válce	165 mm
Zdvih pístu	190 mm
Zdvihový objem	65,04 L
Palivo	Diesel v souladu s EN590
Objem nádrže	4000 L
Spotřeba paliva	200 g/kWh
Spotřeba oleje	0,5 % spotřeby paliva
Emisní třída	ERRI 2003, UIC II



Obrázek 45 - Podvozek lokomotivy BB7500 [10]



Obrázek 46 - Trakční charakteristika a nomogram zátěže lokomotivy BB75000 [10]

1.4.2.2 BOMBARDIER – TRAXX DE MULTIENGINE



Obrázek 47 - Vizualizace lokomotivy TRAXX DE ME BOMBARDIER [31]

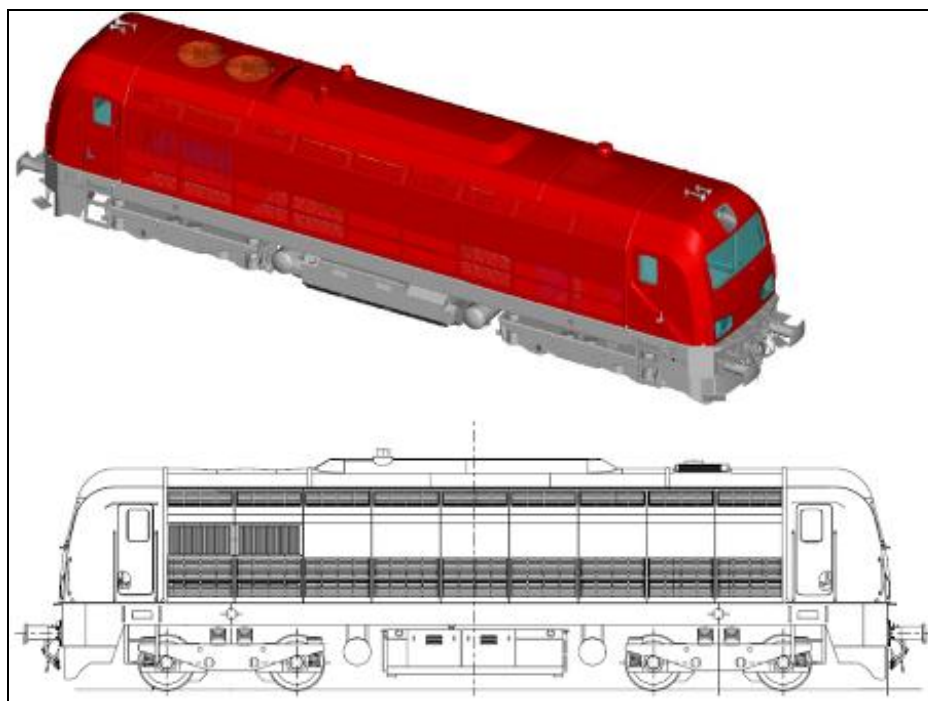
V roce 2012 představila společnost BOMBARDIER první lokomotivu koncepce TRAXX DE ME (multiengine), tj. více motorovou lokomotivu. Tento stroj se pyšní čtyřmi spalovacími motory s celkovým výkonem 2256 kW. Oproti původní elektrické verzi platformy TRAXX tedy musely být zásadně přepracovány hlavní rám a skříň lokomotivy. Z boku skříně jsou vytvořeny technologické otvory pro údržbu každého motoru, což vedlo k nutnosti zvláštního vyztužení konstrukce bočnic. Kromě uvedených změn lokomotiva přebírá maximum celků z úspěšné elektrické verze TRAXX F140MS (viz Kapitola 1.4.1.2). Projekt čtyřagregátové lokomotivy TRAXX DE ME přináší v porovnání s jednoagregátovou lokomotivou obdobného výkonu následující výhody:

- nižší spotřeba paliva (8 až 12 %) a použitelnost 100% biopaliva,
- nižší náklady LCC i přes vyšší pořizovací náklady,
- vyšší spolehlivost (schopnost vyřazení porouchaného spalovacího motoru),
- nižší emise, než požaduje třída STAGE IIIB,
- nižší náklady na údržbu,
- snazší opravy spalovacího motoru. [36]

Tabulka 11 - Parametry lokomotivy TRAXX DE ME

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	82 t
Zatížení na nápravu	20,5 t
Délka přes nárazníky	18,9 m
Šířka	2,977 m
Maximální rychlost	160 km/h
Výkon	2256 kW
Trvalá tažná síla	(nezjištěno)
Maximální tažná síla	300 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	(4 x) CAT C18
Jmenovitý výkon	(4 x) 564 (2256) kW
Jmenovité otáčky	1800 ot./min.
Volnoběžné otáčky	650 ot./min.
Vstříkovací systém	přímé vstříkování, mechanicko-elektronické (MEUI)
Počet a uspořádání válců	6, řadový
Vrtání válce	145 mm
Zdvih pístu	183 mm
Zdvihový objem	(4 x) 18,1 L
Palivo	motorová nafta dle EN590 nebo směsná nafta B20
Emisní třída	EU Stage IIIB (aktuálně platná)
Objem nádrže	4000 L

1.4.2.3 CZ LOKO BIZON 753.6



Obrázek 48 – Vizualizace lokomotivy BIZON 753.6 CZLOKO [8]

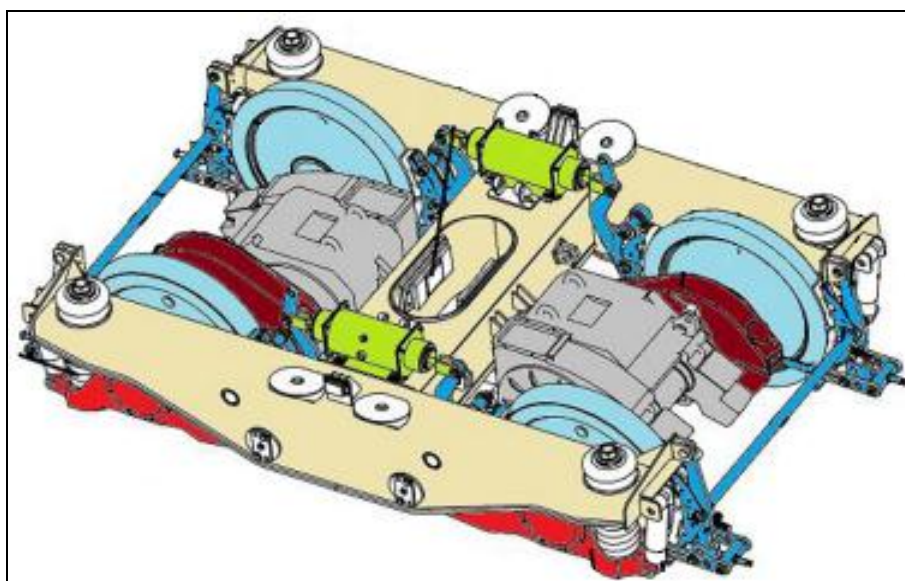
V roce 2012 poprvé představila společnost CZ LOKO další stupeň v jejich modernizacích lokomotivy s přezdívkou „brejlovec“. Jedná se o původní lokomotivy řad 750, 752 a 753, u kterých jsou ponechány hlavní rám lokomotivy a podvozky. Veškeré nástavby na rámu jsou novostavby. Lokomotiva obdržela řadu 753.6 a obchodní název „BIZON“.

Jedná se o čtyřnápravovou motorovou lokomotivu určenou pro středně těžkou a těžkou traťovou službu. Hlavní rám lokomotivy je svařovaná konstrukce s hlavními podélníky spojenými pomocí čelníků a příčníků. Na čelech hlavního rámu je uloženo táhlové a narážecí ústrojí. Táhlový hák je vypružen pryžokovovými lamelami. Za nárazníky je v hlavním rámu dutina pro umístění deformačních prvků. Ty slouží jako ochrana proti poškození hlavního rámu při prudkém najetí na překážku. K hlavnímu rámu je přivařena kostra lokomotivní skříň, která je provedena jako příhradová konstrukce. Na kostru jsou upevněny bočnice vyrobené ze sklolaminátu a skládají se z vnějšího pláště a z protihlukové izolace. Na bočnicích je větší množství žaluzií, z nichž některé jsou funkční, jiné tvoří designový prvek. Strojovna je rozdělena do tří sekcí oddělených příčkami s dveřmi: vzduchotechnika, spalovací motor, elektrické přístroje. Na obou koncích hlavního rámu jsou umístěny kabiny strojvedoucího. Oproti původnímu řešení jsou kabiny prostorné, ergonomicky řešené, s dobrými výhledovými vlastnostmi. Celková koncepce kabin je zaměřena na komfort a bezpečnost. Uvnitř každé kabiny je umístěn ovládací pult, který je středově soustředěn. Každá kabina má dvoje dveře, které jsou otevírány směrem do kabiny.

Podvozky lokomotivy jsou převzaty z původní lokomotivy. Rám podvozku je otevřený tvaru H, složený ze dvou podélníků a středového hlavního příčnicku. Podélníky jsou výlisky z plechu tvaru U, ze spodní strany otevřené s přivařenými zesilujícími lemy.

Vedení dvojkolí je řešeno pomocí kyvných ramen. Primární vypružení je řešeno vinutými pružinami. Sekundární vypružení tvoří tzv. pryžokovové sendvičové bloky. Přenos tažných sil zajišťuje svislý čep přivařený k hlavnímu rámu lokomotivy a pronikající do středu příčnicku podvozku. Dvojkolí je složeno z obručových kol. Pohon zajišťují trakční motory TDM5003. Jedná se o stejnosměrné, sériově buzené čtyřpólové elektromotory s cizí ventilací.

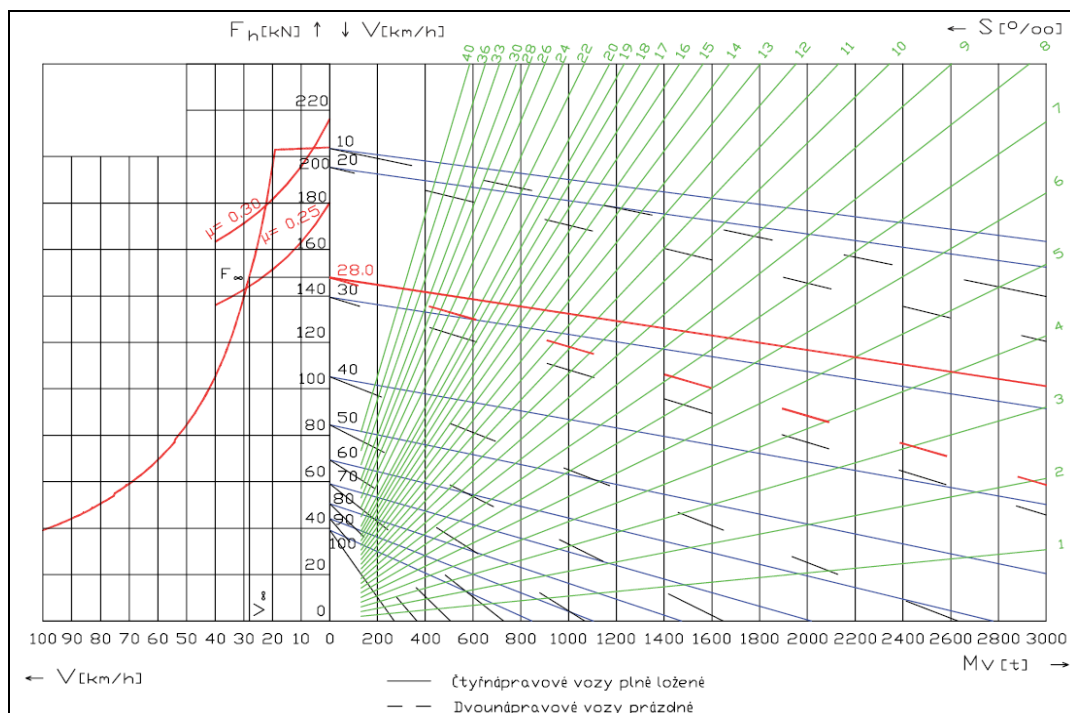
Uloženy jsou z jedné strany pružně na rámu podvozku a z druhé strany na upraveném tlapovém uložení, které je nyní řešeno jako valivé. Kola jsou brzděna oboustranně pomocí brzdových špalíků. S ohledem na použití elektrodynamické brzdy je vyloučeno použití nekovových špalíků. [8]



Obrázek 49 - Podvozek lokomotivy 753.6 (bez úpravy kluzných ložisek) [8]

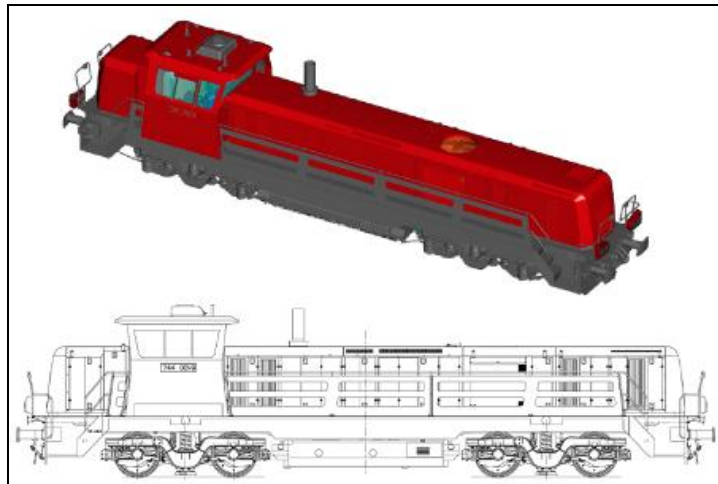
Tabulka 12 – Parametry lokomotivy BIZON 753.6

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B' o B' o
Hmotnost	72 nebo 76 t
Zatížení na nápravu	18 nebo 19 t
Délka přes nárazníky	16,66 m
Šířka	3,09 m
Maximální rychlost	100 km/h
Výkon	1550 kW spalovací motor, 1150 kW pro trakci
Trvalá tažná síla	138 kN při 28 km/h
Maximální tažná síla	206 kN
Průměr kola	1000 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	CAT 3512C HD
Jmenovitý výkon	1550 kW spalovací motor, 1150 kW pro trakci
Jmenovité otáčky	1800 ot./min
Volnoběžné otáčky	700 ot./min
Vstřikovací systém	Electronically Controlled Unit Injectors
Počet a uspořádání válců	12, do V
Vrtání válce	170 mm
Zdvih pístu	215 mm
Zdvihový objem	58,536 L
Palivo	motorová nafta v souladu s normou ČSN EN590
Objem nádrže	5000 L
Spotřeba paliva	218 g/kWh ± 3 %
Spotřeba oleje	(nezjištěno)
Emisní třída	EU Stage IIIA



Obrázek 50 - Koreřův zátěžový diagram lokomotivy BIZON 753.6 [29]

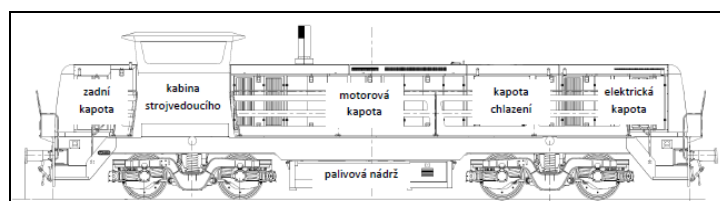
1.4.2.4 CZ LOKO 744



Obrázek 51 – lokomotiva řady 744 CZ LOKO [9]

V roce 2012 představila společnost CZ LOKO zcela novou lokomotivu řady 744. Jedná se o univerzální lokomotivu použitelnou pro traťovou službu, ale i pro vlečkový provoz. Lokomotiva je kapotová, s věžovou kabinou strojvedoucího. Společnost CZ LOKO ji nabízí ve dvou provedeních: s výkonem 1000 kW osazenou spalovacím motorem Caterpillar 3508C a s výkonem 1500 kW (s motorem 3512C). Prozatím byl vyroben jeden prototyp a ten je využíván společností CZ LOKO k pronájmu zákazníkům.

Hlavní rám je celosvařované konstrukce z ocelových plechů. Tvoří ho dva hlavní svislé podélníky tvaru „I“, vzájemně propojené příčnický a čelníky tloušťky 40 mm. K hlavním příčnickům jsou přivařeny tažné čepy. Na čelních hlavních rámu je uloženo táhlové a nárazecí ústrojí. Táhlové ústrojí je tvořeno tažným hákem s pryžokovovým pružícím blokem a může být nahrazeno spřahovacím zařízením typu S99. Za nárazníky je prostor pro umístění deformačních prvků pro ochranu hlavního rámu v případě kolize. Při obvyklých pracovních podmínkách (podélné síly nepřesahují 1000 kN na jeden nárazník), se funkce deformačních prvků neuplatňuje. Při překročení této síly dochází k prostřížení střížného plechu (tloušťky 3,6 mm) a k vlastní funkci deformačního prvku. Ve střední části hlavního rámu je vytvořen prostor pro hnací ústrojí, který je zespodu uzavřen záchytnou ekologickou vanou. Kabina strojvedoucího je věžového provedení s výhledem do všech stran. Její konstrukce odpovídá požadavkům UIC 505-1, UIC 651 a TNŽ 28 5201. Kostra kabiny je tvořena z uzavřených válcovaných a otevřených ohýbaných profilů svařených do jednoho celku. Vnější opláštění je řešeno oplechováním a laminátovými prvky. Kabina je zvukově i tepelně izolována, podlaha kabiny je opatřena bezpečnostní podlahovou krytinou s protiskluzovým povrchem. Vstup do kabiny je proveden dvojicí diagonálně umístěných dveří přímo z ochozu lokomotivy. V kabině jsou dva pulty strojvedoucího včetně sedaček umístěné k pravé straně ve směru jízdy, tzn. diagonálně. Kostra kapot je z profilů svařená ocelová konstrukce. Opláštění tvoří ocelový plech, pouze čela jsou laminátové díly. Základní členění lokomotivy je na obrázku 52.



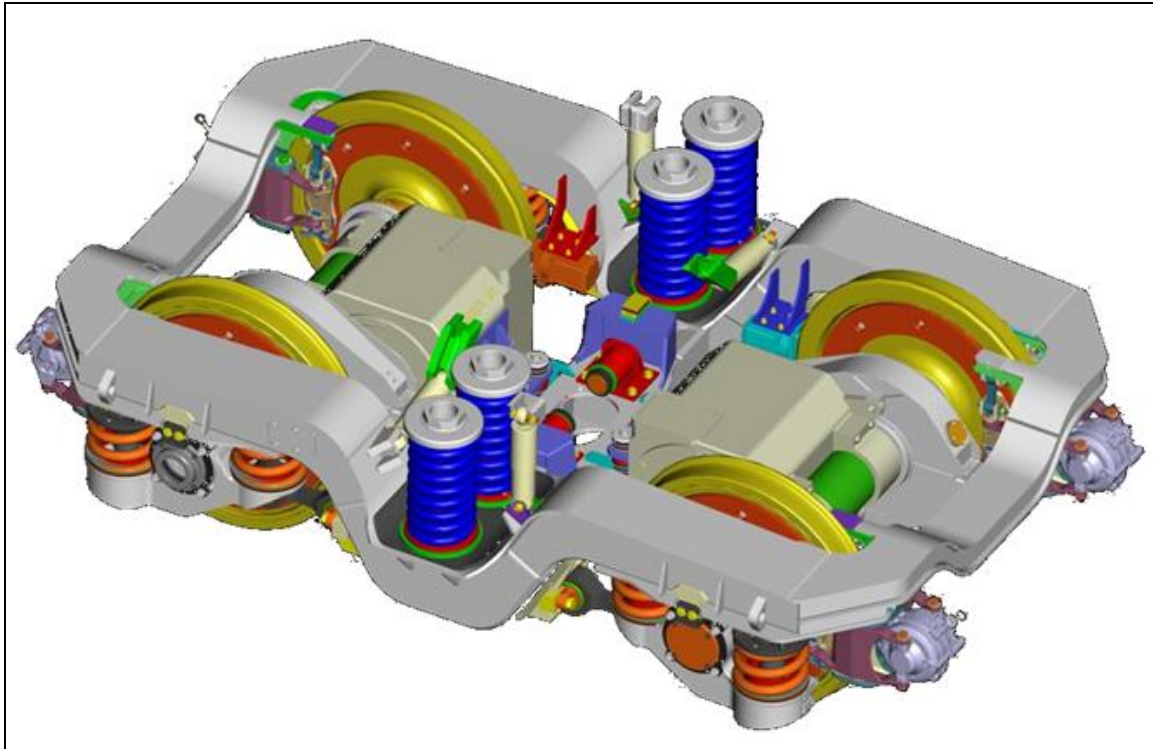
Obrázek 52 - rozdělení sekcí kapot lokomotivy řady 744 [9]

Podvozky jsou vlastní konstrukce. Rám podvozku je svařenec z plechů tlouštěk 12 a 15 mm, tvořený ze dvou vyztužených podélníků, ve střední části snížených a spojených středovým příčnickem, resp. dvěma čelníky na koncích. Příčnick má ve středové části oválný otvor pro tažný čep. Pro tlumení rázů v podélném směru jsou použity pryžokovové opěry s kluznicemi a v příčném směru vypružené nárazky tvořené talířkovými pružinami. Dvojkolí sestává z monoblokových kol o průměru 1100 mm, z brzdových kotoučů a plné nápravy. Pohon dvojkolí zajišťují asynchronní trakční motory TAM 1084C6 s cizí ventilací. Motory jsou tlapově zavěšené na pouzdře obepínajícím nápravu. Tlapová ložiska jsou valivá. Stator motoru je dále zavěšen na příčnicku podvozku prostřednictvím s pryžokovových silentbloků. Krouticí moment z hřídele trakčního motoru na dvojkolí je přenášen přes jednostupňovou převodovku s převodovým poměrem 84:17. Jedná se o ozubený převod s čelním ozubením, přičemž zuby jsou pod sklonem 20°. Pastorek je nalisován na čepu hřídele motoru a velké ozubené kolo je nalisováno přímo na nápravu. Ložiskové skříně jsou odlitky, nápravová ložiska jsou jednořadá válečková. Ložisková skříň nese vinuté pružiny primárního vypružení. Seřizování kolových sil se děje pomocí vkládání podložek pod pružiny. Tlumiče svislých kmitů primárního vypružení se nacházejí uvnitř pružin. Vedení dvojkolí je ojnickové. Ojničky mají v okách navulkanizovaná pryžová pouzdra.

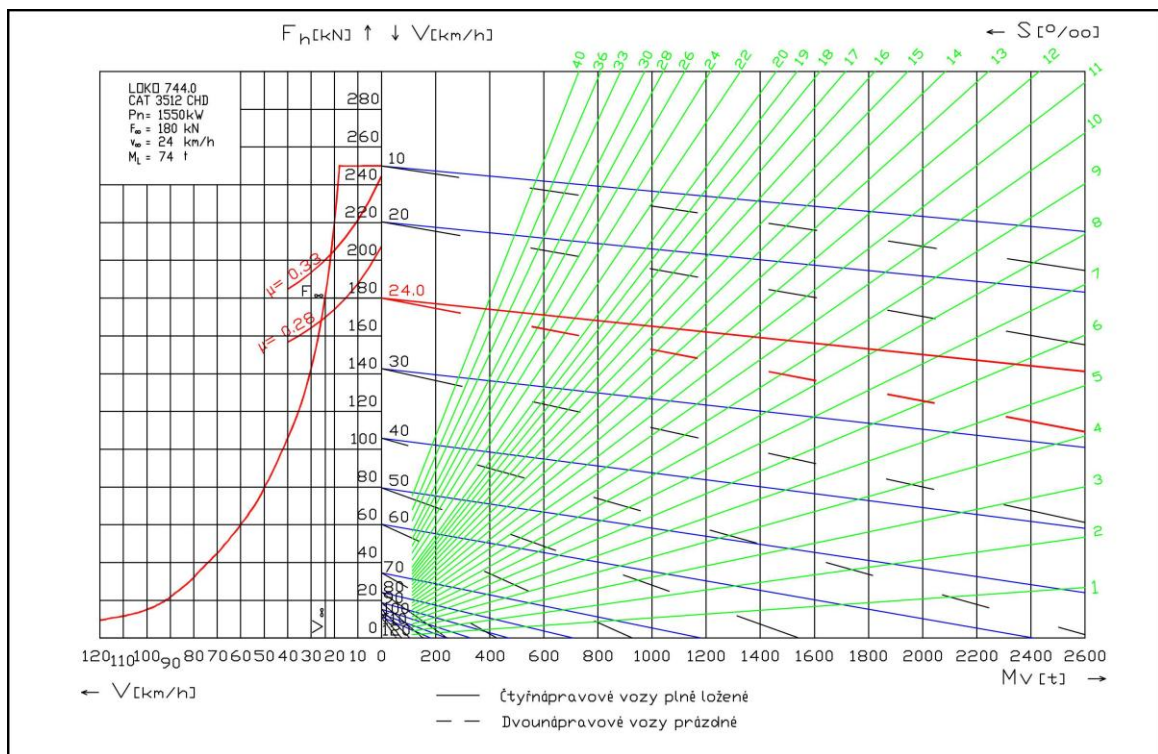
Sekundární vypružení tvoří dva páry vinutých pružin „flexicoil“. Brzdové jednotky jsou uchyceny přímo na čelníku podvozku a působí na každé přilehlé kolo. Ke každému kolu přísluší čistící špalík jízdní plochy, umístěný na vnitřní straně podvozku. [9]

Tabulka 13 - Parametry lokomotivy 744 CZ LOKO

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'0 B'0
Hmotnost	76 t (variantně 88 t)
Zatížení na nápravu	19 t
Délka přes nárazníky	17,4 m
Šířka	3,06 m
Maximální rychlost	100 km/h
Výkon	1000 kW (variantně 1500 kW) spalovací motor
Trvalá tažná síla	161 kN (variantně 180 kN)
Maximální tažná síla	239 kN (variantně 245 kN)
Průměr kola	1100 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	CAT 3508C (variantně 3512C)
Jmenovitý výkon	1000 kW (1500 kW pro 3512C)
Jmenovité otáčky	1800 ot./min
Volnoběžné otáčky	650 ot./min
Vstřikovací systém	Electronically Controlled Unit Injectors
Počet a uspořádání válců	8, do V (12, do V u motoru 3512C)
Vrtání válce	170 mm
Zdvih pístu	190 mm
Zdvihový objem	34,4 L (51,6 litrů u 3512C)
Palivo	motorová nafta v souladu s normou ČSN EN590
Objem nádrže	5000 L
Spotřeba paliva	(nezjištěno)
Spotřeba oleje	(nezjištěno)
Emisní třída	EU Stage IIIA



Obrázek 53 - Podvozek lokomotivy řady 744 [9]



Obrázek 54 – Koreffův zátěžový diagram lokomotivy řady 744 [9]

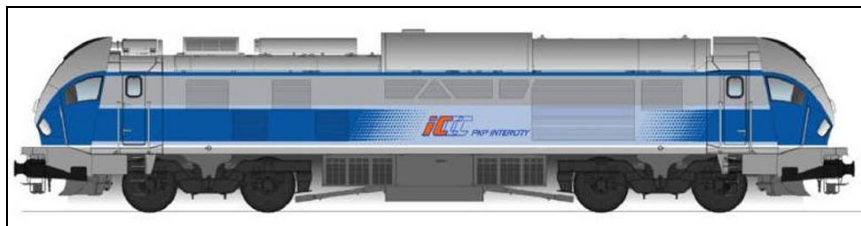
1.4.2.5 NEWAG GRIFFIN D4MSU

Společnost NEWAG nabízí ve svém portfoliu v platformě GRIFFIN také dieselelektrickou verzi této lokomotivy s označením D4MSU. Prozatím nebyla vyrobena. Vychází z koncepce E4MSU. [31]

Tabulka 14 – Parametry lokomotivy GRIFFIN D4MSU

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	79 t
Zatížení na nápravu	19,75 t
Délka přes nárazníky	19,9 m
Šířka	(nezjištěno)
Maximální rychlost	160 km/h
Výkon	2300 kW
Trvalá tažná síla	(nezjištěno)
Maximální tažná síla	248 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	(nezjištěno)

1.4.2.6 PESA GAMA DIESEL



Obrázek 55 – Lokomotiva GAMA DE 111Dd PESA [31]

Společnost PESA ve své platformě GAMA připravila také dieselelektrickou verzi s označením 111Dd. Tak jako jiní výrobci, i PESA jde cestou modularity, takže její dieselelektrická verze v mnohém konstrukčně vychází z verze elektrické (viz kapitola 1.4.1.4.) V roce 2014 byl podepsán kontrakt se společností PKP Intercity na dodávku 10 kusů dieselové verze s plánem dodání prvního kusu v roce 2015. V lokomotivě je použit spalovací motor MTU typu 16V 4000 R84.

Tabulka 15 - Parametry lokomotivy GAMA 111Dd

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	84 t
Zatížení na nápravu	24 t
Délka přes nárazníky	19,98 m
Šířka	3 m
Maximální rychlost	140 km/h
Výkon	2400 kW (spalovací motor)
Trvalá tažná síla	(nezjištěno)
Maximální tažná síla	275 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu dvojkolí	(nezjištěno)

Pokračování tabulky 15.

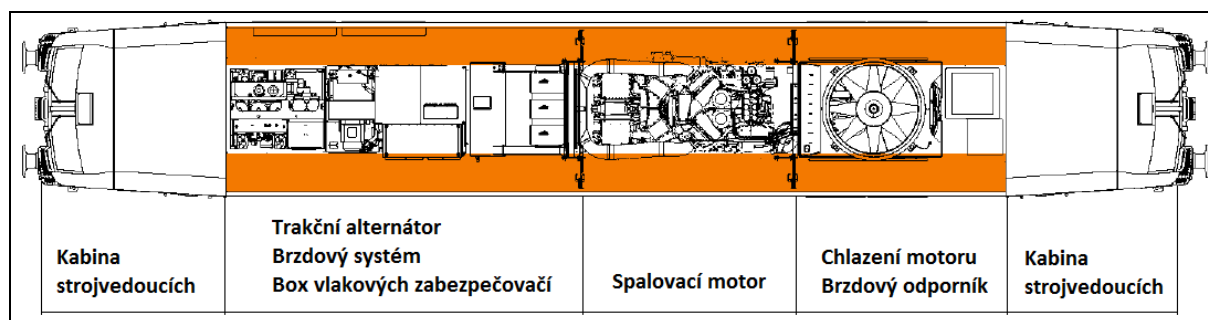
Spalovací motor	
Typ	MTU 16V 4000 R84
Jmenovitý výkon	2400 kW
Jmenovité otáčky	1800 ot./min
Volnoběžné otáčky	(nezjištěno)
Vstřikovací systém	(nezjištěno)
Počet a uspořádání válců	16, do V
Vrtání válce	170 mm
Zdvih pístu	210 mm
Zdvihový objem	76,32 L
Palivo	motorová nafta dle EN 590
Objem nádrže	5400 L
Spotřeba paliva	(nezjištěno)
Spotřeba oleje	(nezjištěno)
Emisní třída	EU Stage IIIB

1.4.2.7 SIEMENS VECTRON DE



Obrázek 56 – Lokomotiva VECTRON DE SIEMENS [31]

Tak, jako VECTRON X4-E MS, je i jeho dieselová verze modulární a kromě uspořádání a výbavy strojovny je téměř totožná s elektrickou variantou (popis elektrické verze lokomotivy VECTRON je uveden v kapitole 1.4.1.5). Změna je především v konstrukci bočnic skříně, vynucená dosazením dalších žaluzií. Rozdíl je také v konstrukci střechy. Vzhledem k použití jednoho velkého spalovacího motoru jsou všechny komponenty strojovny soustředěny do podélné osy lokomotivy. Z tohoto důvodu má strojovna dvě průchozí uličky, do kterých vedou dveře z kabin strojvedoucích. Uspořádání strojovny je patrné z obrázku 57. Jednotlivé sekce jsou odděleny vzduchotěsnými příčkami. Stejně tak jako nové lokomotivy u ostatních výrobců musí i VECTRON DE splňovat emisní normy STAGE IIIB.



Obrázek 57 – Layout lokomotivy VECTRON DE [31]

Tabulka 16 - Parametry lokomotivy VECTRON DE

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	81 - 88 t
Zatížení na nápravu	20,25 - 22 t
Délka přes nárazníky	19,98 m
Šířka	3,02 m
Maximální rychlost	160 km/h
Výkon	2400 kW spalovací motor
Trvalá tažná síla	(nezjištěno)
Maximální tažná síla	275 kN
Průměr kola	1100 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	MTU 16V 4000 R84
Jmenovitý výkon	2400 kW
Jmenovité otáčky	1800 ot./min
Volnoběžné otáčky	(nezjištěno)
Vstřikovací systém	(nezjištěno)
Počet a uspořádání válců	16, do V
Vrtání válce	170 mm
Zdvih válce	210 mm
Zdvihový objem	76,32 L
Palivo	(nezjištěno)
Objem nádrže	5000 L
Spotřeba paliva	(nezjištěno)
Spotřeba oleje	(nezjištěno)
Emisní třída	EU Stage IIIB

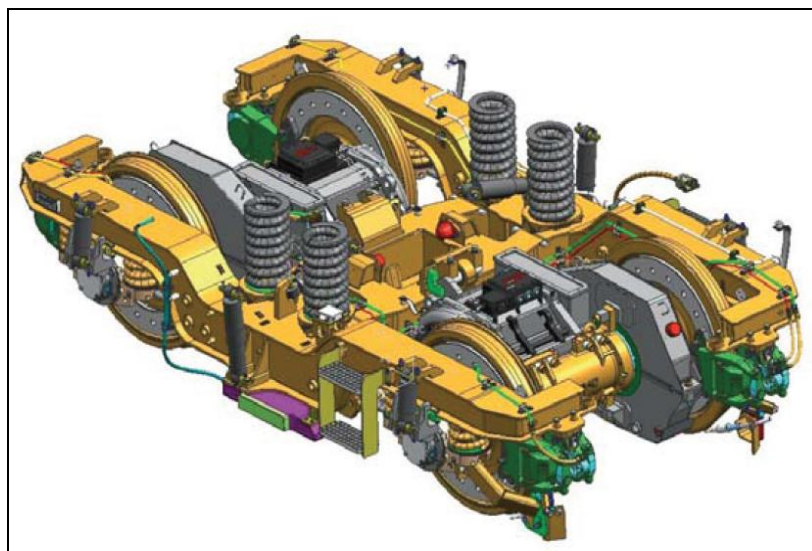
1.4.2.8 VOSSLOH EUROLIGHT



Obrázek 58 – Lokomotiva EUROLIGHT VOSSLOH [37]

Lokomotiva EUROLIGHT od firmy VOSSLOH z rodiny EURO se vyznačuje vysokým výkonem a nižším zatížením na nápravu. To je výhodné pro provozovatele, kteří zajíždějí i mimo hlavní koridory. Výrobce v konstrukci zúročil zkušenosti z již ověřených typů EURO 3000 a 4000. Prozatím byly vyrobeny dva prototypy v roce 2010.

Lokomotiva je navržena jako dvou kabinová. Strojovna má dvě postranní uličky a je rozdělena do tří částí. Podvozky lokomotivy jsou svařené z plechů s otevřenými konci. Jsou složeny ze dvou podélníků a jednoho středového příčnicku, ve kterém je uprostřed otvor pro tažný čep. Pohon zajišťují tlakově uložené trakční motory a nápravové převodovky. Uložení trakčních motorů na nápravě je řešeno pomocí dutého hřídele obepínajícího nápravu. Primární i sekundární vypružení zajišťují vinuté pružiny, doplněné hydraulickými tlumiči. Sekundární vypružení je typu „flexicoil“. Dvojkolí je složeno z monoblokových kol s brzdovými kotouči přímo na kolech. Na každém konci podélníku spočívá brzdová jednotka. Přenos podélných je veden přes tažné čepy. Mezi podvozky je umístěná dostatečně dimenzovaná palivová nádrž. Základní objem palivové nádrže je 4000 litrů. Pro britský trh vyrobila společnost Vossloh navíc verzi s obchodním označením UKLIGHT s palivovou nádrží o objemu 5000 litrů. [37].

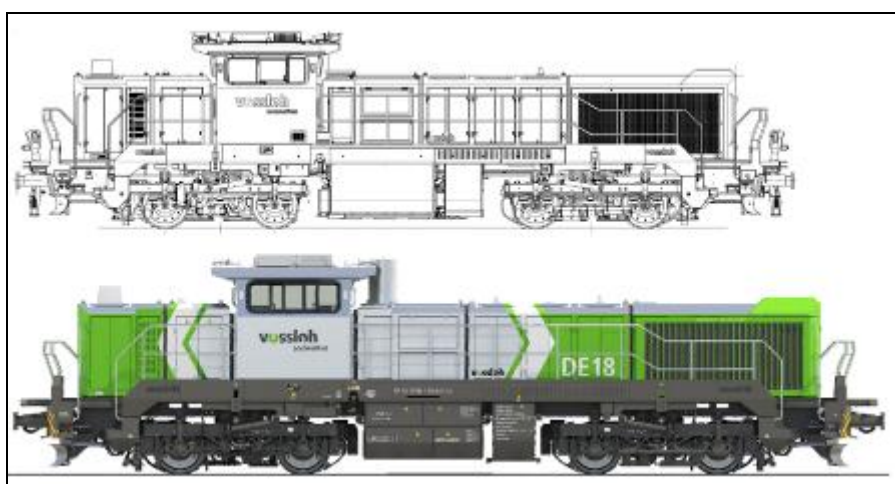


Obrázek 59 - Podvozek lokomotivy EUROLIGHT [37]

Tabulka 17 – Parametry lokomotivy EUROLIGHT

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	77,5 – 79 t
Zatížení na nápravu	19,4 – 19,8 t
Délka přes nárazníky	20,32 m
Šířka	(nezjištěno)
Maximální rychlost	120 km/h
Výkon	2300 kW / 2800 kW
Trvalá tažná síla	(nezjištěno)
Maximální tažná síla	300 kN / 317 kN
Průměr kola	1100 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	CAT C175-12 / CAT C175-16
Jmenovitý výkon	2300 kW / 2800 kW
Jmenovité otáčky	1800 ot/min
Volnoběžné otáčky	(nezjištěno)
Vstřikovací systém	Common Rail
Počet a uspořádání válců	12, do V / 16, do V
Vrtání válce	175 mm
Zdvih pístu	220 mm
Zdvihový objem	63,6 L (C175-12) / 84,8 L (C175-16)
Palivo	motorová nafta dle normy EN590
Objem nádrže	4000 L
Spotřeba paliva	209 g/kWh při jmenovitém výkonu
Spotřeba oleje	(nezjištěno)
Emisní třída	EU Stage IIIA / IIIB

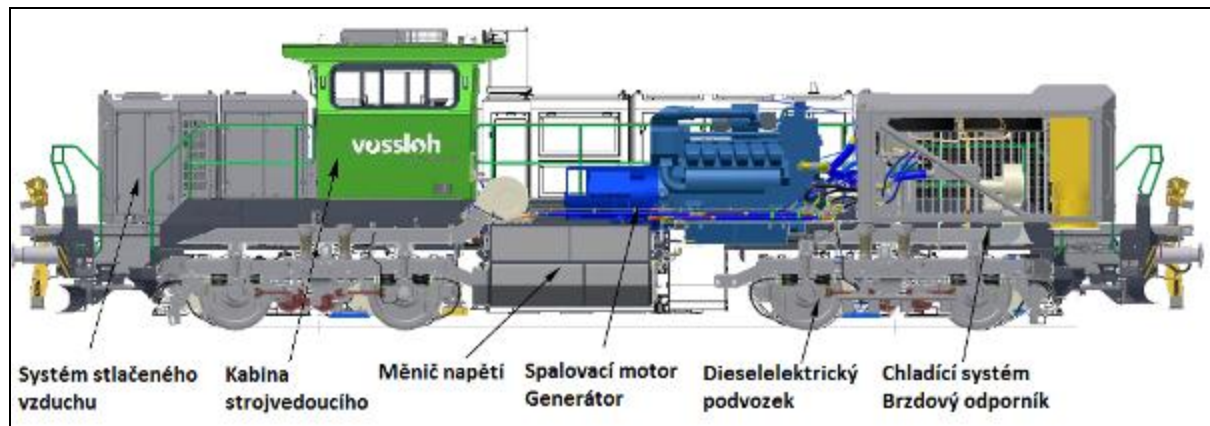
1.4.2.9 VOSSLOH DE18



Obrázek 60 – Lokomotiva DE18 VOSSLOH [11]

Společnost VOSSLOH vyrábí diesellové lokomotivy ve městě Kiel již od roku 1923. Produkce byla výhradně zaměřena na výrobu dieselhydraulických lokomotiv, nicméně od roku 2012 nabízí společnost i dielelektrické varianty.

Tyto lokomotivy jsou vhodné jak pro traťovou službu tak i pro posunovací tzn., že jsou univerzální. Vybranou z jejich portfolia je lokomotiva s označení DE18. Jedná se o lokomotivu z nové rodiny lokomotiv VOSSLOH. Lokomotiva má věžovou kabinou strojvedoucího soustředěnou více k jedné straně a vytváří tak dlouhý a krátký díl kapoty. Lokomotivy mají systematicky členěné zařízení do bloků. Rozvržení přístrojů a vybavení je znázorněno na obrázku 61.



Obrázek 61 – Uspořádání sgregátů na lokomotivě DE18 [11]

Filozofií společnosti Vossloh je zajistit maximální zaměnitelnost dílů napříč celým portfoliem lokomotiv. Výbava navíc může být variabilní podle země provozu vozidla. Lokomotiva je v základní verzi nabízena s motory značky MTU, které lze ale na požadavek nahradit motory Caterpillar.

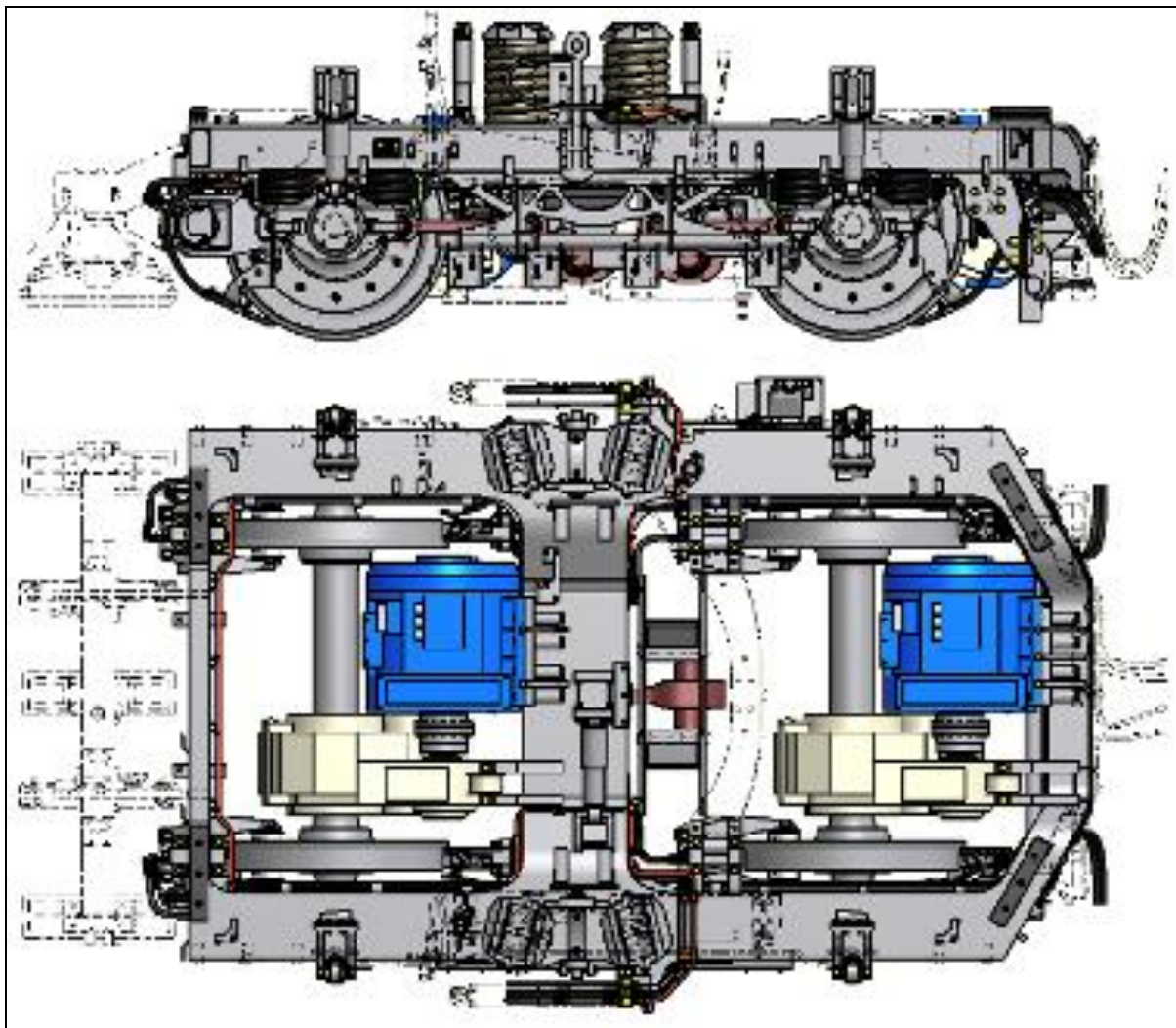
Podvozky lokomotivy tvoří svařovaný rám. Ten je na jednom čele uzavřen trubkou a na druhém zalomeným zešíkmeným čelníkem. Oba podélníky jsou přímé, středový příčník je snížený. Primární i sekundární vypružení zajišťují vinuté pružiny. Pohon dvojkolí je zajištěn trakčními motory uloženými plně na rámu a převodovkou, která je spojena s trakčním motorem spojku. Trakční motory jsou v každém podvozku uloženy symetricky. Převodovka spočívá přímo na nápravě a z druhé strany je uchycena pomocí závěsu k rámu podvozku. Vedení dvojkolí je pomocí ojnic. Dvojkolí je složeno z monoblokových kol s brzdovými kotouči. Všechna kola jsou brzděná a vybavená čistícími brzdovými špalíky. Přenos podélných sil zajišťuje nízko položená krátká ojnice, uchycená vespod středového příčníku. Opačný konec ojnice je ukotven do konzole, vetknuté do hlavního rámu. [38]

Tabulka 18 - Parametry lokomotivy DE18 VOSSLOH

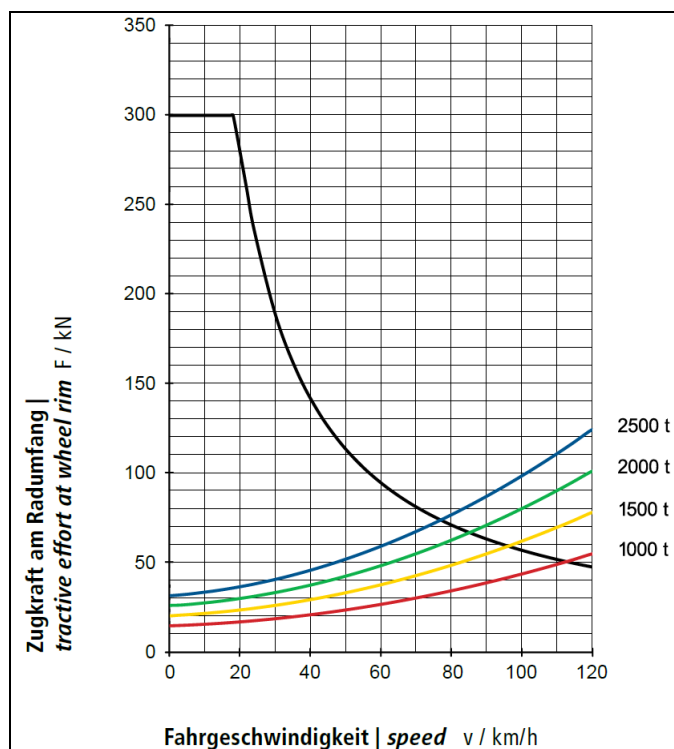
Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'0 B'0
Hmotnost	90 t
Zatížení na nápravu	22,5 t
Délka přes nárazníky	17 m
Šířka	3,08 m
Maximální rychlost	120 km/h
Výkon	1800 kW (spalovací motor)
Trvalá tažná síla	(nezjištěno)
Maximální tažná síla	300 kN
Průměr kola	1000 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou

Pokračování tabulky 18.

Spalovací motor	
Typ	MTU 12V 4000 R43(L)
Jmenovitý výkon	1800 kW
Jmenovité otáčky	1800 ot/min
Volnoběžné otáčky	(nezjištěno)
Vstřikovací systém	(nezjištěno)
Počet a uspořádání válců	12, do V
Vrtání válce	170 mm
Zdvih válce	210 mm
Zdvihový objem	57,24 L
Palivo	(nezjištěno)
Objem nádrže	4000 L
Spotřeba paliva	598.6 L/h při jmenovitém výkonu
Spotřeba oleje	(nezjištěno)
Emisní třída	EU/2004/26; Stage IIIA/ příprava na stage IIIB



Obrázek 62 - Podvozek lokomotivy DE18 [11]



Obrázek 63 - Trakční charakteristika lokomotivy DE18 [38]

1.4.2.10 VOITH GRAVITA 15LBB a MAXIMA 20LBB



Obrázek 64 – Lokomotiva VOITH GRAVITA 15LBB [39]

Společnost Voith Turbo Lokomotivtechnik z Kielu je dalším významným evropským výrobcem lokomotiv, vyrábí ale pouze dieselhydraulické verze. Produkuje jednak skříňové čtyř- a šestinápravové lokomotivy (platforma MAXIMA), ale také kapotové lokomotivy s jednou věžovou kabinou, rovněž čtyř- i šestinápravové (platforma GRAVITA). Unipetrol Doprava neuvažuje o provozu dieselhydraulických lokomotiv, a tak jsou lokomotivy Voith analyzovány pouze pro srovnání s ostatními čtyřnápravovými lokomotivami. [39]

Tabulka 19 – Parametry lokomotivy GRAVITA 15LBB VOITH

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	84 t
Zatížení na nápravu	21 t
Délka přes nárazníky	19,6 m
Maximální rychlost	100 km/h
Výkon	1800 kW (spalovací motor)
Maximální tažná síla	272 kN
Objem nádrže	5000 l



Obrázek 65 – Lokomotiva VOITH MAXIMA 20LBB [39]

Tabulka 20 - Parametry MAXIMA 20LBB VOITH

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	82 t
Zatížení na nápravu	20,5 t
Délka přes nárazníky	17,8 m
Maximální rychlost	120 km/h
Výkon	2400 kW (spalovací motor)
Maximální tažná síla	304 kN
Objem nádrže	5000 l

2 Unipetrol Doprava

Společnost Unipetrol Doprava podniká v oblasti železniční dopravy a přidružených služeb. Jako dopravce obhospodařuje vlastní lokomotivní a vozový park, který provozuje na určitých vozebních ramenech podle nasmlouvaných přeprav. Mezi další služby patří expedice, čištění železničních vozů a autocisteren, pronájem železničních vozů, opravy drážních vozidel, odstraňování následků mimořádných událostí a poradenská činnost v oblasti RID. Společnost Unipetrol Doprava měla v roce 2014 celkový počet zaměstnanců 424 (viz tabulka 21). V tomtéž roce se na celkových objemech přeprav obou segmentů podílelo 45 lokomotiv (viz kapitola 2.1.2), z toho 29 traťového charakteru a 16 vlečkového charakteru tzv. posunovací lokomotivy. Z celkového počtu nasazovaných lokomotiv je 38 v majetku společnosti a 7 je najatých od jiných subjektů. [12]

Tabulka 21 - Vývoj zaměstnanosti Unipetrol Doprava v letech 2009 – 2013 [12]

Rok	2009	2010	2011	2012	2013	2013	2014
Počet zaměstnanců včetně jednatelů k 31. 12. daného roku.	431	422	419	420	421	421	424

Tabulka 22 - Rozložení zaměstnanců do pracovních zařazení v roce 2014

Zařazení	Celkem	Muži	Ženy
Zaměstnanci Unipetrol Doprava	424	347	77
Ředitelství – řídicí pozice	124 (29 %)	-	-
Provozní pracovníci	300 (71 %)	-	-
Vlakové čety a staniční personál	222 (74 %)	Pozn.: podíl provozních pracovníků	
Lokomotivní čety a údržba vozidel	58 (19 %)		
Ostatní činnosti	20 (7 %)		

V oblasti přeprav rozděluje Unipetrol Doprava svou působnost do dvou základních segmentů, a to „Přistavné – manipulace na vlečkách“ a „Traťová doprava“. Tato práce analyzuje výkony a cíle v segmentu „Traťová doprava“ jako nedílnou součást k pochopení potřeb rozvoje stávajícího vozidlového parku o nové moderní lokomotivy pro nákladní traťovou dopravu.

Tabulka 23 uvádí vývoj přepraveného množství v tunách v rámci České republiky. Z vývoje je patrný nárůst výkonů společnosti Unipetrol Doprava v průběhu let 2009 až 2013. Tento trend je součástí politiky společnosti.

Tabulka 23 - Vývoj přepraveného množství zboží v ČR a společností Unipetrol Doprava [12]

Rok	2009	2010	2011	2012	2013
Přepravené množství v ČR (mil.tun)	82	85	86	84	85
Přepravené množství Unipetrol Doprava (mil.tun)	1,9	2,4	2,44	2,44	2,57
Podíl společnosti Unipetrol Doprava na přepraveném množství v ČR	2,32%	2,82%	2,84%	2,90%	3,02%

2.1 Traťová doprava

Unipetrol Doprava realizuje přepravy produktů převážně petrochemického průmyslu na dráze celostátní v České republice (viz tabulka 24) se zajištěním do přechodových pohraničních stanic. Z historie společnosti a nynější struktury skupiny Unipetrol je patrná závislost na přepravách petrochemických produktů. V této oblasti podnikání patří společnost Unipetrol Doprava mezi lídry v přepravených objemech v ČR (viz tabulka 25). Společnosti se daří tyto přepravy směřovat i mimo holding Unipetrol, čímž se stává Unipetrol Doprava méně závislou na holdingu.

Tabulka 24 - Struktura přepraveného množství společností Unipetrol Doprava za rok 2013 [12]

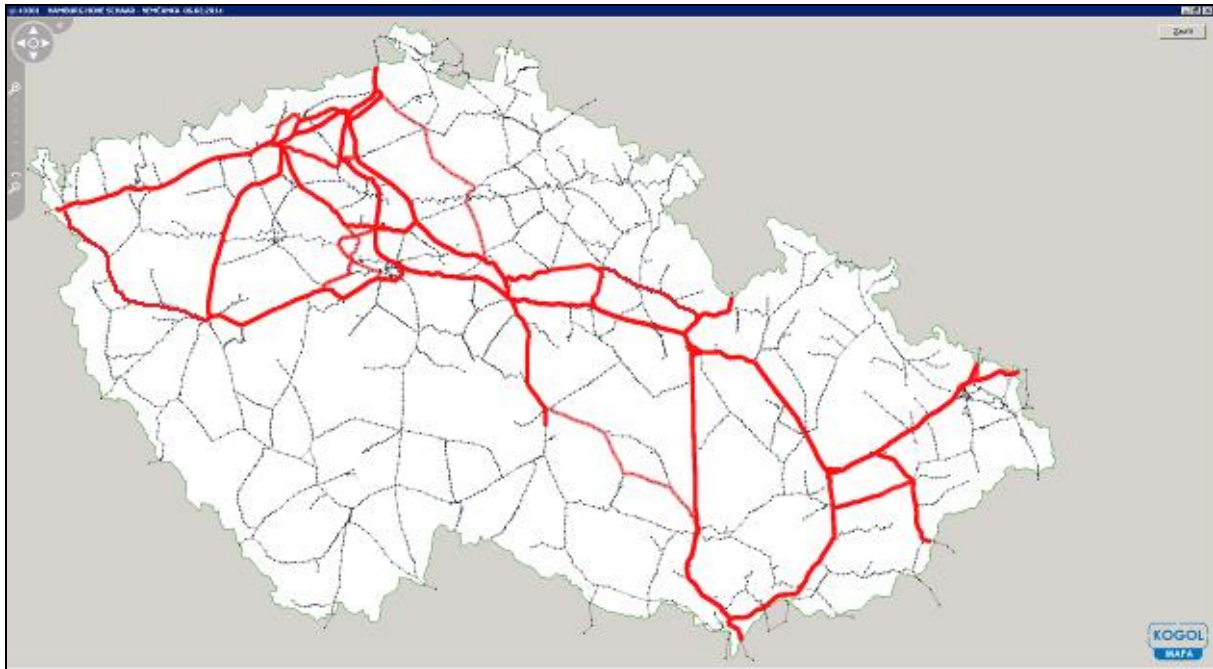
	Množství [t]	%
Motorová paliva	1 053 251	40,93 %
Petrochemické produkty	963 288	37,43 %
Agrochemie a ostatní chemie	537 389	20,88 %
Ostatní produkty	19 379	0,75 %
CELKEM	2 573 307	100 %

Tabulka 25 - Podíl dopravců na přepravních výkonech nákladní dopravy v ČR v roce 2012 a 2013 [13]

Dopravce	2012		2013	
	vlkm	hrtkm	vlkm	hrtkm
ČD Cargo	75,82 %	79,38 %	73,47 %	76,33 %
Advanced World Transport	6,11 %	8,03 %	6,02 %	7,78 %
Unipetrol Doprava	3,26 %	3,67 %	3,56 %	3,87 %
IDS Cargo	0,98 %	0,98 %	1,86 %	2,06 %
SD - Kolejová doprava	0,67 %	0,89 %	1,40 %	4,92 %
Rail Cargo Austria	0,02 %	0,02 %	1,21 %	1,77 %
LTE Logistik a Transport Czechia	1,03 %	1,40 %	0,93 %	1,18 %
METRANS Rail	0,61 %	0,63 %	0,79 %	0,96 %
BF Logistics	0,34 %	0,48 %	0,71 %	0,92 %
PKP CARGO	1,86 %	1,96 %	0,71 %	0,89 %
Ostatní	9,41 %	2,58 %	9,35 %	2,33 %

2.1.1 Mapa přeprav

Unipetrol Doprava provozuje traťovou dopravu převážně na hlavních koridorech mezi městy Ústí nad Labem – Praha (1. a 4. transitní koridor); Praha – Česká Třebová (1. a 3. transitní koridor); Česká Třebová – Brno – Kúty (1. transitní koridor); Česká Třebová – Přerov – Kúty (2. transitní koridor); Česká Třebová – Přerov – Bohumín (3. transitní koridor); Most – Bad Schandau. Dalšími frekventovanými tratěmi jsou Most – Cheb, Most – Plzeň, Most – Kralupy nad Vltavou, Ústí nad Orlicí – Lichkov, Hranice na Moravě – Horní Lideč, Kolín – Jihlava. (viz obrázek 66)

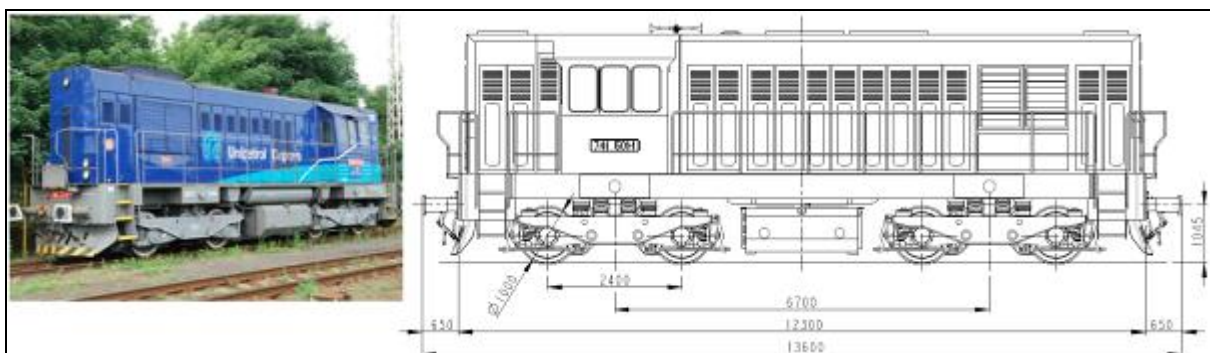


Obrázek 66 - Mapa přeprav v roce 2014

2.1.2 Vozidlový park

Společnost Unipetrol Doprava disponovala v roce 2014 celkovým počtem 29 traťových lokomotiv. Jedná se o zastaralý vozidlový park, na kterém jsou prováděny pouze nejnnutnější modernizace, převážně v návaznosti na měnící se legislativu. Vozidlový park se skládá výhradně z dieselelektrických lokomotiv z produkce bývalé ČKD a dvou lokomotiv vyrobených v závodech ŠKODA Plzeň.

a) Řada 740



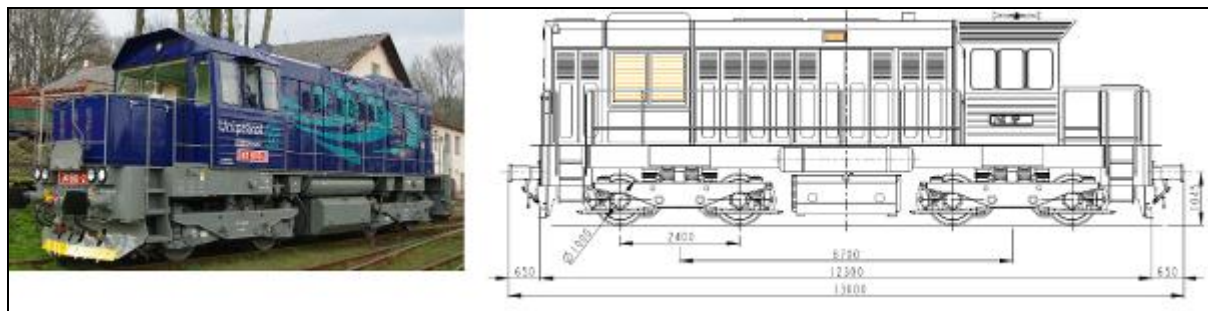
Obrázek 67 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 740

Lokomotivy řady 740 jsou určeny pro středně těžkou až těžkou posunovací službu a pro traťovou službu. Unipetrol Doprava je ale nasazuje i na delší traťové výkony, zejména v případě nedostatku vhodnějších lokomotiv. Lokomotiva je vybavena jednou kabinou strojvedoucího, situovanou blíže k zadnímu konci hlavního rámu. Konstrukce lokomotivy vychází z prototypů, vyrobených již v roce 1970. Podvozky jsou unifikované koncepce bývalé ČKD Lokomotivka a jsou popsány v kapitole 1.4.2.3. Těchto lokomotiv vlastní společnost Unipetrol Doprava celkem deset kusů, z toho sedm je určeno pro traťovou službu. Ostatní jsou podle potřeby nasazovány střídavě do vlečkového a traťového provozu.

Tabulka 26 - Parametry lokomotivy řady 740

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	72 t
Zatížení na nápravu	18 t
Délka přes nárazníky	13,58 m
Šířka	3,13 m
Maximální rychlost	70 km/h
Výkon	883 kW spalovací motor
Trvalá tažná síla	121 kN
Maximální tažná síla	192 kN
Průměr kola	1000 mm
Přenos výkonu dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	ČKD K6S230DR
Jmenovitý výkon	883 kW
Jmenovité otáčky	1250 ot./min
Volnoběžné otáčky	510 ot./min
Vstřikovací systém	přímé vstřikování, mechanicky ovládaná čerpadla
Počet a uspořádání válců	6, řadový
Vrtání válce	230 mm
Zdvih pístu	260 mm
Zdvihový objem	64,8 l
Palivo	motorová nafta v souladu s normou ČSN EN590
Objem nádrže	4000 L
Spotřeba paliva	228,5 g/kWh (+ 5 %) při jmenovitém výkonu
Spotřeba oleje	2,7 – 5,5 g/kWh
Emisní třída	(neuvádí se)

b) Řada 741.5



Obrázek 68 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 741.5

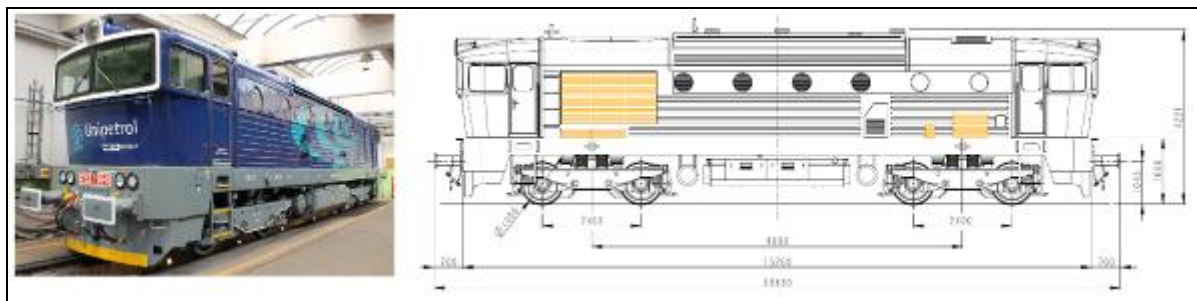
Lokomotiva řady 741.5 vznikla úpravou původní řady 740 na základě dlouho trvajících potřeb společnosti Unipetrol Doprava rozšířit svůj vozidlový park. Hlavní úprava lokomotivy řady 740 na řadu 741.5 spočívá ve změně trakčního převodového poměru z původního 78:15 na 77:16 z důvodu zvýšení maximální rychlosti na 90 km/h z původních 70 km/h. Konstrukční změna se týká ozubeného kola na nápravě a pastorku u trakčního motoru. Dále byly doplněny hydraulické tlumiče příčných kmitů do sekundárního vypružení. Další zásadní změnou prošla kabina strojvedoucího, kam byly dosazeny modernější ovládací prvky a elektricky ovládaná brzda.

Dále byla snížena krátká (bateriová) kapota v souvislosti se změnou napětí palubní sítě ze 110 V na 24 V. Díky tomu mohlo být čelo kabiny osazeno velkým výhledovým oknem. Ostatní celky lokomotivy jsou původního provedení z ČKD, pouze spalovací motor byl osazen doplňkovým obtokovým okruhem (bypassem) pro olej a chladicí kapalinu. Těchto lokomotiv vlastní společnost Unipetrol Doprava celkem šest kusů.

Tabulka 27 - Parametry lokomotivy řady 741.5

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	72 t
Zatížení na nápravu	18 t
Délka přes nárazníky	13,58 m
Šířka	3,13 m
Maximální rychlost	90 km/h
Výkon	883 kW spalovací motor
Trvalá tažná síla	121 kN
Maximální tažná síla	192 kN
Průměr kola	1000 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	ČKD K6S230DR
Jmenovitý výkon	883 kW
Jmenovité otáčky	1250 ot./min
Volnoběžné otáčky	510 ot./min
Vstřikovací systém	Přímé vstřikování, mechanicky ovládaná čerpadla
Počet a uspořádání válců	6, řadový
Vrtání válce	230 mm
Zdvih pístu	260 mm
Zdvihový objem	64,8 L
Palivo	motorová nafta v souladu s normou ČSN EN590
Objem nádrže	4000 L
Spotřeba paliva	228,5 g/kWh (+ 5 %) při jmenovitém výkonu
Spotřeba oleje	2,7 – 5,5 g/kWh
Emisní třída	(neuvádí se)

c) Řada 753.7



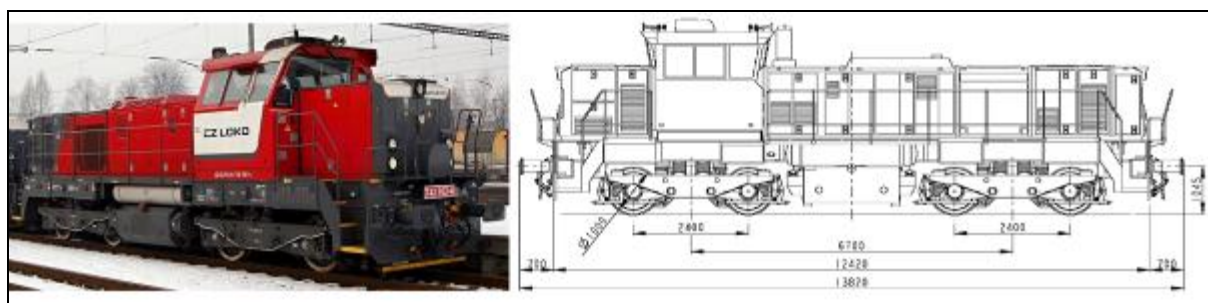
Obrázek 69 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 753.7

Lokomotiva řady 753.7 je dvou kabinová. Kabiny jsou uloženy na obou koncích hlavního rámu. Konstrukce vychází z původní lokomotivy ČKD řady 750 nebo 753, ale je po modernizaci dle projektu společnosti CZ LOKO.

Rozdíly oproti původní konstrukci jsou následující: změna spalovacího motoru z původního ČKD K 12 V 230 DR na Caterpillar 3512B, nový trakční alternátor, nové pomocné pohony, úpravy v konstrukci střechy a kapot, dosazení dodatečných ventilačních žaluzií, změna objemu palivové nádrže ze 4000 na 5000 litrů, kompletní výměna řídicího systému lokomotivy, kompletní náhrada pneumatických obvodů včetně kompresoru, nová elektroinstalace, zcela nové ovládací pulty strojvedoucího, dosazení klimatizace kabin. Napětí palubní sítě lokomotivy je 24 V. Další zásadní konstrukční změnou je vyšší izolační třída trakčních motorů. Hlavní rám má vytvořené kapsy pro umístění deformačních prvků v čelnících. Lokomotivy jsou určeny pro těžkou nákladní službu, kde jsou převážně využívány ve dvoučlenném řízení. Těchto lokomotiv vlastní společnost Unipetrol Doprava celkem osm kusů a dva další kusy má v nájmu. Tato řada je pro Unipetrol Doprava hlavní flotilou.

Tabulka 28 - Parametry lokomotivy řady 753.7

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B'₀ B'₀
Hmotnost	72 t
Zatížení na nápravu	18 t
Délka přes nárazníky	16.66 m
Šířka	3,07 m
Maximální rychlost	100 km/h
Výkon	1111 kW trvalý výkon na háku
Trvalá tažná síla	127 kN
Maximální tažná síla	202 kN
Průměr kola	1000 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	CAT 3512B
Jmenovitý výkon	1455 kW
Jmenovité otáčky	1800 ot./min
Volnoběžné otáčky	600 ot./min
Vstřikovací systém	elektronickou vstřikovací jednotkou (EUI)
Počet a uspořádání válců	12, do V
Vrtání válce	170 mm
Zdvih pístu	190 mm
Zdvihový objem	51,84 L
Palivo	motorová nafta v souladu s normou ČSN EN590
Objem nádrže	4000 L
Spotřeba paliva	202,7 g/kWh při jmenovitém výkonu
Spotřeba oleje	(nezjištěno)
Emisní třída	vyhláška UIC 624 (ERRI 2003)

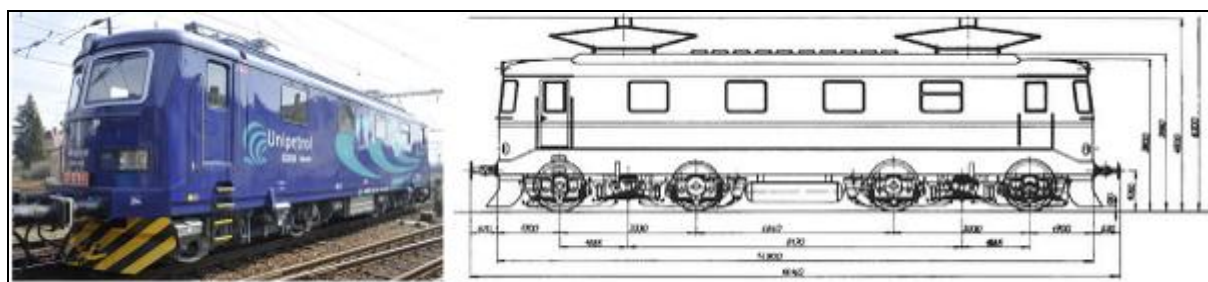
d) Řada 742.7**Obrázek 70** - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 753.7

Lokomotiva vznikla komplexní modernizací původní řady ČKD 740, 741 nebo 742 ve firmě CZ LOKO. Je určena pro středně těžkou posunovací a traťovou službu na tratích celostátních, regionálních a vlečkách. Koncept navazuje na zkušenosti s předešlými osvědčenými modernizacemi řad 709, 724, 744.7, 753.7 a 774.7. Řešení odpovídá současné technické úrovni, legislativním požadavkům a provozním nárokům. Lokomotiva je kapotová s věžovou kabinou strojvedoucího umístěnou blíže k zadnímu čelu vozidla. Z původní lokomotivy je pouze převzat hlavní rám a pojezd, přičemž i na těchto prvcích jsou provedeny úpravy. Společnost Unipetrol Doprava najímá celkem čtyři kusy a využívá je výhradně na traťovou službu, převážně ve dvojlenném řízení.

Tabulka 29 - Parametry řada 742.7

Parametr	Hodnota
Uspořádání pojezdu	B ₀ B ₀
Hmotnost	64 t
Zatížení na nápravu	16 t
Délka přes nárazníky	13,82 m
Šířka	3,06 m
Maximální rychlost	100 km/h
Výkon	675,5 kW (trvalý výkon na háku)
Trvalá tažná síla	128 kN
Maximální tažná síla	189 kN
Průměr kola	1000 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou
Spalovací motor	
Typ	CAT 3508C
Jmenovitý výkon	1000 kW
Jmenovité otáčky	1800 ot./min
Volnoběžné otáčky	650 ot./min
Vstřikovací systém	elektronickou vstřikovací jednotkou (EUI)
Počet a uspořádání válců	8, do V
Vrtání válce	170 mm
Zdvih pístu	190 mm
Zdvihový objem	34.56 L
Palivo	motorová nafta v souladu s normou ČSN EN590
Objem nádrže	4000 L
Spotřeba paliva	209,2 g/kWh (při jmenovitém výkonu)
Spotřeba oleje	0,2 % hodnoty měrné spotřeby paliva
Emisní třída	EU Stage IIIA

e) Řada 121



Obrázek 71 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 121

Lokomotivy řady 121 jsou elektrické jednosystémové, určené výhradně pro nákladní dopravu. Ačkoliv oba dva stroje této řady v majetku společnosti Unipetrol Doprava jsou po modernizaci, z převážné většiny zůstaly v původním provedení z 60. let minulého století. Modernizace lokomotiv spočívá v náhradě stávající elektrické výzbroje obvodů 48 V obvody s mikroprocesorovým řídicím systémem. S tím souvisí i změna ovládacích prvků na pultech strojvedoucích a celkově i ergonomie kabin. Provoz lokomotiv je velice neekonomický kvůli původní odporové regulaci výkonu. Pracovní podmínky strojvedoucích jsou velmi špatné (vysoká hlučnost kompresorů a hluk od podvozků).

Tabulka 30 - Parametry řada 121

Parametr	Hodnota
Napětíová soustava	3 kV DC
Uspořádání pojezdu	B'0 B'0
Hmotnost	88 t
Zatížení na nápravu	22 t
Délka přes nárazníky	16,14 m (16,8 m u lokomotivy č. 121 056-6)
Šířka	2,95 m
Maximální rychlost	90 km/h
Výkon	2032 kW (trvalý)
Trvalá tažná síla	157 kN
Maximální tažná síla	234 kN
Průměr kola	1250 mm
Přenos výkonu na dvojkolí	mechanickou převodovkou

2.1.3 Rozbor výkonnosti traťové dopravy společnosti Unipetrol Doprava

Traťová doprava a její řízení je ve společnosti Unipetrol Doprava na velmi vysoké úrovni. Díky podpoře obchodního úseku jsou každý rok navyšovány přepravní výkony a nacházení nových zákazníků. Zajištění traťové dopravy vlastními silami je ale limitováno počtem využitelných lokomotiv. V posledních letech byly zastaveny investice do obnovy vozidlového parku, byl vyvíjen tlak na snižování nákladů na údržbu a nákladů na modernizace lokomotiv. Lokomotivní park se v letech 2009 až 2014 rozšířil o dvě elektrické stejnosměrné lokomotivy řady 121, částečně modernizované, ale jinak konstrukčně odpovídající době vzniku – 60. léta minulého století.

Dále byly pořízeny dvě dieselelektrické lokomotivy řady 753.7 a čtyři dieselelektrické lokomotivy řady 742.7 formou nájmu od společnosti CZ LOKO. Zároveň probíhaly modernizace: šest lokomotiv řady 740 prošlo úpravou na řadu 741 a dále proběhla modernizace u řady 753.7.

Tyto kroky měly kladný, ale ne zcela dostatečný vliv na zvýšení dostupnosti lokomotiv v provozu. Unipetrol Doprava navíc momentálně disponuje lokomotivami, které svými parametry ne zcela dostačují potřebám přeprav. Na vlaky je tedy nutno nasazovat vozidla ve dvojici. Pro zvládnutí zvýšených přepravních nároků bude zapotřebí navýšit počet vozidlového parku o nové moderní lokomotivy, u nichž výrobci predikují více jak 99% dostupnost a zároveň jde o vozidla, která mají lepší technicko-provozní parametry. Odpadne tím nutnost lokomotivy v čele vlaků zdvojit.

Tabulka 31 - Výkony traťové dopravy v letech 2013-2014

Ukazatel	2013	2014
Tržby	560 847 757 Kč	559 763 316 Kč
Výkony	2 299 331 km	2 519 682 km
	2 573 307 t	2 940 253 t
	1 298 999 hrtkm	1 436 824 hrtkm
Výkonnost hrtkm/km	56,49 %	57,02 %
Tržby na km	244 Kč/km	222 Kč/km
Tržby na t	218 Kč/t	190 Kč/t
Tržby na hrtkm	432 Kč/hrtkm	390 Kč/hrtkm
Počet lokomotiv	29	29

Tabulka 31 ukazuje výkonnost traťové dopravy v letech 2013 a 2014. Přes nárůst ujetých kilometrů a přepravených tunách zboží došlo k stagnaci, až k mírnému poklesu tržeb, což je zapříčiněno změnou cen za přepravené zboží.

2.1.3.1 Rok 2013

V tabulce 32 je uveden rozbor výkonů dle lokomotivních řad. Důležitým parametrem pro objektivní posouzení výkonnosti je dostupnost lokomotiv v provozu. Z uvedeného je patrné, že parametr dostupnosti lokomotiv má zásadní vliv na přepravní výkony. Tento parametr je nutné u morálně i technicky zastaralých lokomotiv zachovávat pravidelnými generálními (hlavními) opravami lokomotiv.

Tabulka 32 – Rozbor výkonů za rok 2013 rozdělených na řady

Řada	Počet lokomotiv	Celkový výkon [km]	Průměrný výkon jedné lokomotivy	Dostupnost	Průměrná spotřeba PHM	
121	2	174 666 km	87 333 km	77,3 %	0 l/100 km	0 l/mth
740	9	374 879 km	41 653 km	82,4 %	182 l/100 km	43 l/mth
741.5	6	506 478 km	84 413 km	84,9 %	160 l/100 km	51 l/mth
742	4	315 764 km	78 941 km	89,1 %	158 l/100 km	51 l/mth
753.7	10	927 544 km	92 754 km	78,1 %	221 l/100 km	66 l/mth

V tabulce 33 je proveden propočít výkonnosti lokomotiv z hlediska tržeb. Pro společnost je důležitější finanční pohled na výkony. Je ovšem nutné brát zřetel na přepravní výkony s ohledem k ujetým kilometrům a odvezeným množstvím zboží. Pro zhodnocení efektivity každé lokomotivní řady je v tabulce 33 proveden výpočet procentuálního využití na přepravních výkonech.

Výpočet vychází z procentuálního zastoupení každé lokomotivní řady v celkovém počtu vozidel v parku. Dále je kalkulováno s procentním podílem na každé lokomotivní řady na přepravních výkonech. Na výsledcích lze tak snadno ukázat, jak se každá lokomotivní řada

podílí na dosažení celkových přepravních výkonů. Například řada 740 je využívána málo a je nasazována na kratší přepravy.

Tabulka 33 – Rozbor tržeb za rok 2013 rozdělených podle konkrétních lokomotivních řad

Řada	Podíl na celk. počtu trať. lokomotiv	Podíl na výkonech v km	Podíl řady na tržbách vztaženo na výkony v km	Průměrný podíl jedné lokomotivy na tržbách	Využití řady na výkonech
121	6,5 %	7,6 %	42 604 146 Kč	21 302 073 Kč	118 %
740	29,0 %	16,3 %	91 439 661 Kč	10 159 962 Kč	56 %
741.5	19,4 %	22,0 %	123 538 999 Kč	20 589 833 Kč	114 %
742	12,9 %	13,7 %	77 020 460 Kč	19 255 115 Kč	106 %
753.7	32,3 %	40,3 %	226 244 491 Kč	22 624 449 Kč	125 %

2.1.3.2 Rok 2014

V tabulkách 34 a 35 jsou uvedeny shodné rozbor, jako v kapitole 2.1.3.1 s tím rozdílem, že hodnoty jsou platné pro rok 2014.

Tabulka 34 - Rozbor výkonů za rok 2014 rozdělených podle konkrétních řad

Řada	Počet lokomotiv	Celkový výkon [km]	Průměrný výkon jedné lokomotivy	Dostupnost	Průměrná spotřeba PHM
121	2	204 249 km	102 125 km	93,9 %	0 l/100 km
740	9	395 433 km	43 937 km	79,9 %	176 l/100 km
741.5	6	475 886 km	79 314 km	81,0 %	151 l/100 km
742	4	438 553 km	109 638 km	86,0 %	162 l/100 km
753.7	10	1 005 561 km	100 556 km	81,5 %	225 l/100 km

Tabulka 35 - Rozbor tržeb za rok 2014 rozdělených podle konkrétních řad

Řada	Podíl na celk. počtu trať. lokomotiv	Podíl na výkonech v km	Podíl řady na tržbách vztaženo na výkony v km	Průměrný podíl jedné lokomotivy na tržbách	Využití řady na výkonech
121	6,5 %	8,1 %	45 375 209 Kč	22 687 605 Kč	126 %
740	29,0 %	15,7 %	87 847 946 Kč	9 760 883 Kč	54 %
741.5	19,4 %	18,9 %	105 721 089 Kč	17 620 182 Kč	98 %
742	12,9 %	17,4 %	97 427 327 Kč	24 356 832 Kč	135 %
753.7	32,3 %	39,9 %	223 391 745 Kč	22 339 175 Kč	124 %

2.2 Cíle společnosti Unipetrol Doprava v oblasti traťové dopravy

Cílem společnosti Unipetrol Doprava je dále se rozvíjet v oblasti traťové nákladní dopravy. Stávající lokomotivní park tomuto trendu nedostačuje a brání uvažované expanzi. Příčinou je nedostatečný počet lokomotiv, jejich technický stav (vysoké správkové procento), nedostatečná výkonnost lokomotiv (nutnost vedení vlaků více než jedním strojem, nízká přepravní rychlost vlaku).

S ohledem na počet nasmlouvaných přeprav to znamená zvýšenou potřebu vlaků na odvezení potřebného objemu zátěže a zároveň i vyšší personální nároky (větší počet strojvedoucích). Jednou z cest k řešení tohoto stavu je obnova vozidlového parku.

2.2.1 Plán přeprav a jeho naplnění

Cílem společnosti Unipetrol Doprava je plně pokrýt potřeby stávajících zákazníků a zároveň v tomto směru expandovat. Stávajícím početním stavem a technickou vybaveností lokomotivního parku těchto cílů nelze dosáhnout. Je zapotřebí investovat do obnovy vozidlového parku. Obnovou je myšleno navýšení počtu traťových lokomotiv o moderní vozidla s provozně-technickými a ekonomickými parametry, které odpovídají dobovým standardům a náročným provozním požadavkům. Pokud se prokáže efektivita takové investice v rámci přeprav na území ČR, lze uvažovat do budoucna o pořízení přepravních licencí i do sousedních států. Tento krok ale bude možné provést až po komplexní modernizaci nebo obměně stávajícího vozidlového parku, homologovaného pouze pro provoz v ČR a SR.

2.2.2 Plán obnovy vozidlového parku

V roce 2015 společnost Unipetrol doprava plánuje rozšířit vozidlový park o jednu novou moderní elektrickou lokomotivu. Společnost plánuje pořídit lokomotivu s tzv. fullservisem na dva roky. Efektivita tohoto kroku bude prověřena po roce provozu vyhodnocením technicko-provozních parametrů vozidla a ekonomickým dopadům jejího provozu. Následně bude rozhodnuto o dalším postupu. Varianty možného způsobu pořízení a režimu provozování jsou uvedeny v kapitole 4. Plán obnovy vozidlového parku je uveden v tabulkách 36 a 37. V letech 2015 a 2016 bude navýšen vozidlový park o jednu moderní lokomotivu formou pronájmu a ve stejných letech budou odprodány dvě nevyužívané posunovací lokomotivy. Pokud budou mít analýzy provozu příznivý ekonomický dopad, plánuje společnost Unipetrol Doprava v roce 2017 rozšířit vozidlový park o dvě moderní elektrické vícesystémové lokomotivy a každý další rok o jednu dieselelektrickou lokomotivu (celkem čtyři).

Tabulka 36 - Plán obnovy vozidlového parku Unipetrol doprava - rozdělení lokomotiv na traťové a vlečkové

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Trať	29	30 (+1 lease)	30 (+1 lease)	31 (+2 new)	32 (+3 new)	33 (+4 new)	34 (+5 new)	35 (+6 new)
Vlečka	16	15 (- 1 sell)	14 (- 2 sell)	14 (- 2 sell)	14 (- 2 sell)	14 (- 2 sell)	14 (- 2 sell)	14 (- 2 sell)
Celkem	45	45	44	45	46	47	48	49

Tabulka 37 - Plán obnovy vozidlového parku Unipetrol doprava - rozdělení lokomotiv na elektrické a diesellové

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Elektrická	2	3 (+1 lease)	3 (+1 lease)	4 (+2 new)	4 (+2 new)	4 (+2 new)	4 (+2 new)	4 (+2 new)
Diesellová	43	42 (- 1 sell)	41 (- 2 sell)	41 (- 2 sell)	42 (+1 new)	43 (+2 new)	44 (+3 new)	45 (+4 new)
Celkem	45	45	44	45	46	47	48	49

3 Technické hodnocení variant metodou relativních odchylek

Lokomotiva je velice složitý technický systém, a proto její porovnávání z hlediska technických parametrů obtížné. Výrobci lokomotiv se snaží do svých výrobků promítnout potřeby zákazníků, podobně, jako je to u osobních automobilů. Ve srovnání se silničními vozidly, u lokomotiv není k dispozici dostatek odborných článků a publikací, zabývajících se porovnáváním provozních a technicko-ekonomických parametrů železničních vozidel. Jednou z možností, jak takovou analýzu jednoduše a názorně provést, je „hodnocení variant metodou relativních odchylek“.

Metoda je založena na kvantitativním vyhodnocení kvality vybraných parametrů s hodnotami fiktivního etalonu. Ve všech hodnotících kritériích má každá ze zkoumaných variant určitou nenulovou odchylku od etalonu (pokud s ním není totožná). Odchylka může být kladná, či záporná. O váze každého parametru a míře jeho vlivu na výsledek rozhoduje svou úvahou hodnotitel. Celkem bylo hodnoceno 23 vybraných parametrů. Výsledky jsou zpracované formou protokolů v příloze č. 2.

3.1 Hodnocené parametry

Parametry k hodnocení byly vybrány na základě požadavků provozovatele. Důraz je kladen zejména na parametry, vázané na zákonná ustanovení, platná pro provoz lokomotiv.

3.1.1 Uspořádání dvojkolí

Vzhledem k tomu, že všechny lokomotivy vybrané k technickému hodnocení mají uspořádání dvojkolí $B'_0 B'_0$, tzn. dva dvounápravové podvozky s každým hnacím dvojkolím, je tento parametr v hodnotícím výsledku pouze informativní.

3.1.2 Hmotnost lokomotivy

Parametr hmotnosti lokomotivy je hodnocen jako kladný do té míry, kdy má příznivý přínos na adhezní vlastnosti vozidla při zachování požadované třídy přechodnosti svislého zatížení na kolej (ideálně třída C2, tedy 20 tun na nápravu). Třída přechodnosti je známa pouze u vozidel, která jsou již schválená pro provoz v České republice, a proto se v ostatních případech posuzuje vyšší hodnota hmotnosti jako výhodnější varianta.

3.1.3 Hmotnost na nápravu

Tento parametr vychází z parametru celkové hmotnosti, dělené počtem dvojkolí lokomotivy.

3.1.4 Napájecí soustava

Požadavkem společnosti Unipetrol Doprava kladeným na elektrické lokomotivy je schopnost provozu na tratích, elektrizovaných systémem 3 kV DC, 15 kV / 16 2/3 Hz AC a 25 kV / 50 Hz AC. Je to z důvodu provozu lokomotiv v České republice s nutností zajíždět do příhraniční stanice v Německu.

3.1.5 Rekuperace energie

Přesto, že v současné době není napěťová síť Českých železnic připravena na plnohodnotnou rekuperaci, je tento parametr důležitý v hodnocení. Do budoucna by měla být možnost rekuperovat elektrickou energii příležitostí k úsporám provozních nákladů.

3.1.6 Spalovací motor

Kromě tradičních jednoagregátových lokomotiv se na trhu objevují projekty s více motory. Toto řešení přináší v provozu určité výhody a úspory. Jak dosavadní praxe ukazuje, jsou i provozní náklady nižší v případě použití několika maloobjemových motorů na úkor jednoho velkého, dokonce i náklady na údržbu mohou dosahovat příznivějších hodnot oproti konvenčním zástavbám jedním spalovacím motorem. Dosazení pomocného spalovacího motoru na elektrickou lokomotivu je jednoznačným přínosem. Tyto lokomotivy v tzv. „Last mile“ provedení využijí především provozovatelé při obsluze vleček bez trolejového vedení, případně při manipulačním poježdění elektrické lokomotivy po stanicích a depech mimo elektrifikované úseky.

3.1.7 Výkon lokomotivy

Tento parametr je vhodným ukazatelem pro posouzení provozní výkonnosti lokomotivy. Pro objektivní posouzení je ale zapotřebí tento ukazatel hodnotit společně s tažnou silou. Jako výhodnější se při hodnocení považuje vyšší instalovaný výkon lokomotivy.

3.1.8 Maximální rychlost

Maximální rychlosti u nákladních vlaků zpravidla nedosahují rychlosti vyšší, než 120 km/h. Moderní lokomotivy při vysokém instalovaném výkonu a odpovídající tažné síle jsou schopny dosahovat i vyšších konstrukčních rychlostí. Toho lze využít jak při vedení ložených či prázdných nákladních vlaků, tak při jízdách samostatných lokomotiv. Vyšší konstrukční rychlost je tedy hodnocena příznivěji. Parametr maximální rychlosti s hodnotou 2 je stanoven pro lokomotivy ve verzi „Last mile“ (elektrické s přidavným spalovacím motorem).

3.1.9 Rozjezdová tažná síla

Tento parametr je velice důležitý z hlediska posouzení schopnosti lokomotivy překonávat jízdni odpory při rozjezdu s vlakem za různých provozních situací. Pro oteplení trakčních motorů jsou výhodnější vyšší hodnoty tažné síly, aby lokomotiva byla schopna co nejrychleji dosáhnout provozní rychlosti.

3.1.10 Trvalá tažná síla

Trvalá tažná síla ukazuje na provozní vlastnosti lokomotivy v dlouhodobém režimu, který se uplatňuje zejména při vedení nákladních vlaků. Čím vyšší je hodnota tohoto parametru, tím může lokomotiva táhnout buď těžší vlaky při stanovené rychlosti, nebo se stanovenou zátěží dosáhnout vyšší provozní rychlosti.

3.1.11 Průměr kol

Z hlediska opotřebení dvojkolí je uvažováno jako výhodnější mít větší průměr kola. Větší průměr styčné kružnice pojezdového kola znamená i větší styčnou plochu mezi kolem a kolejnicí.

3.1.12 ERTMS/ETCS

Tento parametr je považován za kladný v případě, že je lokomotiva vybavena (nebo připravena na montáž) zařízením systému ETCS. Tato výbava je nedílnou součástí vozidla z hlediska interoperability, protože v současné době probíhá jeho zavádění v členských zemích EU.

3.1.13 Objem palivové nádrže

U dieselelektrické lokomotivy je důležitý její akční rádius, tedy kilometrská vzdálenost dojezdu limitovaná objemem palivové nádrže. Čím větší je objem, tím je parametr lepší pro hodnotitele. V jiném úhlu pohledu změna objemu palivové nádrže negativně ovlivňuje jízdní vlastnosti vozidla. S ubývajícím palivem klesá hmotnost vozidla a adhezní tíha. Při hustotě nafty přibližně $0,84 \text{ g/cm}^3$ a objemu nádrže 5000 litrů je hmotnost paliva 4200 kg. Na každé nápravě čtyřnápravové lokomotivy tedy spočívá zátěž 1050 kg od paliva. Při spotřebování paliva na hodnotu 500 litrů se hmotnost v nádrži sníží na 420 kg, na jednu nápravu tedy jen spočívá 105 kg. To přináší snížení celkové tažné síly na obvodu kol na mezi adheze ($\mu=0,2$) o přibližně 9,2 kN. Jedná se přibližně o 5 % ztráty tažné síly. Výpočet je uveden v příloze 2. I přes nenulovou ztrátu tažné síly je vliv tohoto parametru v hodnocení zanedbán.

3.1.14 Vlakový zabezpečovač MIREL

Z hlediska ekonomického a bezpečnostního je výhodnější mít lokomotivu schválenou pro provoz s národním zabezpečovačem. Pro společnost Unipetrol Doprava se jako nejvýhodnější jeví zařízení MIREL, jelikož je zvyklá ho používat ve svých vozidlech.

3.1.15 Schválený typ vysílačky

Vysílačka je povinné vybavení lokomotivy. Rozhodnutí o použitelnosti přístroje vydává SŽDC. Seznam povolených typů vysílaček lze najít na webových stránkách SZDC.

3.1.16 Schválení pro provoz v zemích

Pro potřeby společnosti Unipetrol Doprava je prozatím zásadní provoz lokomotiv v České a Slovenské republice. Lokomotiva tedy musí být schválená pro provoz v ČR a SR. V budoucnu se uvažuje o expanzi do okolních zemí, jako jsou Německo a Polsko, takže je přihlíženo k homologaci vozidel i v těchto zemích.

3.1.17 Délka přes nárazníky

Tento parametr je ovlivněn půdorysným konstrukčním uspořádáním vozidla, jehož délka vychází z celkového zastavěného prostoru kabin, strojovny, střechy a míst pod hlavním rámem mezi podvozky. Rostoucí délka přes nárazníky se ale negativně odráží na šířce skříně při postavení vozidla v oblouku. Zde se šířka skříně nutně zmenšuje, neboť je omezena průjezdným průřezem. Bez ohledu na to, parametr délky skříně je v hodnocení brán za kladný, pokud má větší hodnotou.

3.2 Programové vybavení

K porovnání metodou relativních odchylek byl použit program vytvořený na Katedře konstruování strojů k výuce předmětu „Komplexní hodnocení dopravních prostředků“.

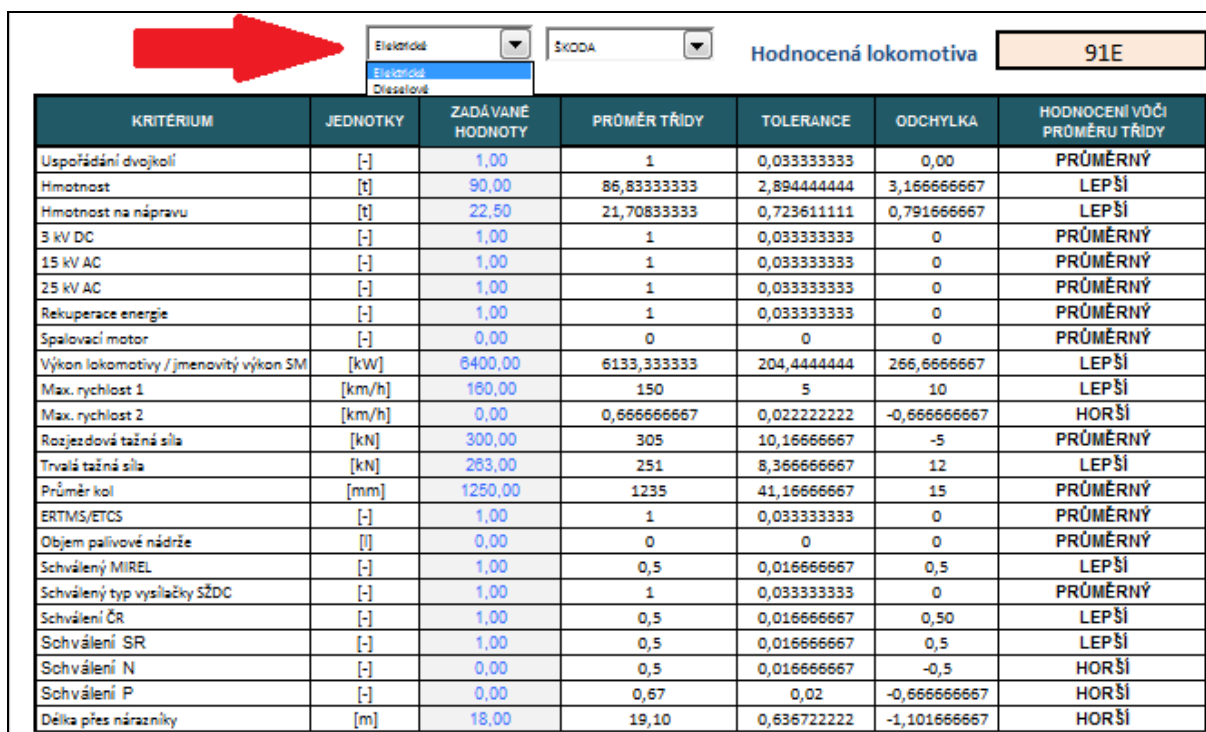
Program byl vytvořen v prostředí Microsoft Excel a v prvopočátku byl využit pro hodnocení automobilů. Nyní je program modifikován k porovnávání lokomotiv elektrických a dieselelektrických od různých výrobců. Program je nazván „HODNOCENÍ_LOKOMOTIV“. Hodnotící kritéria jsou uvedena v kapitole 1.4. Program byl maximálně zautomatizován tak, aby uživatel mohl pouze přepínat zobrazení konkrétních hodnocených lokomotiv. Samotné parametry lokomotiv lze upravovat. Ve výsledném protokolu jsou názorně prezentovány výsledky hodnocení, včetně obrázku lokomotivy. Aby se obrázek v protokolu správně zobrazil, musí být jméno název fotografie totožný s názvem lokomotivy, uvedeným v programu.

3.2.1 Uživatelské rozhraní

Celý soubor se skládá ze tří listů:

- „Hodnocení“,
- „Pomocný list“,
- „Hodnocené lokomotivy“.

Na listu „Hodnocení“ uživatel volí typ (elektrická nebo dieselová) a výrobce lokomotiv. Pro tuto volbu jsou k dispozici dvě roletová menu. Po výběru se automaticky se vyplní tabulka protokolu hodnotami analyzovaných parametrů, přiřadí se fotografie a označení hodnocené lokomotivy. Místo pro výběr typu a výrobce lokomotivy je názorně předveden na obrázku 72. Výsledné protokoly jsou uvedeny v příloze č. 2.



KRITÉRIUM	JEDNOTKY	ZADÁVANÉ HODNOTY	PRŮMÉR TŘÍDY	TOLERANCE	ODCHYLKA	HODNOCENÍ VŮČI PRŮMĚRU TŘÍDY
Uspořádání dvojkolí	[-]	1,00	1	0,033333333	0,00	PRŮMĚRNÝ
Hmotnost	[t]	90,00	86,83333333	2,894444444	3,166666667	LEPŠÍ
Hmotnost na nápravu	[t]	22,50	21,70833333	0,723611111	0,791666667	LEPŠÍ
3 kV DC	[-]	1,00	1	0,033333333	0	PRŮMĚRNÝ
15 kV AC	[-]	1,00	1	0,033333333	0	PRŮMĚRNÝ
25 kV AC	[-]	1,00	1	0,033333333	0	PRŮMĚRNÝ
Rekuperace energie	[-]	1,00	1	0,033333333	0	PRŮMĚRNÝ
Spalovací motor	[-]	0,00	0	0	0	PRŮMĚRNÝ
Výkon lokomotivy / jmenovitý výkon SM	[kW]	6400,00	6133,333333	204,4444444	266,6666667	LEPŠÍ
Max. rychlost 1	[km/h]	160,00	150	5	10	LEPŠÍ
Max. rychlost 2	[km/h]	0,00	0,666666667	0,022222222	-0,666666667	HORŠÍ
Rozjezdová tažná síla	[kN]	300,00	305	10,16666667	-5	PRŮMĚRNÝ
Trvalá tažná síla	[kN]	263,00	251	8,366666667	12	LEPŠÍ
Průměr kol	[mm]	1250,00	1235	41,16666667	15	PRŮMĚRNÝ
ERTMS/ETCS	[-]	1,00	1	0,033333333	0	PRŮMĚRNÝ
Objem palivové nádrže	[l]	0,00	0	0	0	PRŮMĚRNÝ
Schválený MIREL	[-]	1,00	0,5	0,016666667	0,5	LEPŠÍ
Schválený typ vysílačky SŽDC	[-]	1,00	1	0,033333333	0	PRŮMĚRNÝ
Schválení ČR	[-]	1,00	0,5	0,016666667	0,50	LEPŠÍ
Schválení SR	[-]	1,00	0,5	0,016666667	0,5	LEPŠÍ
Schválení N	[-]	0,00	0,5	0,016666667	-0,5	HORŠÍ
Schválení P	[-]	0,00	0,67	0,02	-0,666666667	HORŠÍ
Délka přes nárazníky	[m]	18,00	19,10	0,636722222	-1,101666667	HORŠÍ

Obrázek 72 - Postup pro výběr typu a výrobce lokomotivy v programu "HODNOCENÍ_LOKOMOTIV"

3.2.2 Funkcionality programu

Na listu „Hodnocení“ se nachází uživatelské rozhraní pro výběr hodnocené lokomotivy, jak je popsáno v kapitole 3.2.1. Vložení fotky do formuláře probíhá pomocí programovacího jazyka VBA a v něm vytvořeného makra vloženého do roletových menu. Tabulka pod roletovými menu se vyplňuje na základě funkcí vložených do buněk. Sloupec v tabulce s názvem „ZADÁVANÉ HODNOTY“ se vyplňuje na základě podmínky kombinace čísel v buňkách D2 na listu „Pomocný list“ a J2 na listu „Hodnocení“.

Kombinace čísel je kód lokomotivy daného typu a daného výrobce. Sloupec v tabulce s názvem „PRŮMĚR TŘÍDY“ je překlopením hodnot ze sloupce G na listu „Pomocný list“. Sloupec s názvem „TOLERANCE“ je nastavená hodnota odchylky. Pokud je tato hodnota ve sloupci s názvem „ODCHYLKA“ překročena kladně nebo záporně, je pomocí funkce v dalším sloupci s názvem „HODNOCENÍ VŮČI PRŮMĚRU TŘÍDY“ uveden stav horší nebo lepší k dané třídě (etanolu). Ve výsledném protokolu jsou data následně názorně zobrazena formou skupinového pruhového grafu.

List s názvem „Pomocný list“ má dvě základní části. V první části se pomocí funkcí k daným parametrům dopočítávají hodnoty minimální, maximální a průměrné. Funkce rozlišuje, zdali se jedná o lokomotivu elektrickou, nebo diesellovou. Součástí druhé části je tabulka, ve které se vypočítává relativní odchylka. Pod tabulkou je proveden součet relativních odchylek, a to je výsledná známka pro závěrečné vyhodnocení výsledků. Plusové hodnoty odchylek znamenají kladné hodnocení, hodnoty menší než -1 znamenají záporné hodnocení.

List s názvem „Hodnocené lokomotivy“ představuje datovou základnu hodnocených parametrů pro vybrané lokomotivy dle předem nastavených pravidel. V tabulce je zároveň dopočítán průměr třídy, včetně minimální a maximální hodnoty jednotlivých parametrů (v souladu s kapitolou 1.4).

4 Porovnání ekonomické výhodnosti variant

K pořízení nových lokomotiv se naskýtají čtyři základní možné scénáře: operativní leasing, finanční leasing ve dvou variantách a nákup formou investice. Jednotlivé varianty pořízení jsou popsány v následujících kapitolách. K posouzení rentability provozu vozidla je nejprve proveden propočet rentability. Rentabilita je poměr zisku a nákladů. Pro výpočet je zapotřebí stanovení kalkulačního vzorce nákladů a tržeb. Zisk lze jednoduše dopočítat odečtením nákladů od tržeb. V tabulce 38 je provedena analýza a predikce výkonnostních ukazatelů v letech 2013 až 2015.

Tabulka 38 - Predikce výkonů traťové dopravy 2015

Ukazatel	2013	2014	2015	Meziroční nárůst
Tržby	560 847 757 Kč	559 763 316 Kč	592 669 404 Kč	32 906 088 Kč
Výkony	2 299 331 km	2 519 682 km	2 669 682 km	150 000 km
	2 573 307 t	2 940 253 t	3 119 313 t	179 060 t
	1 298 999 hrtkm	1 436 824 hrtkm	1 522 253 hrtkm	85 429 hrtkm
km/hrtkm	56,49%	57,02%	57,02%	0,00%
[kč/km]	244	222	222	0
[kč/t]	218	190	190	0
[kč/hrtkm]	432	390	390	0
Počet lokomotiv	29	29	30	1

Předpokládá se, že pořízením jednoho vozidla bude zvýšen kilometrický výkon o 150 000 km. Z toho lze pomocí výkonnostního ukazatele Kč/km predikovat tržby v roce 2015. Z predikovaných tržeb lze dopočítat pomocí ukazatele Kč/t hodnotu převezených tun materiálu. Dále z predikovaných kilometrů a pomocí ukazatele km/hrtkm lze stanovit předpokládaný počet hrubých tunokilometrů. Po těchto propočtech lze zhruba odvodit meziroční nárůst tržeb a výkonů. Jedná se o prvotní analýzu, kterou je nutné podpořit přesnějším výpočtem. Interním propočtem ve společnosti Unipetrol Doprava byly stanoveny variabilní a fixní náklady na provoz moderní vícesystémové elektrické lokomotivy na běžných relacích se stanovenými cenami. Byla propočtena rentabilita provozu této moderní elektrické lokomotivy, přičemž bylo dosaženo kladného výsledku. V této práci bude proveden propočet pro stanovení pásem ekonomické výhodnosti variant pořízení. Pro doplnění budou dále dopočteny nákladové body zvratu, které napovědí, od jakého množství produkce je výhodnější konkrétní z variant.

4.1 Finanční leasing

Finanční leasing je druh leasingu, kdy je lokomotiva po celou dobu leasingu majetkem leasingové společnosti a přechází do vlastnictví společnosti až po jeho skončení (a to jak s plně zaplacenou lokomotivou, tak i s nenulovou zůstatkovou hodnotou). Pokud je dodržena minimální délka leasingové smlouvy, je možné si leasingové splátky započítat do daňově uznatelných nákladů. Délka trvání smlouvy bývá většinou kratší než doba odepisování předmětu leasingu při jeho vlastnictví.

Tento způsob financování lze obvykle zprostředkovat pomocí specializovaných finančních institucí a partnerů, nicméně stává se pravidlem, že tuto službu nabízí přímo výrobce lokomotivy. Výhodou je variabilita měsíčních splátek a konečné zůstatkové hodnoty.

4.2 Operativní leasing

Operativní leasing je druh leasingu, kdy je lokomotiva majetkem leasingové společnosti po celou dobu leasingu, ale i po jeho skončení. Jako součást tohoto leasingu bývá nabízen také tzv. full servis leasing, kde jsou oproti finančnímu leasingu sice vyšší měsíční splátky, nicméně ve splátkách jsou obsaženy náklady na údržbu, pojištění a rezervy pro případ poruchy. Tento způsob financování nabízejí pouze společnosti zabývající se přímým leasingem. Na evropském trhu jsou to: RAILPOOL, Alpha Trains, Akiem, ELL Germany, LokoTrain, CZ LOKO (prostřednictvím ING Lease C.R.), Mitsui Rail Capital Europe a Macquarie European Rail.

4.3 Nákup - investice

Pořízení vozidla formou přímého nákupu je nejvýhodnější formou. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, které se u nových lokomotiv pohybují kolem sta miliónu korun českých. Pokud společnost disponuje takovými prostředky, je toto nejlepší způsob pořízení majetku vzhledem k dalším nákladům spojených s jinými způsoby financování.

4.4 Stanovení pásem ekonomické výhodnosti a výpočet nákladového bodu zvratu

Vstupní podmínky výpočtu: doba splácení (leasingu) na deset let, proběh je uvažován 150 000 km/rok a hodnota lokomotivy je 4,4 mil. Eur. Variabilní náklady spojené s užíváním lokomotiv jsou 185 Kč/km. U varianty „full servis leasing“ jsou variabilní náklady 155 Kč/km, protože odpadá dodatečné hrazení vlastních nákladů na údržbu a pojištění. Životnost lokomotivy je stanovena na 4,8 mil. km. Nejprve jsou propočteny celkové náklady jednotlivých variant a stanovení pásem ekonomické výhodnosti. Následuje výpočet nákladového bodu zvratu. Vzhledem k citlivosti těchto interních údajů jsou částky za jednotlivé položky upraveny, a proto výsledkem těchto analýz bude teoretická rozvaha o výhodnosti jednotlivých variant.

Variabilní náklady jsou vypočteny z nákladů na životní cyklus (LCC), podělených kilometrickým proběhem do první hlavní opravy (u nových lokomotiv je to kolem 4,8 mil. km). Do variabilních nákladů jsou dále přičteny náklady spojené s provozem vozidla, tj. náklady na energie (elektrická energie, PHM) a náklady na platby SŽDC. Fixní náklady obsahují pojištění vozidla, splátku úvěru, splátky investice a doplatek zbytkové hodnoty vozidla.

4.4.1 Teoretická část výpočtu

Výpočet celkových nákladů vychází z teorie, že celkové náklady jsou funkcí produkce, v tomto případě reprezentované kilometry.

$$CN = f(q)$$

Rovnice 1 - Celkové náklady = funkce produkce

Celkové náklady se skládají z fixních nákladů a průměrných variabilních nákladů.

$$CN = FN + PVN \cdot q$$

Rovnice 2 - Celkové náklady = Fixní náklady + Průměrné variabilní náklady · produkce

Fixní náklady jsou veškeré náklady vynaložené na pořízení (tzv. pořizovací náklady, PN). V případě splátek se jedná o celkové náklady na splátky pro dané období. Do fixních nákladů jsou připočítány splátky na pojištění. Setříděním hodnot fixních nákladů, celkových nákladů a jejich grafickým vyjádřením lze následně provést analýzu. Pro výpočet bodu zvratu, který je ukazatelem změny výhodnosti mezi jednotlivými variantami, je využita úvaha, že v bodě zvratu se celkové náklady obou variant rovnají.

$$CN_A = CN_B$$

Rovnice 3 - Rovnost celkových nákladů variant v bodě zvratu

Vzorec pro výpočet nákladového bodu zvratu po úpravě:

$$q_{AB} = \frac{FN_B - FN_A}{PVN_A - PVN_B}$$

Rovnice 4 - Nákladový bod zvratu

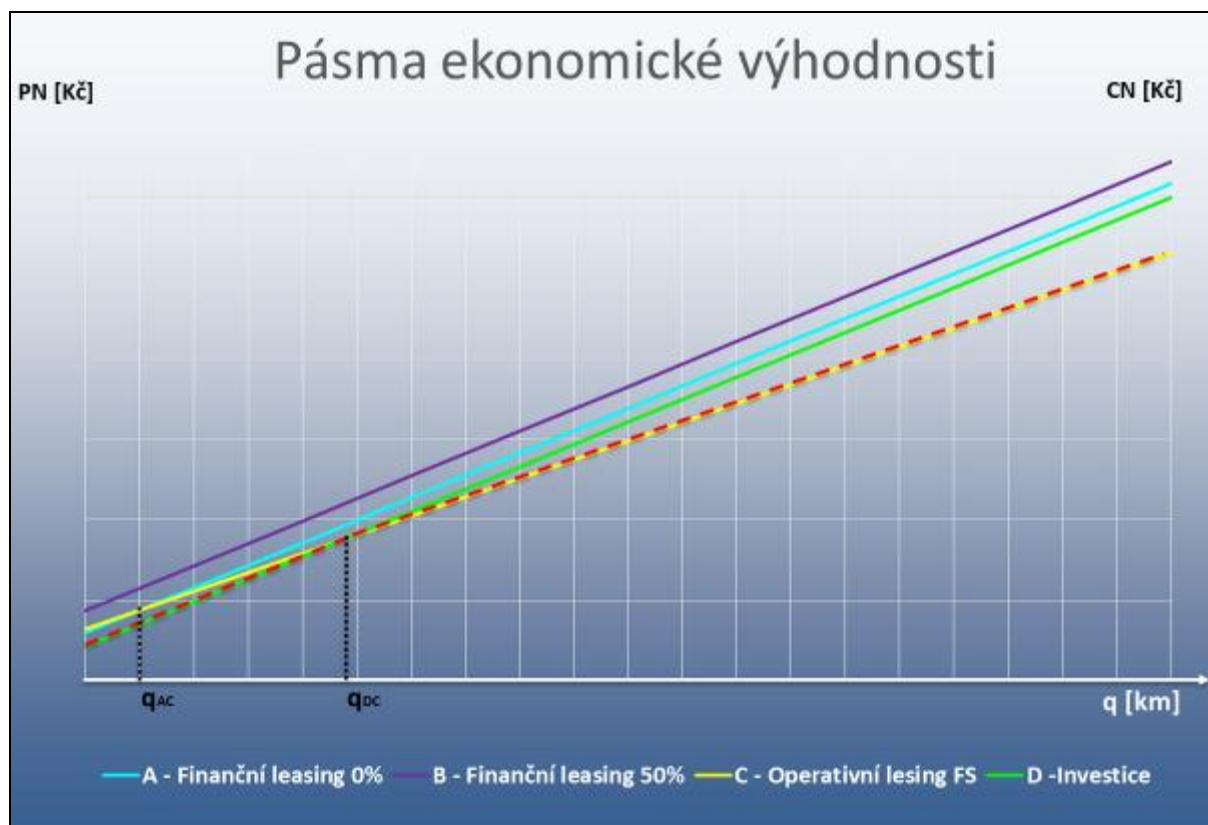
4.4.2 Stanovení pásem ekonomické výhodnosti

Nejprve bude provedena analýza vývoje celkových nákladů v horizontu deseti let při uvažovaném proběhu 150 tisíc kilometrů ročně. Hodnoty nákladů jednotlivých variant jsou vyplněny do tabulky a výsledek je zobrazen do grafu.

Tabulka 39 - Náklady jednotlivých variant

	FN	PVN	q	CN
A - Finanční leasing 0 %	130 070 000 Kč	185 Kč/km	1,5 mil. km	407 570 000 Kč
B - Finanční leasing 50 %	143 600 000 Kč	185 Kč/km	1,5 mil. km	421 100 000 Kč
C - Operativní leasing s fullservisem	132 600 000 Kč	155 Kč/km	1,5 mil. km	365 100 000 Kč
D - Investice	121 600 000 Kč	185 Kč/km	1,5 mil. km	399 100 000 Kč

Rozbor fixních nákladů a propočtení celkových nákladů je uveden v příloze 3. Z grafické analýzy (viz obrázek 73) je patrné, že v průběhu provozu lokomotivy v různých možných variantách dochází ke dvěma bodům zvratu, a to mezi variantami A a C, resp. D a C. Dále je z grafu zřejmé, že pro období deseti let, tj. 1,5 milionu najetých kilometrů, je nejvýhodnější variantou z hlediska nákladů operativní leasing. Přitom ale vozidlo zůstává majetkem leasingové společnosti. S ohledem k pořizovací ceně nové lokomotivy je tímto způsobem vozidlo téměř zapláceno. Pokud by společnost chtěla lokomotivu provozovat dlouhodobě (minimálně po dobu fyzické životnosti), je vždy nejvýhodnější varianta přímého nákupu.



Obrázek 73 - Pásma ekonomické výhodnosti variant

4.4.3 Výpočet bodu zvratu

Pro stanovení hodnoty produkce, kdy začíná být výhodnější jiná než původní varianta, je proveden výpočet dle Rovnice 4 - Nákladový bod zvratu (viz kapitola 4.4.1). Tento výpočet je proveden pro varianty A a C, a. D a C, protože jsou zde dle analýzy pásem ekonomické výhodnosti variant patrné průsečíky (viz obrázek 73). Tyto průsečíky jsou zmiňované body zvratu.

$$q_{AC} = \frac{FN_C - FN_A}{PVN_A - PVN_C} = 84\,333 \text{ km}$$

Rovnice 5 - Bod zvratu AC

Výsledkem rovnice 5 je kilometrská hodnota proběhu, odkdy začíná být výhodnější varianta A oproti variantě C.

$$q_{DC} = \frac{FN_C - FN_D}{PVN_D - PVN_C} = 366\,667 \text{ km}$$

Rovnice 6 - Bod zvratu DC

Výsledkem rovnice 6 je kilometrská hodnota proběhu, odkdy začíná být výhodnější varianta D oproti variantě C.

5 Studie nákladní lokomotivy

Vlastní studie se zabývá hrubým konstrukčním návrhem nákladní lokomotivy dle vytýčených požadavků zákazníka. V konstrukci vozidla by se dále měly odrazit požadavky legislativy a normativních dokumentů, které zahrnují TSI (technické specifikace pro interoperabilitu) a národní technické normy a předpisy. Celý proces návrhu je proveden s využitím teoretických a metodických poznatků Engineering Design Science. Lokomotiva je navržena jako heterogenní technický produkt / technický systém (TS). Na začátku projektu je vytvořen průzkum trhu pomocí technického hodnocení metodou relativních odchylek. Následuje studie proveditelnosti z hlediska technického, ekonomického a finančního. [40]

5.1 Specifikace požadavků

Lokomotiva musí především splňovat požadavky bezpečnosti, ochrany životního prostředí, technické specifikace interoperability a národních předpisů. Hlubší analýza těchto kritérií není předmětem této práce, proto jsou považována za splněná. V hodnocení je brán zřetel na požadavky zákazníka (společnosti Unipetrol Doprava, viz kapitola 3.1).

Tabulka 40 - Specifikace požadavků

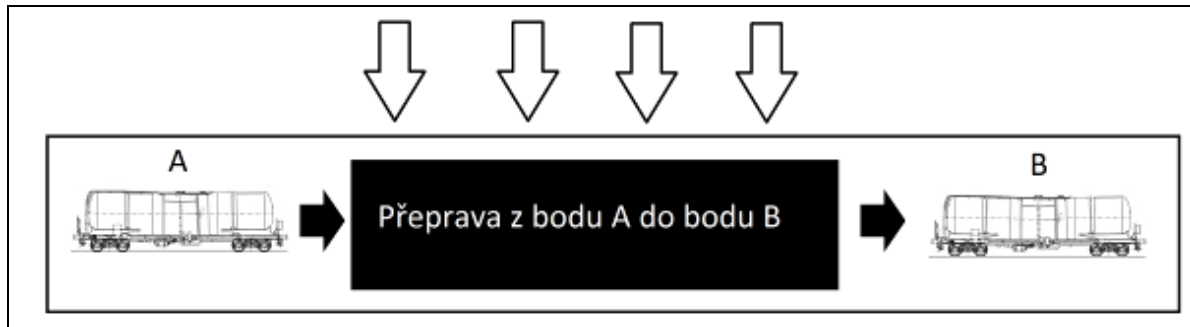
Požadavek (kritérium)	Hodnota
Uspořádání dvojkolí	B'₀ B'₀ – dva dvounápravové trakční podvozky
Hmotnost lokomotivy	80 t
Hmotnost na nápravu	20 t
Napájecí soustava	3 kV DC, 25 kV / 50 Hz AC, 15 kV / 16 2/3 Hz AC
Rekuperace energie	ano
Spalovací motor	Multiengine, Last mile, Stage IIIB
Výkon lokomotivy elektrické	> 4000 kW
Výkon lokomotivy dieselelektrické	> 2000 kW
Maximální rychlost	> 120 km/h
Rozjezdová tažná síla	> 250 kN
Trvalá tažná síla	> 170 kN
Průměr kol	≥ 1100 mm
ERTMS/ETC	Vybavení ne, příprava + schválení ano
Objem palivové nádrže	5000 litrů (u dieselelektrické varianty)
Vlakový zabezpečovač	MIREL
Schválený typ vysílačky	Dle SŽDC, výhoda MESA23, VS67
Schválení provozu v zemi	Česká republika, Slovenská republika
Délka přes nárazníky	≤ 20 m

5.2 Koncepční návrh

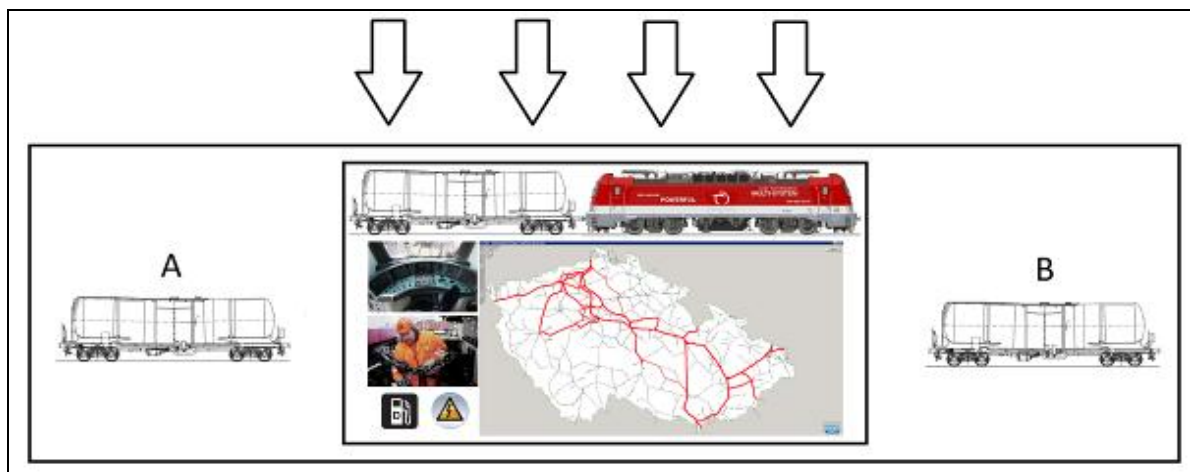
Na základě výše stanovených požadavků je vytvořen návrh funkční struktury, která je základem pro vytvoření výsledného produktu. V této fázi je nutné zamyslet se nad základním principem funkčnosti navrhovaného technického systému, tedy lokomotivy. K tomu je využita metodika popsána v literatuře [40].

5.2.1 Navržení provozního transformačního procesu

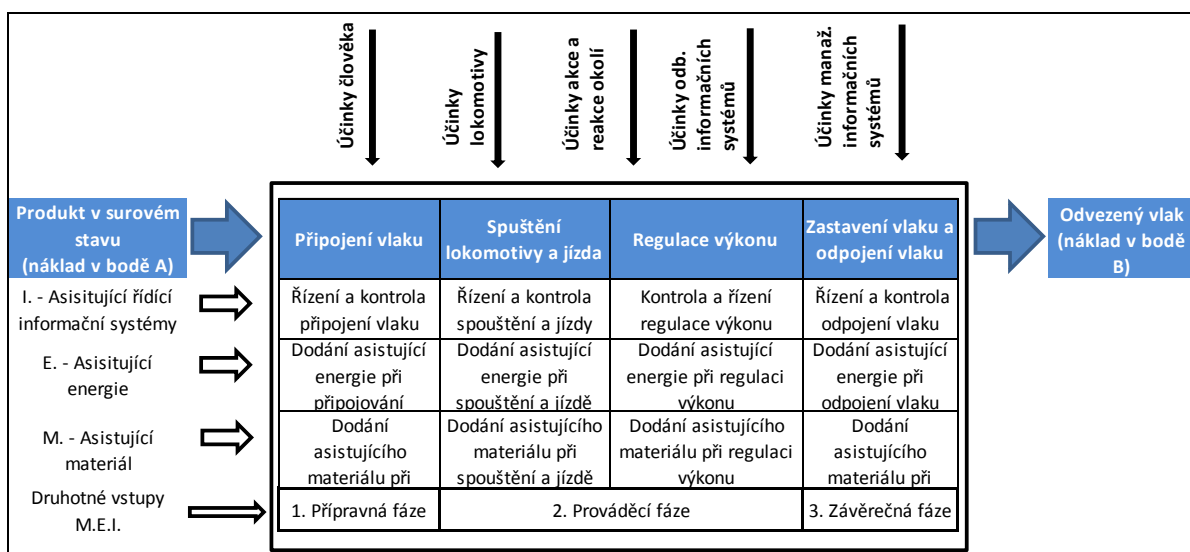
V tomto kroku jsou stanoveny základní funkce technického systému (lokomotivy). Jeho hlavní funkcí je transformace energie (pohonné hmoty, elektřina) na pohyb lokomotivy. Dalšími důležitými funkcemi systému jsou kinematický a statický obrys vozidla, regulace výkonu (zrychlování, zpomalování), komunikace s vnějším okolím, pasivní a aktivní bezpečnost a ochrana životního prostředí.



Obrázek 74 - Černá skříňka provozního transformačního procesu



Obrázek 75 - Technologie provozního transformačního procesu TS



Obrázek 76 - Hrubý provozní transformační proces

5.2.2 Návrh orgánové struktury

Návrh orgánové struktury je vytvořen pomocí morfologické matice. Pro každý parametr byly vybrány možnosti jeho naplnění. Výběr se řídí požadavky zákazníka. Pro zajištění maximální modulárnosti stavby je uvažováno použití co nejvyššího počtu stejných prvků, použitelných napříč oběma variantami lokomotivy. Varianty reprezentují lokomotivy následujících koncepcí:

- elektrická vícesystémová pro čtyři napěťové systémy,
- dieselelektrická se čtyřmi spalovacími motory (tzv. „multiengine“).

Orgánová skupina	1	2	3	4
Kabina	Dvoukabinová *	Věžová	Jednokabinová	-
Pojezd	B'0 B'0	C'0 C'0	-	-
Přenos výkonu	Diesel-elektrický	Dieselhydraulický	Elektrický **	-
Přenos tažných sil	Lemniskát	Svislý čep	Tažnětlačná tyč	Podsunutá ojnice
Průchozí ulička *	Středová	Na bocích	Odbočující	-
Spalovací motor	Jeden velký	Dva malé	Čtyři malé	Last mile
Napěťové systémy **	3kV	3kV + 25kV	3kV + 25kV + 15kV	3kV + 1,5 kV + 25kV + 15kV
Pult strojvedoucího	Středový	Stranový		
Rozvor podvozku	2500 mm	2600 mm	2700 mm	2800 mm
Délka přes nárazníky	17 m	18 m	19 m	20 m

Obrázek 77 - Návrh orgánové struktury v morfologické matici

5.2.3 Návrh hrubé stavební struktury

Návrh stavební struktury vybraných koncepčních variant lokomotiv vychází z morfologické matice orgánové struktury. Snahou je vytvořit modulární stavebnici umožňující co nejvyšší možnou vzájemnou zaměnitelnost dílů mezi jednotlivými variantami. Lokomotiva je navržena pro provoz na tratích, výkonově ve středně těžké službě. Byly vytvořeny dvě stavební struktury:

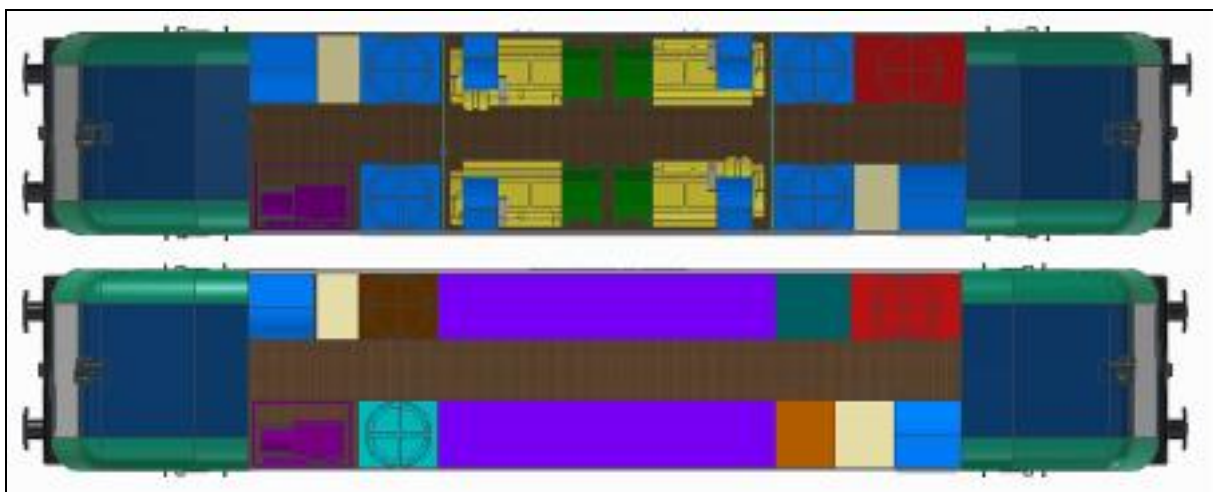
- lokomotiva dieselelektrická se dvěma dvounápravovými trakčními podvozky a čtyřmi spalovacími motory,
- lokomotiva elektrická, vícesystémová, s identickými podvozky jako u verze dieselelektrické.



Obrázek 78 - Vizualizace hrubé stavební struktury

5.2.3.1 Stavba skříně

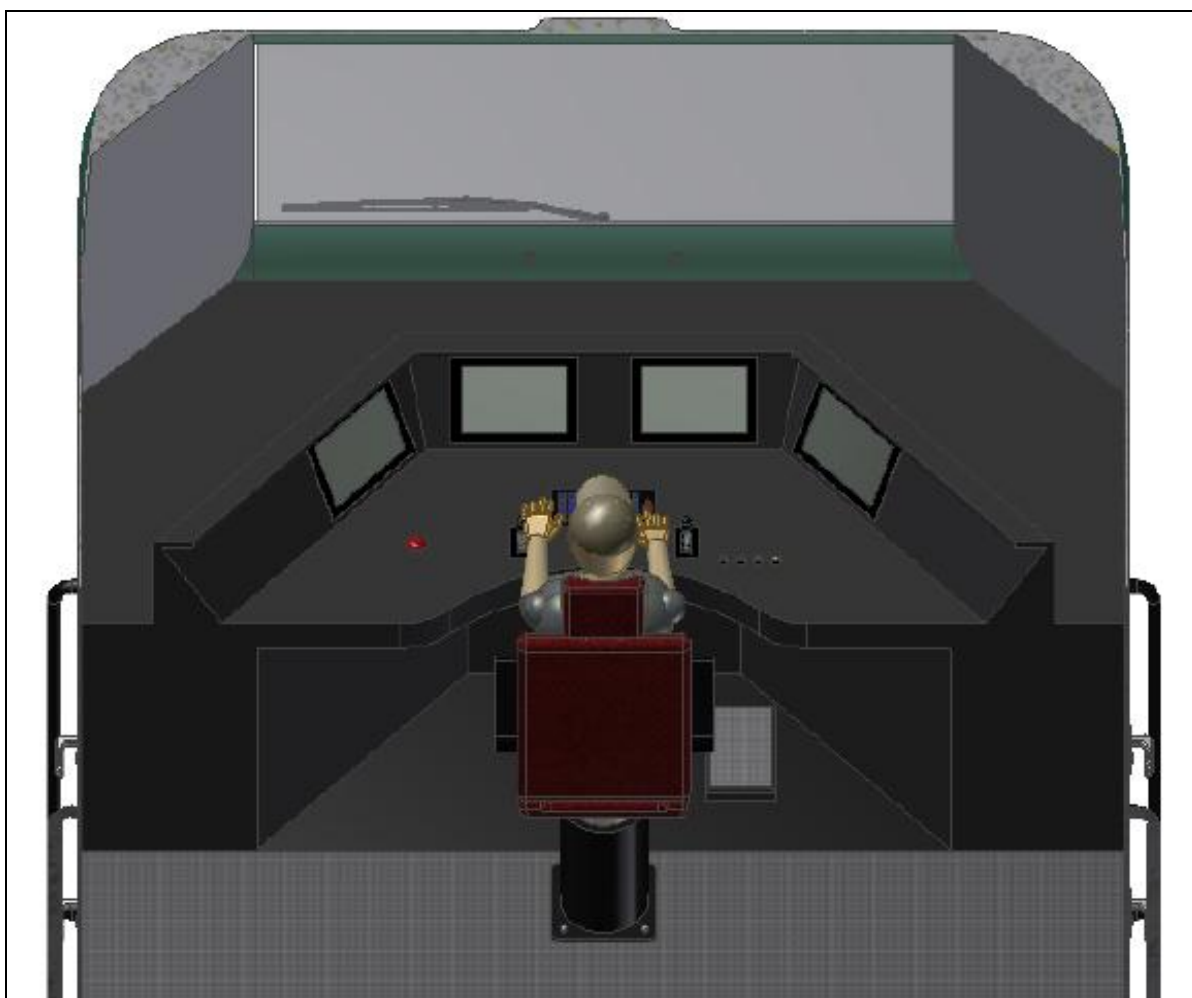
Pro obě varianty lokomotivy byla zvolena skříňová stavba se dvěma koncovými kabinami. Toto provedení je pro obsluhu ideální v traťovém provozu. Hrubá stavba skříně je řešena jako svařená konstrukce z profilů, krytá oplechováním. U varianty dieselové jsou z nutnosti přístupu k dieselovým motorům na obou bočnicích uvažovány dvojice dveří. Oproti variantě elektrické je na bočnicích i více funkčních žaluzií, zejména pro chlazení spalovacích motorů. Kabiny strojvedoucích jsou řešeny jako samostatný konstrukční celek, upevněný na hlavní rám lokomotivy. Pult strojvedoucího je středově soustředěn. Rozmístění zařízení ve strojovně je u obou variant řešeno tak, aby byla zachována průchozí středová ulička.



Obrázek 79 – Koncepce uspořádání zařízení ve strojovně se středovou průchozí uličkou



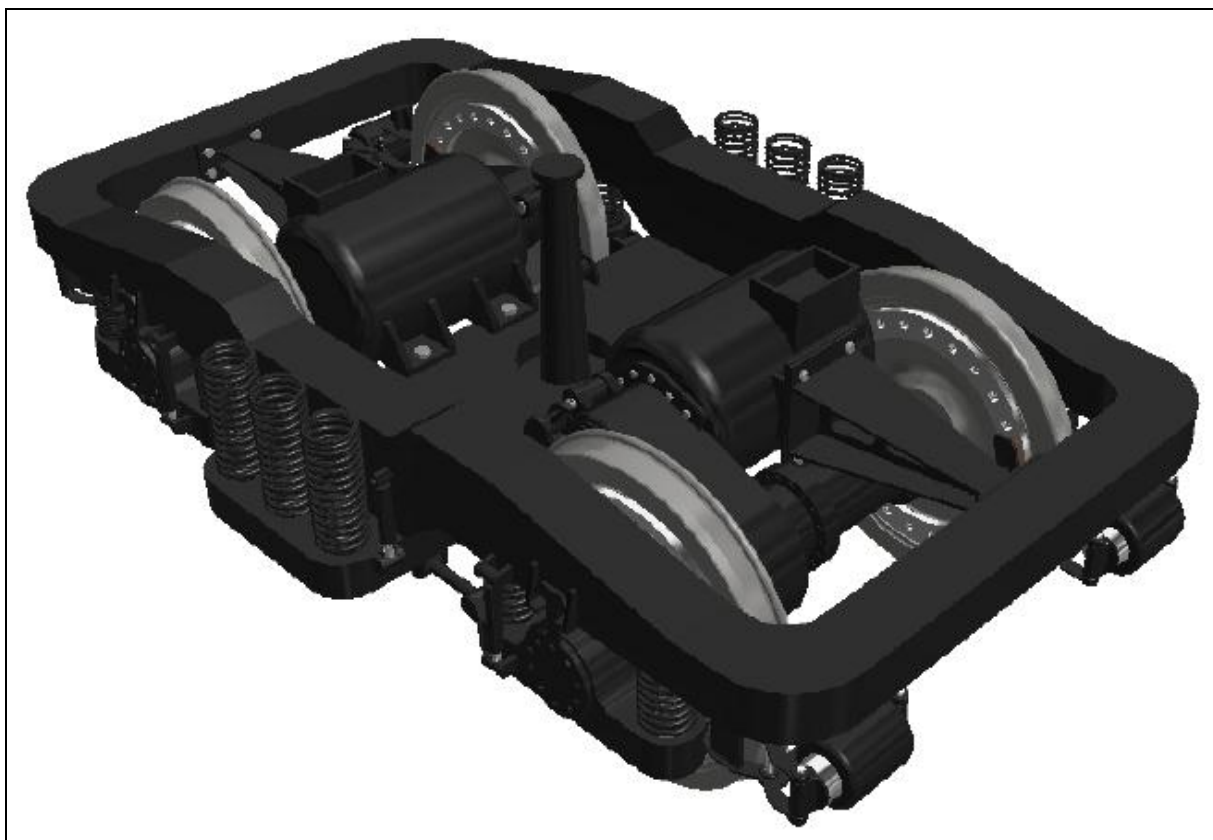
Obrázek 80 - Hrubá stavba skříně



Obrázek 81 - Pult strojvedoucího

5.2.3.2 Studie trakčního podvozku nákladní lokomotivy

Podvozky jsou navrženy jako dvounápravové. Rám podvozku je uzavřená svařovaná konstrukce z plechů, složená ze dvou podélníků, dvou čelníků a jednoho středového podvlečeného příčnicku. Ve spodní části podélníků je vytvořen nosník pro upevnění sekundárního vypružení. To se skládá ze tří vinutých pružin. Primární vypružení tvoří rovněž vinuté pružiny. Na dvojkolí jsou použita monobloková kola. Pohon dvojkolí obstarávají třífázové asynchronní trakční motory s nucenou ventilací. Motory jsou upevněny ke středovému příčnicku a z druhé strany přes závěsnou konzoli k čelníku rámu podvozku. Trakční motor pohání jednostupňovou mechanickou převodovku, která je na výstupu spojena s dutým hřídelem obepínajícím nápravu. Vedení dvojkolí je ojníčkové. Každé kolo je brzděno vlastní brzdovou jednotkou. Přenos podélných sil zajišťuje svislý čep upevněný přímo do hlavního rámu lokomotivy. Podvlečený příčník je s čepem spojen pomocí lemniskátového mechanismu.



Obrázek 82 - Trakční podvozek hrubého konstrukčního návrhu lokomotiv

5.2.3.3 Layout lokomotiv

Každá lokomotiva se skládá ze zařízení podílejících se buď přímo na procesu přeměny energie, nebo jde o přidavná zařízení. Součástí návrhu je i řešení rozložení hlavních zařízení ve strojovně, a to pro obě řešené varianty: dieselelektrickou i elektrickou. Z hlediska bezpečného úniku v případě hrozící srážky se jako ideální jeví průchozí středová ulička. Toto řešení přináší i další výhodu v podobě lepšího rozložení hmoty kolem podélné osy souměrnosti. U dieselové verze přináší i úsporu prostoru. Layouty jednotlivých variant jsou znázorněny v příloze č. 3.

5.2.3.4 Parametry navržených lokomotiv

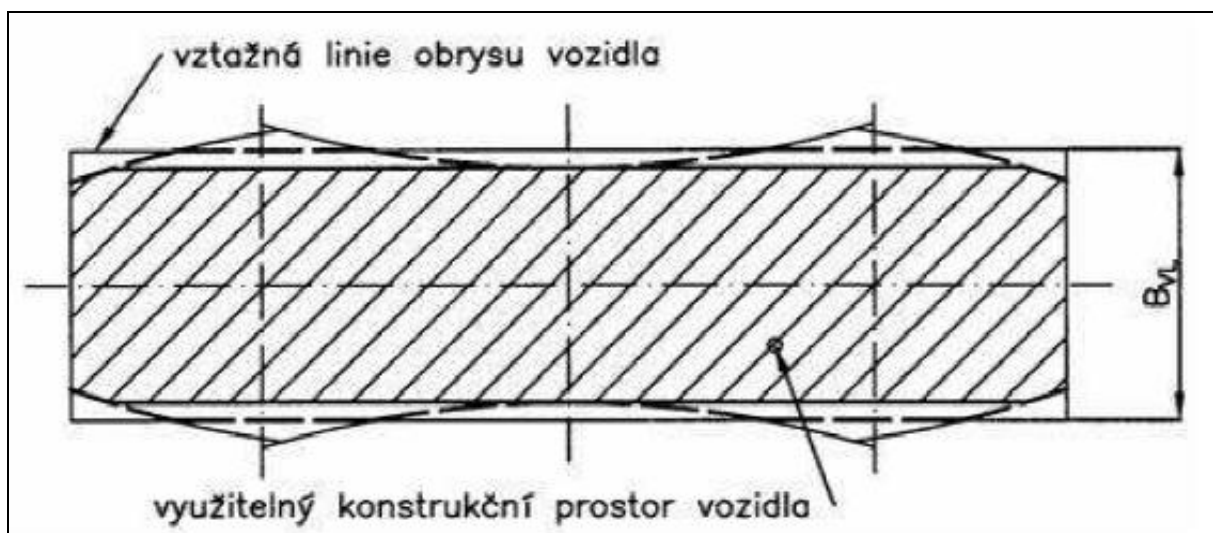
Parametry lokomotiv jsou voleny dle požadavků zákazníka. S ohledem na porovnání s lokomotivami na trhu jsou takto navržené lokomotivy výrobitelné.

Tabulka 41 - Parametry lokomotiv hrubého konstrukčního návrhu

Požadavek (kritérium)	Elektrická	Dieselektrická
Uspořádání dvojkolí	B'₀ B'₀	
Hmotnost lokomotivy	80 t	
Hmotnost na nápravu	20 t	
Napájecí soustava	3 kV DC, 25 kV / 50 Hz AC, 15 kV / 16 2/3 Hz AC	
Rekuperace energie	ano	
Spalovací motor	Last mile (na úkor AC nebo DC trakce)	4 x malý 230 kW
Výkon lokomotivy	5600 kW	2200 kW
Maximální rychlost	140 km/h	
Rozjezdová tažná síla	250 kN	
Trvalá tažná síla	170 kN	
Průměr kol	1250 mm	
ERTMS/ETCS	Vybavení ne, příprava + schválení ano	
Objem palivové nádrže	500 litrů (Last mile)	5000 litrů
Vlakový zabezpečovač	MIREL	
Schválený typ vysílačky	Dle SŽDC, výhoda MESA23, VS67	
Homologace	Česká republika, Slovenská republika	
Délka přes nárazníky	17.6 m	
Třída přechodnosti	C2, příčná 2	

5.2.3.5 Kinematický obrys

Pro základní rozměrové parametry lokomotiv je vypočítáno zúžení k vztažné linii kinematického obrysu stanoveného vyhláškou UIC 505-1. Jedná se o kritické rozměry lokomotivy při jejím postavení v koleji. Výpočet je uveden v příloze č. 5. [41]



Obrázek 83 - Využitelný konstrukční prostor vozidla [41]

6 Závěr

Cílem práce bylo provést technické porovnání lokomotiv pro nákladní dopravu v Evropě, dostupných na trhu. Na základě této analýzy bylo úkolem vybrat nejlepší vhodnou variantu lokomotivy vyhovující potřebám společnosti Unipetrol Doprava a provést propočet ekonomické výhodnosti možných variant jejího pořízení. Na závěr měl být proveden vlastní hrubý konstrukční návrh lokomotivy podle kritérií společnosti Unipetrol Doprava.

Provedenou rešerší trhu a následnou analýzou parametrů bylo zjištěno, že mezi výrobci lokomotiv jsou pouze dva subjekty, které dokážou vyrobit a neprodleně uvést do provozu moderní lokomotivu pro nákladní dopravu s takovými technicko-provozními parametry a ve stejné platformě ve verzích dieselelektrické a elektrické, které vyhovují potřebám společnosti Unipetrol Doprava. Jedná se o společnosti SIEMENS se svojí platformou VECTRON a BOMBARDIER s platformou TRAXX.

Na druhou stranu je nezbytné zmínit, že v případě dodatečných požadavků společnosti Unipetrol Doprava by bylo zřejmě nutné mírně zasáhnout i do stávající konstrukce vozidel obou vybraných výrobců. To by s sebou přineslo i potřebu projít dodatečným schvalovacím procesem, který by uvedení vozidla do provozu výrazně oddálil. Tím by se zároveň otevřely pomyslné dveře i dalším dodavatelům.

Snahou autora bylo zpracovat toto rozsáhlé a komplexní téma tak, aby i čtenář, který se detailně neorientuje ve zkoumané železniční problematice, byl schopen pochopit všechny souvislosti a mohl si na věc utvořit vlastní názor.

7 Použitá literatura

- [1] HRABATA, Pavel. *Metodický pokyn pro stanovení skupiny příčné přechodnosti vozidel*, © 2011 SŽDC.
- [2] ŠIROKÝ, Jaromír. *Mechanika v dopravě I – Kolejová vozidla*, 2003 Ostrava.
- [3] *Technický popis "Elektrická vícesystémová lokomotiva" TRAXX F140 MS D-A-PL-CZ-SK-H*, © 2014, Bombardier Inc.
- [4] *First Class Bogies - The complete programme for high-quality railway transportation Version: 08/08*. © 2008 Siemens Transportation Systems
- [5] *Railway technical handbook - Volume 2 „Drive systems: traction motor and gearbox bearings, sensors, condition monitoring and services“*. © SKF Group 2012, ISBN 978-91-978966-6-5
- [6] PESA. *Opis techniczny lokomotywy elektrycznej typu 111ed do ruchu towarowego 111E 0126-10*, [s.l.] PESA © 2011.
- [7] POHL, Jíří. *Druhá generace interoperabilních lokomotiv 15.6.2011 Ostrava*, [s.l.]: © SIEMENS.
- [8] CZ LOKO. *Technický popis - Motorová lokomotiva 753.6 4-8090-101-00*. [s.l.]: CZ LOKO © 2011.
- [9] CZ LOKO. *Technický popis - Motorová lokomotiva 744.0, 4-8090-088-00*. [s.l.]: CZ LOKO © 2012.
- [10] AKIEM. *Technical Reference Document - Locomotives BB75000/75100 - PRIMA DE, TR-NS-004*. [s.l.]: AKIEM © 2011.
- [11] VOSSLOH. *Kundenorientierte Skalierung von Antrieben als Grundlage für ein zukunftsweisendes Zugförderungssystem*. [s.l.]: © 2008, Vossloh Locomotives GmbH.
- [12] HLÍNA, Vladislav. *Výroční zpráva za rok 2013 Unipetrol Doprava*. [s.l.]: © 2014, Unipetrol Doprava.
- [13] HONYS, Zbyněk. *Výroční zpráva 2013 SŽDC*. [s.l.]: © 2014, SŽDC.
- [14] Železniční napájecí soustava. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 2008, poslední změna 11.07.2014 09:57 [cit. 2014-11-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_nap%C3%A1jec%C3%AD_soustava
- [15] List of track gauges. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida): Wikipedia Foundation, 2014, poslední změna 10.04.2015 09:04 [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_track_gauges
- [16] CZ LOKO. Profil společnosti. *Czloko.cz* [online]. ©2013 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.czloko.cz/cz/cz-loko/profil-spolecnosti.html>
- [17] ŠKODA TRANSPORTATION. Profil společnosti. *Skoda.cz* [online]. ©2015 [cit. 2015-01-21]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/cs/o-spolecnosti/profil-spolecnosti/>
- [18] BOMBARDIER. About Us. *Bombardier.com* [online]. ©1997 [cit. 2014-11-20]. Dostupné z: <http://www.bombardier.com/en/about-us.html>

- [19] ALSTOM. Alstom v České republice / na Slovensku. *Alstom.com* [online]. ©2015 [cit. 2015-01-21]. Dostupné z: <http://www.alstom.com/cs/countries/czech-republic/>
- [20] SIEMENS. Kolejová vozidla - Česká republika. *Cee.siemens.com* [online]. ©2014 [cit. 2015-01-23]. Dostupné z: https://www.cee.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/mobility-logistics/Pages/Rolling_Stock.aspx
- [21] PESA. Historie firmy. *Pesa.pl* [online]. ©2014 [cit. 2015-01-24]. Dostupné z: <http://www.pesa.pl/index.php/pl/firma/historia-firmy>
- [22] VOSSLOH-LOCOMOTIVES. Vossloh Group. *Vossloh-locomotives.com* [online]. ©2003 [cit. 2015-01-25]. Dostupné z: http://www.vossloh-locomotives.com/en/company/vossloh_group/vossloh_group.html
- [23] NEWAG. O firmie. *Newag.pl* [online]. ©2013 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.newag.pl/artykuly/aktualnosci/>
- [24] GENERAL ELECTRIC. Locomotives & Services. *Gettransportation.com* [online]. ©2013 [cit. 2015-01-27]. Dostupné z: <http://www.gettransportation.com/locomotives>
- [25] VOITH. Rail vehicles. *Voith.com* [online]. ©2015 [cit. 2015-01-28]. Dostupné z: <http://voith.com/en/products-services/rail-vehicles-373.html>
- [26] TREJTAR, Radek. Metodický pokyn pro stanovení skupiny příčné přechodnosti vozidel. In: *SŽDC: Dokumenty a pokyny, Provozně technické* [online]. © 2009-2012 [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/dalsi-informace/dokumenty-a-predpisy/provozne-technicke.html?page=detail&docid=1%3B%234e2a524a-0d61-4fcb-be28-f37155ab2837>
- [27] KRÝŽE, Pavel. Dovolené traťové třídy zatížení. In: *SŽDC: Mapy pro širokou veřejnost* [online]. © 2009 [cit. 2014-11-24]. Dostupné z: <http://provoz.szdc.cz/PORTAL/ViewArticle.aspx?oid=594598>
- [28] KRÝŽE, Pavel. Vlakový zabezpečovač a informační body systému AVV. In: *SŽDC: Mapy pro širokou veřejnost* [online]. © 2012 [cit. 2014-11-24]. Dostupné z: <http://provoz.szdc.cz/PORTAL/ViewArticle.aspx?oid=594598>
- [29] Lokomotiva řady 753.6. In: *Czloko.cz* [online]. ©2013 [cit. 2015-2-20]. Dostupné z: http://www.czloko.cz/DATA/download/cz/753.6_CAT_3512CHD_1550kW_diagram.jpg
- [30] KRÝŽE, Pavel. Největší traťové rychlosti. In: *SŽDC: Mapy pro širokou veřejnost* [online]. © 2014 [cit. 2014-11-24]. Dostupné z: <http://provoz.szdc.cz/PORTAL/ViewArticle.aspx?oid=594598>
- [31] WIJNAKKER, Simon. Trains, railways and locomotives. In: *Railcolor.net: Visualizations* [online]. Copyright © by railcolor.net [cit. 2015-2-20]. Dostupné z: <http://www.railcolor.net/index.php?nav=1000001&lang=1>
- [32] ALSTOM. Prima II locomotive. *Alstom.com* [online]. © Copyright ALSTOM 2015 [cit. 2015-01-17]. Dostupné z: <http://www.alstom.com/products-services/product-catalogue/rail-systems/trains/products/prima-ii-locomotive/>
- [33] NEWAG. Lokomotywy elektryczne. *Newag.pl* [online]. © Copyright NEWAG S.A. 2013 [cit. 2015-01-17]. Dostupné z: <http://www.newag.pl/oferta/lokomotywy-elektryczne/griffin/>
- [34] SIEMENS. Vectron mobility. *Mobility.siemens.com* [online]. © Siemens AG 1996-2015 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z:

<http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/interurban-mobility/rail-solutions/locomotives/vectron/Pages/vectron.aspx>

[35] ŠKODA TRANSPORTATION. Lokomotiva Emil Zátopek. *Skoda.cz* [online]. ©2015 [cit. 2015-03-8]. Dostupné z: <http://www.skoda.cz/cs/produkty/elektricke-lokomotivy/lokomotiva-109-e-cd/>

[36] BOMBARDIER. *Electric and diesel locomotives* [online]. © Bombardier 1997-2015 [cit. 2014-3-6]. Dostupné z: <http://www.bombardier.com/en/transportation/products-services/rail-vehicles/locomotives.html>

[37] EUROLIGHT - Mainline Diesel-Electric Locomotive „The New Weight Category“. *Vossloh-rail-vehicles.com* [online]. ©2006 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: http://www.vossloh-rail-vehicles.com/en/products_1/locomotives/diesel_electric_locomotives_1/eurolight_1/eurolight_3.html

[38] Vossloh locomotives - DE 12/DE 18: Four-axle diesel-electric locomotives for freight haulage. *Vossloh locomotives.com* [online]. ©2006 [cit. 2014-12-15]. Dostupné z: http://www.vossloh-locomotives.com/en/products_and_services/diesel-hydraulic_locomotives/g12_g18/g12_g18.html

[39] Voith rail vehicles: *Voith.com* [online]. © 2015 Voith GmbH All rights reserved [cit. 2014-2-15]. Dostupné z: <http://voith.com/en/products-services/power-transmission/shunting-locomotives-gravita-10243.html#Gravita15LBB>

[40] Hosnedl S.: Systémové navrhování technických produktů - KKS/ZKM. <http://home.zcu.cz/~hosnedl/> v adresáři b_ZKM/.... Plzeň: ZČU, FST, 2012

[41] HELLER, Petr. *Kolejová vozidla I, II*, Plzeň, ZČU-KKS, 2009

Poznámka: U obrázků autorsky neoznačených v kapitole 2 je zdrojem archiv společnosti Unipetrol Doprava.

8 Seznam příloh

Příloha č. 1: Výpočty v tabulkovém procesoru MS Excel: „Potřebná tažná síla při různých traťových podmínkách“; „Potřebná hmotnost lokomotivy pro jízdu na mezi adheze“

Příloha č. 2: Technické hodnocení lokomotiv metodou relativních odchylek – výsledné protokoly

Příloha č. 3: Výpočet nákladů jednotlivých variant pořízení vozidla

Příloha č. 4: CAD modely hrubého konstrukčního návrhu lokomotivy

Příloha č. 5: Výpočet kinematického zúžení hnacího kolejového vozidla

9 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Trakční proudové soustavy Evropy	5
Obrázek 2 - Rozchod kolejí ve světě	6
Obrázek 3 - Logo CZ LOKO	7
Obrázek 4 - Logo Škoda Transportation	7
Obrázek 5 - Logo Bombardier	7
Obrázek 6 - Logo Alstom	7
Obrázek 7 - Logo Siemens	8
Obrázek 8 - Logo Pesa	8
Obrázek 9 - Logo Vossloh	9
Obrázek 10 - Logo Newag	9
Obrázek 11 - Logo General Electric	9
Obrázek 12 - Logo Voith	9
Obrázek 13 - Mapa SŽDC - traťové třídy v ČR	11
Obrázek 14 - Mapa SŽDC - vybavení koridorů vlakovým zabezpečovacím zařízením .	12
Obrázek 15 - Obecná trakční charakteristika a její omezení	13
Obrázek 16 - Koreffův zátěžový diagram lokomotivy řady 753.6.....	14
Obrázek 17 - Potřebná tažná síla na háku pro rozjezd vlaku s různým stoupáním a zrychlením	15
Obrázek 18 - Mapa sítě SŽDC – nejvyšší traťové rychlosti.....	16
Obrázek 19 - Dvounápravový trakční podvozek lokomotiv Traxx Bombardier	16
Obrázek 20 - Třinápravový trakční podvozek typ SF6 Siemens	17
Obrázek 21 - Základní principy postavení podvozků v koleji	17
Obrázek 22 - Proces zavedení TSI.....	17
Obrázek 23 - PRIMA II ALSTOM	18
Obrázek 24 - Trakční charakteristika lokomotivy PRIMA II	20
Obrázek 25 - Podvozek lokomotivy PRIMA II	20
Obrázek 26 - TRAXX AC3 LM vlevo, TRAXX MS vpravo	21
Obrázek 27 - Pohon dvojkolí TRAXX MS freight	22
Obrázek 28 - Trakční charakteristika lokomotivy TRAXX F140 MS	23
Obrázek 29 - Podvozek lokomotivy TRAXX F140 MS	23
Obrázek 30 - GRIFFIN NEWAG	24
Obrázek 31- Podvozek lokomotivy GRIFFIN E4MSU	25
Obrázek 32 - Stavba skříně a uspořádání strojovny lokomotivy GRIFFIN E4MSU	25
Obrázek 33 – Lokomotiva GAMA od firmy PESA	26
Obrázek 34 - Trakční charakteristika lokomotivy GAMA 111MS	28
Obrázek 35 - Podvozek lokomotivy GAMA 111MS	28
Obrázek 36 – Lokomotiva VECTRON od firmy SIEMENS	29
Obrázek 37 - Varianty pohonu dvojkolí lokomotivy VECTRON.....	30
Obrázek 38 - Podvozek lokomotivy VECTRON pro rychlost do 160km/h s dutým hřídelem pastorku	31
Obrázek 39 - Trakční charakteristika lokomotivy Vectron	32
Obrázek 40 – Lokomotiva EMIL ZÁTOPEK 109E2 od firmy ŠKODA	32
Obrázek 41 – Podvozek lokomotivy EMIL ZÁTOPEK 91E	34
Obrázek 42 - Koreffův zátěžový diagram maximální tažné síly EMIL ZÁTOPEK 91E	34
Obrázek 43 - PRIMA DE BB75000 ALSTOM	35
Obrázek 44 - Layout strojovny lokomotivy PRIMA DE BB75000	35
Obrázek 45 - Podvozek lokomotivy BB7500	37

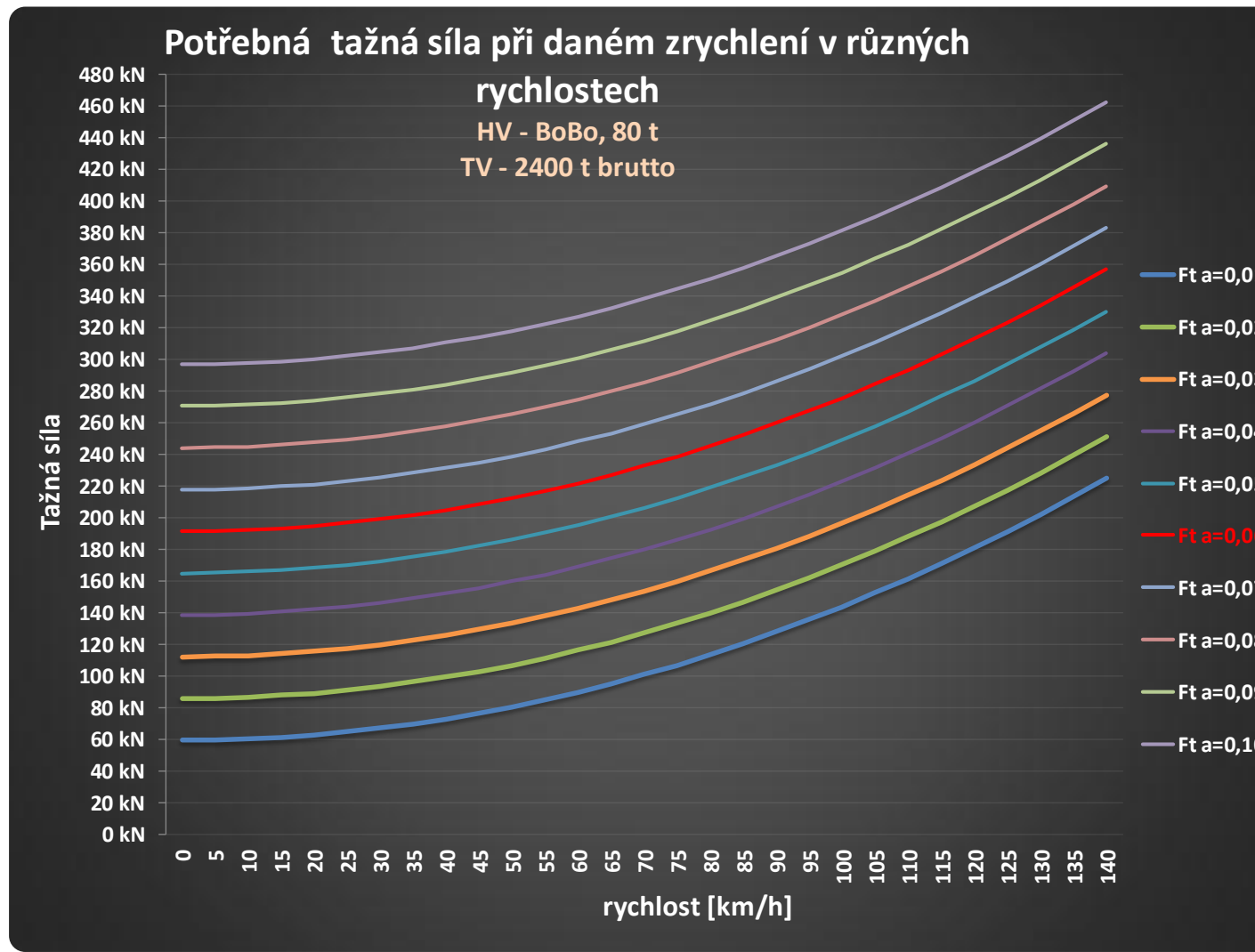
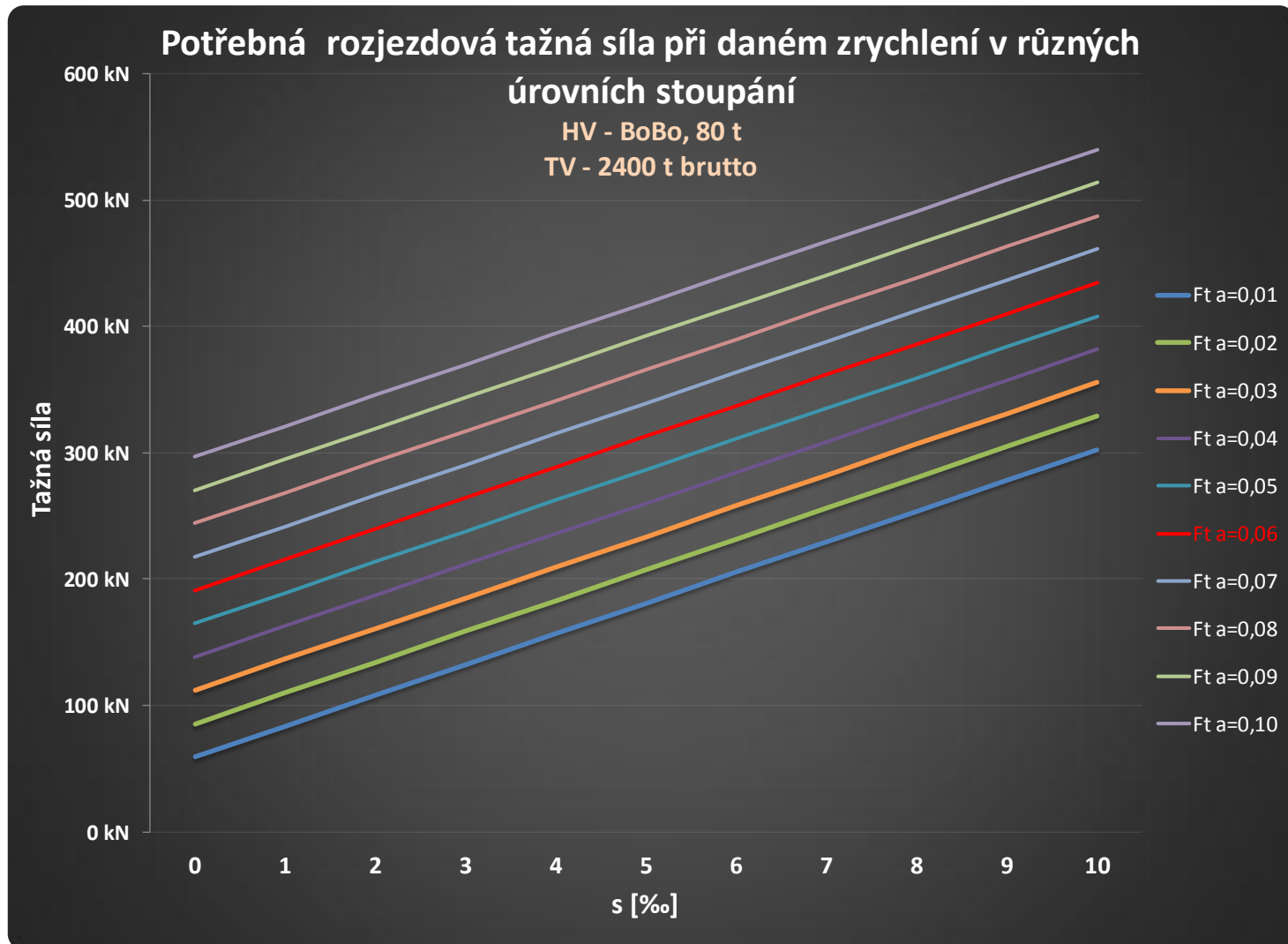
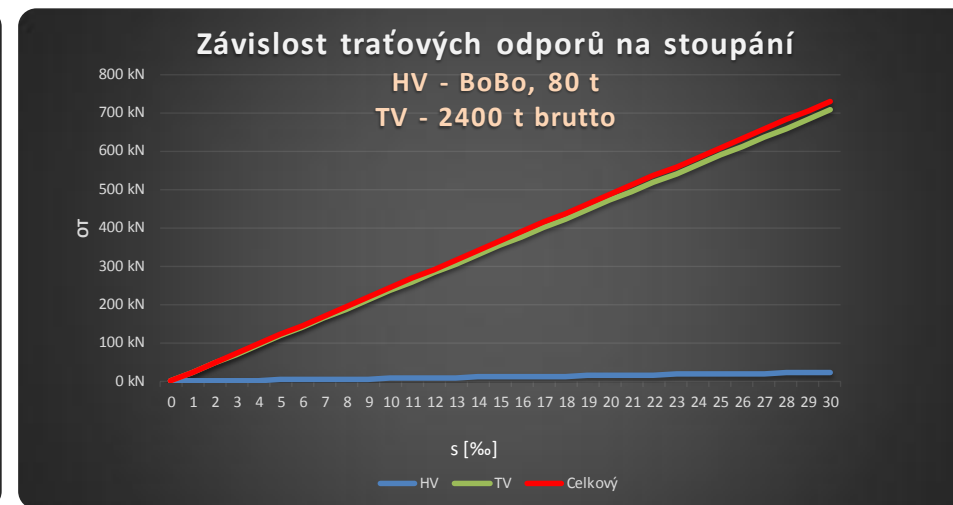
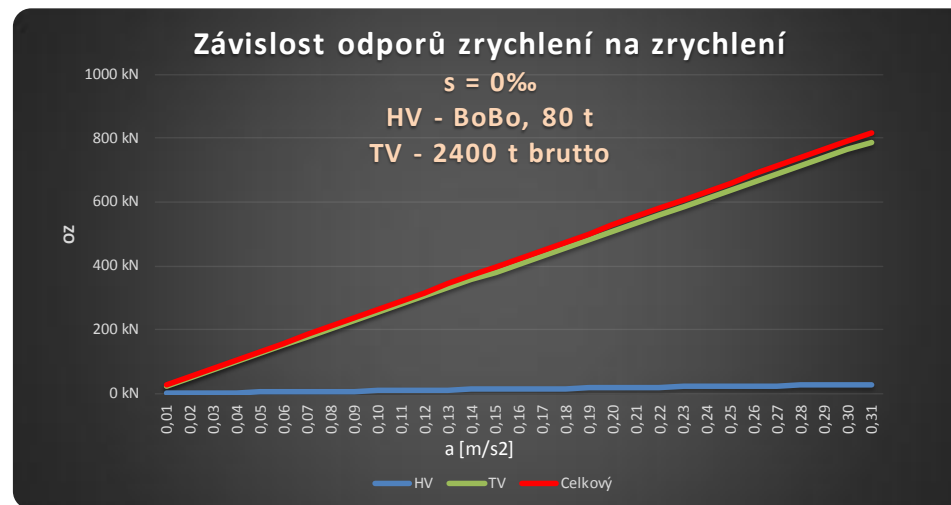
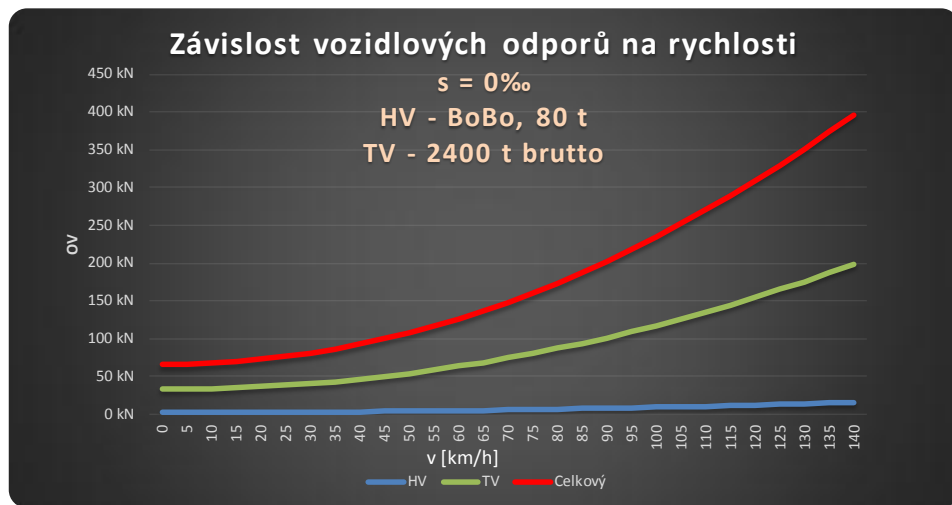
Obrázek 46 - Trakční charakteristika a nomogram zátěže lokomotivy BB75000	37
Obrázek 47 - Vizualizace lokomotivy TRAXX DE ME BOMBARDIER	38
Obrázek 48 – Vizualizace lokomotivy BIZON 753.6 CZLOKO	39
Obrázek 49 - Podvozek lokomotivy 753.6 (bez úpravy kluzných ložisek)	40
Obrázek 50 - Korefův zátěžový diagram lokomotivy BIZON 753.6	41
Obrázek 51 – lokomotiva řady 744 CZ LOKO	42
Obrázek 52 - rozdělení sekcí kapot lokomotivy řady 744	42
Obrázek 53 - Podvozek lokomotivy řady 744	44
Obrázek 54 – Koreffův zátěžový diagram lokomotivy řady 744	44
Obrázek 55 – Lokomotiva GAMA DE 111Dd PESA	45
Obrázek 56 - Lokomotiva VECTRON DE SIEMENS	46
Obrázek 57 - Layout lokomotivy VECTRON DE.....	47
Obrázek 58 - Lokomotiva EUROLIGHT VOSSLOH	48
Obrázek 59 - Podvozek lokomotivy EUROLIGHT	48
Obrázek 60 - Lokomotiva DE18 VOSSLOH	49
Obrázek 61 - Uspořádání sgregátů na lokomotivě DE18	50
Obrázek 62 - Podvozek lokomotivy DE18	51
Obrázek 63 - Trakční charakteristika lokomotivy DE18	52
Obrázek 64 - Lokomotiva VOITH GRAVITA 15LBB	52
Obrázek 65 - Lokomotiva VOITH MAXIMA 20LBB	53
Obrázek 66 - Mapa přeprav v roce 2014	56
Obrázek 67 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 740	56
Obrázek 68 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 741.5	57
Obrázek 69 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 753.7	58
Obrázek 71 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 753.7	60
Obrázek 70 - Typový náčrt a fotografie lokomotivy řady 121	61
Obrázek 72 - Postup pro výběr typu a výrobce lokomotivy v programu "HODNOCENÍ_LOKOMOTIV"	68
Obrázek 73 - Pásma ekonomické výhodnosti variant.....	73
Obrázek 74 - Černá skříňka provozního transformačního procesu	75
Obrázek 75 - Technologie provozního transformačního procesu TS	75
Obrázek 76 - Hrubý provozní transformační proces	75
Obrázek 77 - Návrh orgánové struktury v morfologické matici.....	76
Obrázek 78 - Vizualizace hrubé stavební struktury.....	77
Obrázek 79 – Koncepce uspořádání zařízení ve strojovně se středovou průchozí uličkou	77
Obrázek 80 - Hrubá stavba skříňe.....	78
Obrázek 81 - Pult strojvedoucího	78
Obrázek 82 - Trakční podvozek hrubého konstrukčního návrhu lokomotiv	79
Obrázek 83 - Využitelný konstrukční prostor vozidla	80

10 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Traťové třídy svislého zatížení	10
Tabulka 2 - Metodika stanovení příčné přechodnosti	11
Tabulka 3 - Kritéria nákladních lokomotiv	18
Tabulka 4 - Parametry lokomotivy PRIMA II ve čtyřnápravové nákladní verzi	19
Tabulka 5 - Parametry lokomotivy TRAXX F140MS	22
Tabulka 6 - Parametry GRIFFIN E4MSU	25
Tabulka 7 - Parametry lokomotivy GAMA provedení 111MS	27
Tabulka 8 - Parametry lokomotivy VECTRON X4-E	31
Tabulka 9 - Parametry lokomotivy EMIL ZÁTOPEK 91E.....	33
Tabulka 10 – Parametry lokomotivy BB75000	36
Tabulka 11 - Parametry lokomotivy TRAXX DE ME	39
Tabulka 12 – Parametry lokomotivy BIZON 753.6	41
Tabulka 13 - Parametry lokomotivy 744 CZ LOKO.....	43
Tabulka 14 – Parametry lokomotivy GRIFFIN D4MSU	45
Tabulka 15 - Parametry lokomotivy GAMA 111Dd.....	45
Tabulka 16 - Parametry lokomotivy VECTRON DE.....	47
Tabulka 17 – Parametry lokomotivy EUROLIGHT	49
Tabulka 18 - Parametry lokomotivy DE18 VOSSLÖH	50
Tabulka 19 – Parametry lokomotivy GRAVITA 15LBB VOITH	52
Tabulka 20 - Parametry MAXIMA 20LBB VOITH	53
Tabulka 21 - Vývoj zaměstnanosti Unipetrol Doprava v letech 2009 – 2013 [12].....	54
Tabulka 22 - Rozložení zaměstnanců do pracovních zařazení v roce 2014	54
Tabulka 23 - Vývoj přepraveného množství zboží v ČR a společnostích Unipetrol Doprava	54
Tabulka 24 - Struktura přepraveného množství společností Unipetrol Doprava za rok 2013	55
Tabulka 25 - Podíl dopravců na přepravních výkonech nákladní dopravy v ČR v roce 2012 a 2013	55
Tabulka 26 - Parametry lokomotivy řady 740	57
Tabulka 27 - Parametry lokomotivy řady 741.5	58
Tabulka 28 - Parametry lokomotivy řady 753.7	59
Tabulka 29 - Parametry řada 742.7.....	60
Tabulka 30 - Parametry řada 121.....	61
Tabulka 31 - Výkony traťové dopravy v letech 2013-2014	62
Tabulka 32 – Rozbor výkonů za rok 2013 rozdělených na řady	62
Tabulka 33 – Rozbor tržeb za rok 2013 rozdělených podle konkrétních lokomotivních řad	63
Tabulka 34 - Rozbor výkonů za rok 2014 rozdělených podle konkrétních řad.....	63
Tabulka 35 - Rozbor tržeb za rok 2014 rozdělených podle konkrétních řad.....	63
Tabulka 36 - Plán obnovy vozidlového parku Unipetrol doprava - rozdělení lokomotiv na traťové a vlečkové	64
Tabulka 37 - Plán obnovy vozidlového parku Unipetrol doprava - rozdělení lokomotiv na elektrické a dieselové.....	64
Tabulka 38 - Predikce výkonů traťové dopravy 2015	70
Tabulka 39 - Náklady jednotlivých variant	72
Tabulka 40 - Specifikace požadavků	74
Tabulka 41 - Parametry lokomotiv hrubého konstrukčního návrhu	80

PŘÍLOHA č. 1

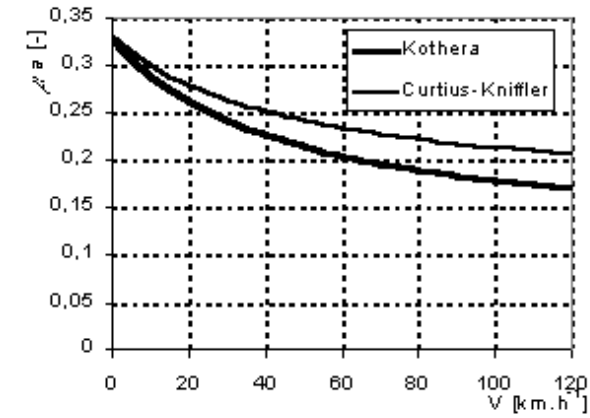
**Výpočty v tabulkovém procesoru MS Excel:
„Potřebná tažná síla při různých traťových podmínkách“;
„Potřebná hmotnost lokomotivy pro jízdu na mezi adheze“**



$$T_1 = \mu \cdot Q = \mu \cdot \frac{m_{HV}}{8} \cdot g$$

$$T = \mu \cdot m_{HV} \cdot g$$

$$T = (m_{HV} + m_{TV}) \cdot a$$



Provozovatel	součinitel adheze $\mu_a[-]$	
	rozjezd	brzdění
ČD	0,2	0,12 – 0,15
DB	0,24	0,15
ÖBB	0,23	0,12

$$\mu \cdot m_{HV} \cdot g = (m_{HV} + m_{TV}) \cdot a$$

$$\mu \cdot m_{HV} \cdot g = m_{HV}a + m_{TV}a$$

$$\mu \cdot m_{HV} \cdot g - m_{HV}a = m_{TV}a$$

$$m_{HV}(\mu \cdot g - a) = m_{TV}a$$

$$m_{HV} = \frac{m_{TV} \cdot a}{(\mu \cdot g - a)}$$

pojezd	B'0 B'0
g	9,81 m/s ²
m _{TV}	2400 t
a	0,06 m/s ² 0,2 km/h ²
μ	0,2

m_{HV} = 75,68 t Potřebná hmotnost vozidla k jízdě na mezi adheze

$$T_1^4 = 19,62746$$

T = 149 kN Přenesitelná tažná síla na mezi adheze pro hmotnost m_{HV}

$$T_1^8 = 19,30034$$

T_{odpory} = 191 kN Potřebná tažná síla pro rozjezd vlaku 2400 t, 0,06 m/s² - s uvažováním jízdních odporů

a =	0,06	0,05	0,04
m _{HVodpory} =	92,50 t	79,88 t	67,27 t

Ve výpočtu jsou zanedbány jízdni odpory.

m _{HV} =	55,00 t	60,00 t	65,00 t	70,00 t	75,00 t	76,00 t	77,00 t	78,00 t	79,00 t	80,00 t	81,00 t	82,00 t	83,00 t	84,00 t	85,00 t	86,00 t	87,00 t	88,00 t	89,00 t	90,00 t
T =	108,0 kN	117,8 kN	127,6 kN	137,4 kN	147,2 kN	149,2 kN	151,1 kN	153,1 kN	155,1 kN	157,0 kN	159,0 kN	160,9 kN	162,9 kN	164,9 kN	166,8 kN	168,8 kN	170,8 kN	172,7 kN	174,7 kN	176,6 kN
m _{TV} =	1744,18 t	1902,75 t	2061,31 t	2219,87 t	2378,43 t	2410,14 t	2441,86 t	2473,57 t	2505,28 t	2536,99 t	2568,71 t	2600,42 t	2632,13 t	2663,84 t	2695,56 t	2727,27 t	2758,98 t	2790,69 t	2822,41 t	2854,12 t
0,78 m _{TV} =	1360,46 t	1484,14 t	1607,82 t	1731,50 t	1855,18 t	1879,91 t	1904,65 t	1929,38 t	1954,12 t	1978,86 t	2003,59 t	2028,33 t	2053,06 t	2077,80 t	2102,53 t	2127,27 t	2152,01 t	2176,74 t	2201,48 t	2226,21 t

Snížení přenesitelné síly na mezi adheze na obvodu kol při vyčerpání PHM z 5000 litrů na 500 litrů

$$T_1 = \mu \cdot Q_1 = \mu \cdot \frac{m_{HV1}}{8} \cdot g$$

$$m_{HV1} = \frac{80,0 \text{ t}}{19627 \text{ N}}$$

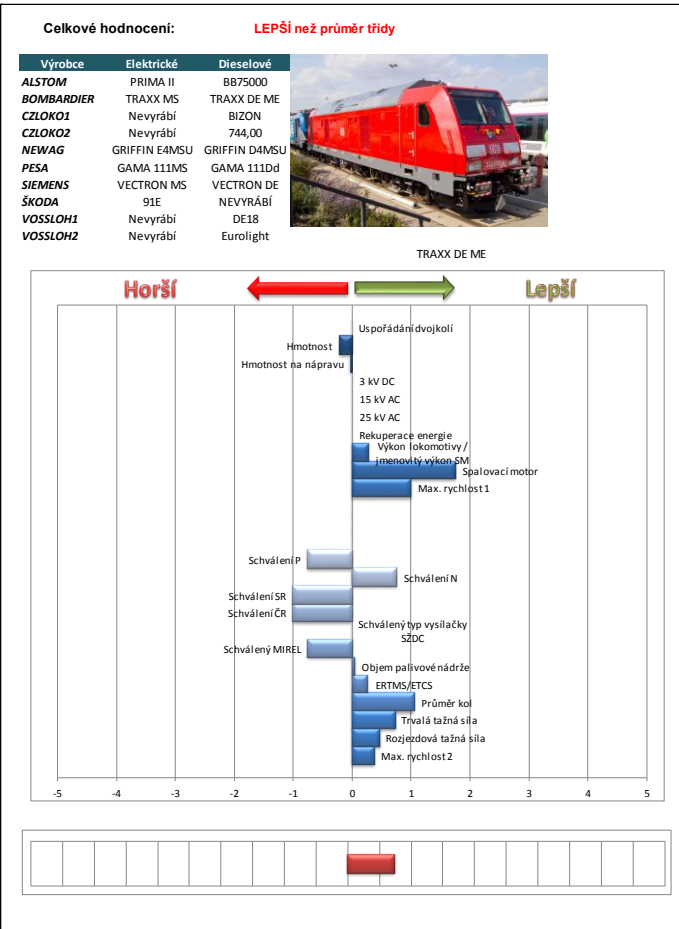
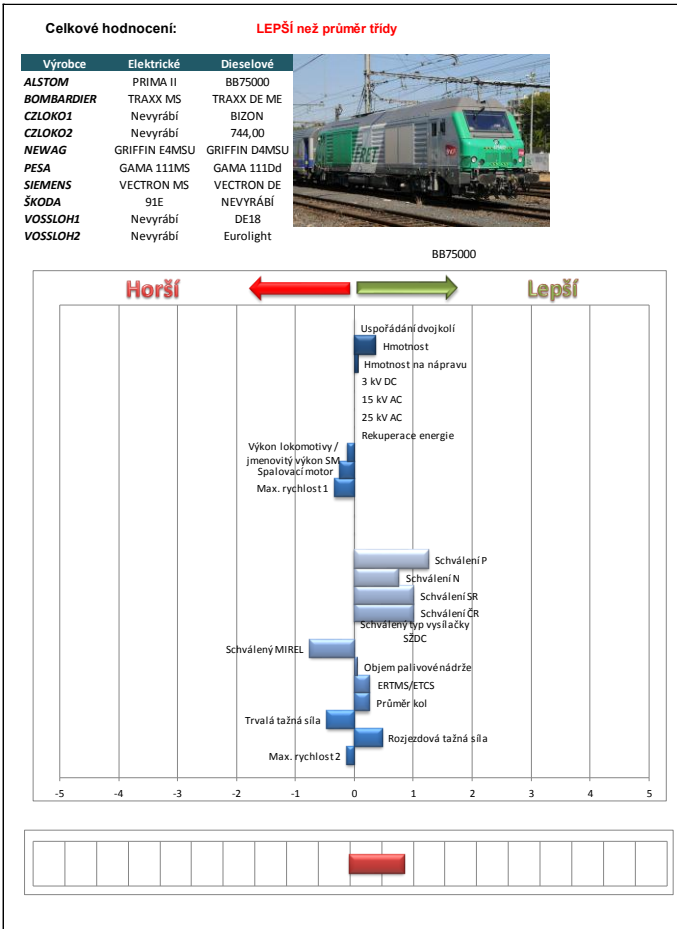
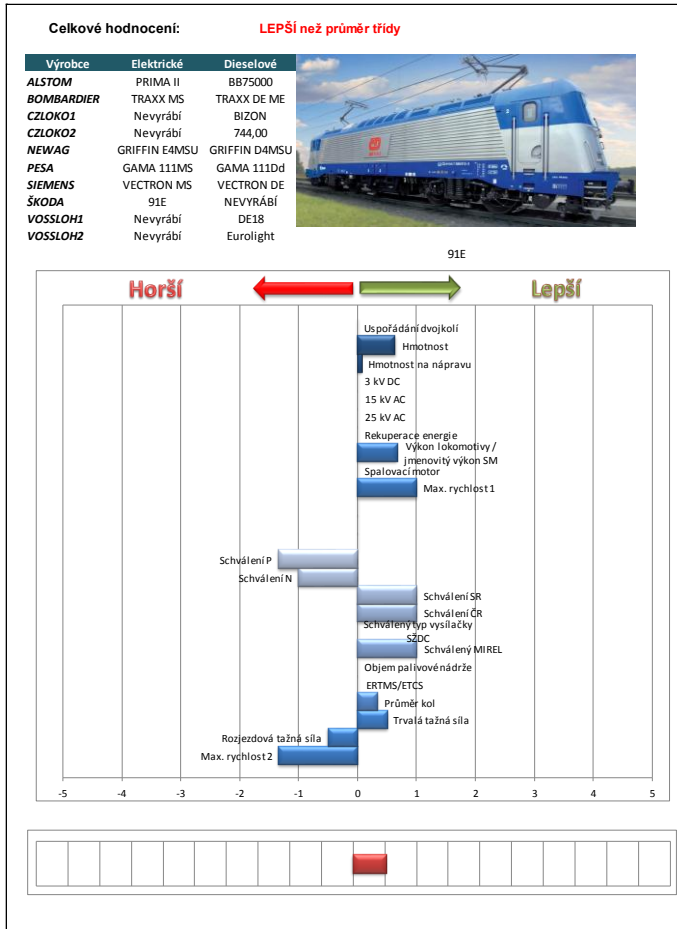
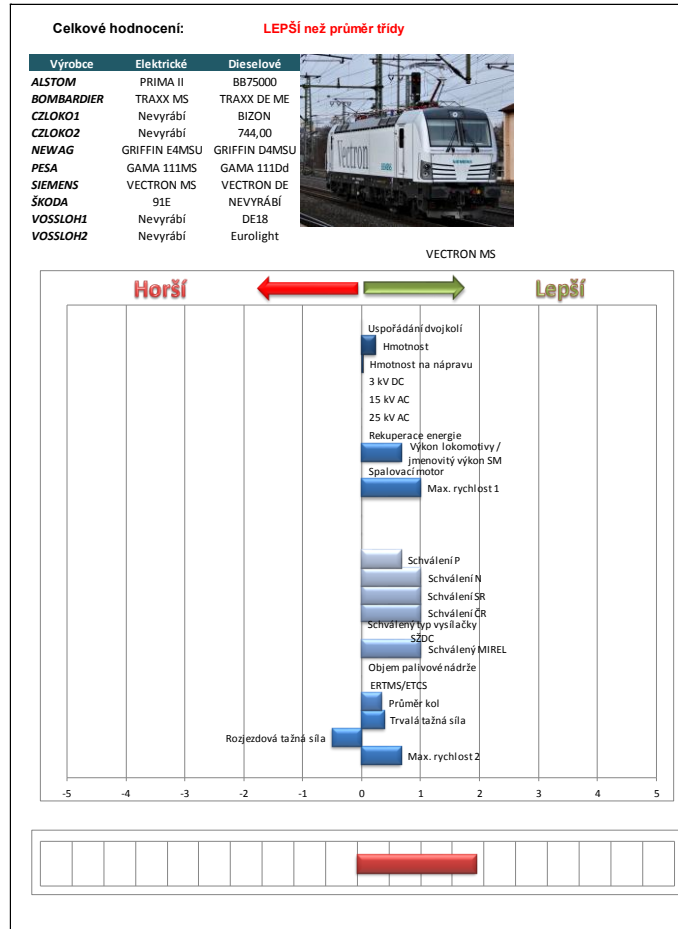
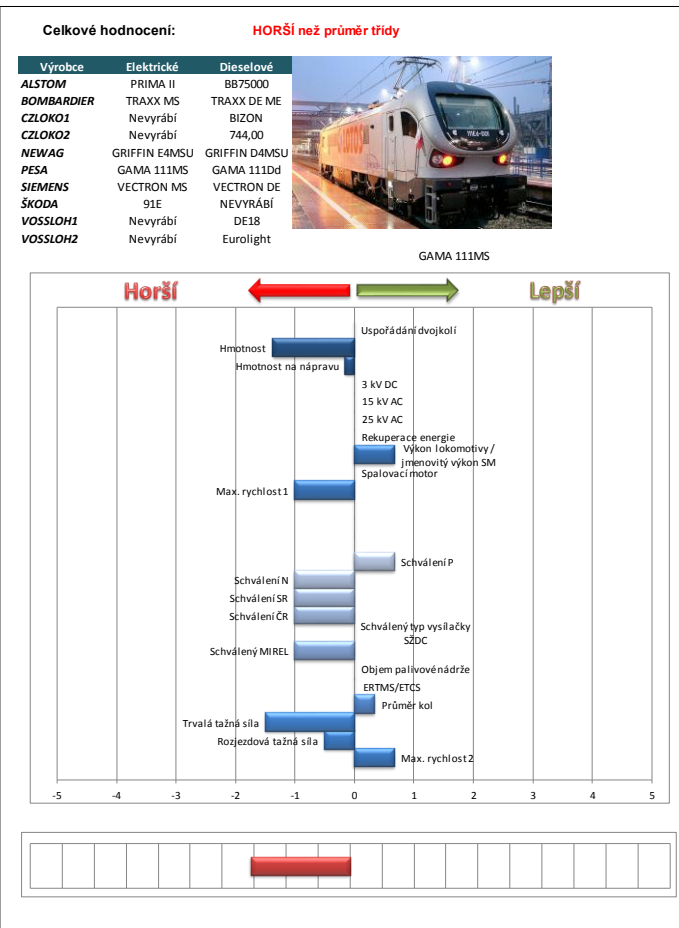
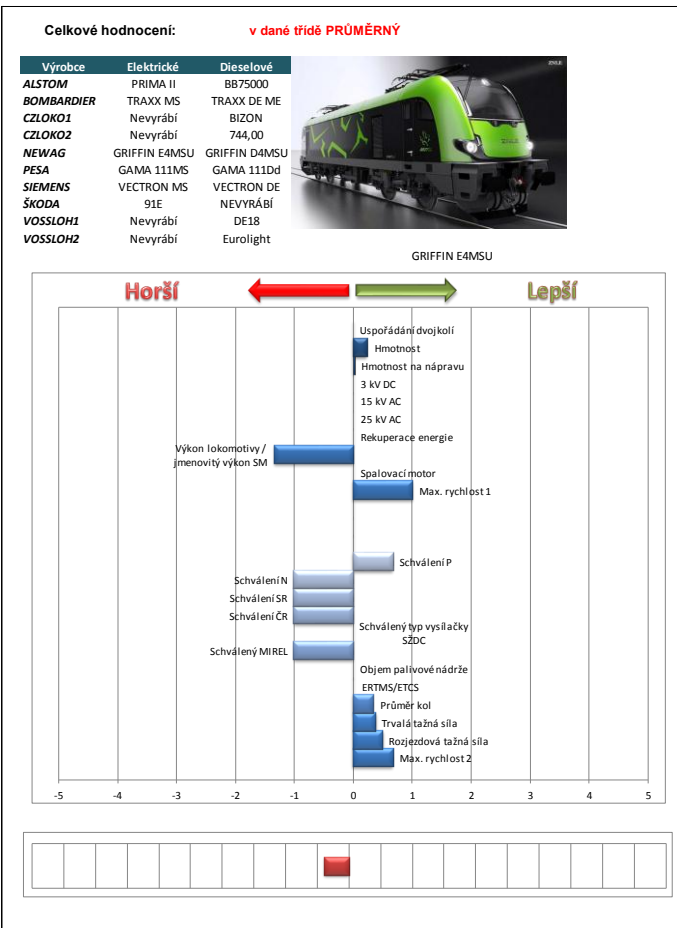
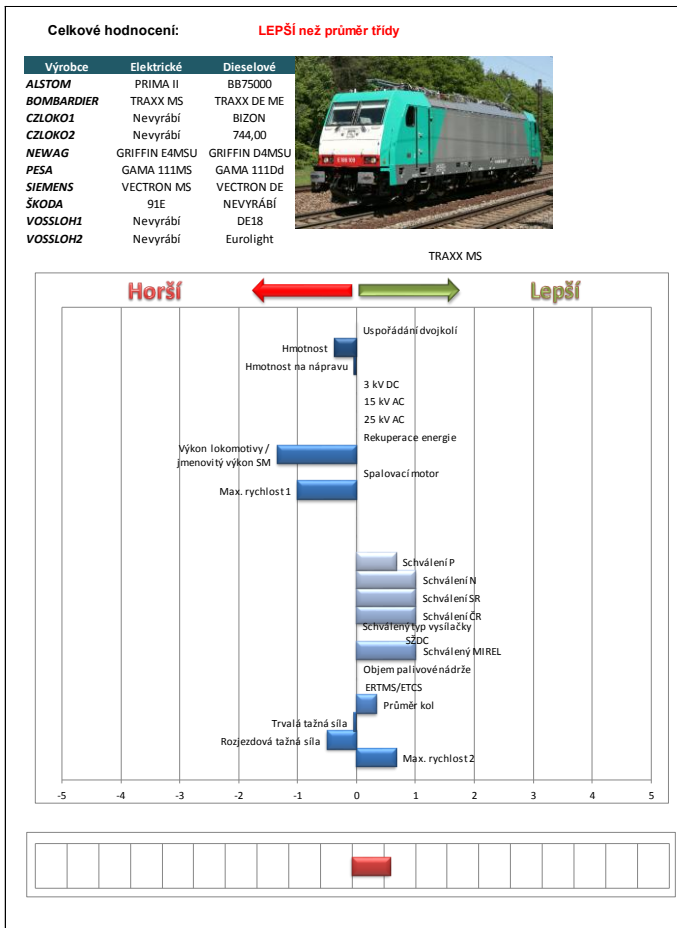
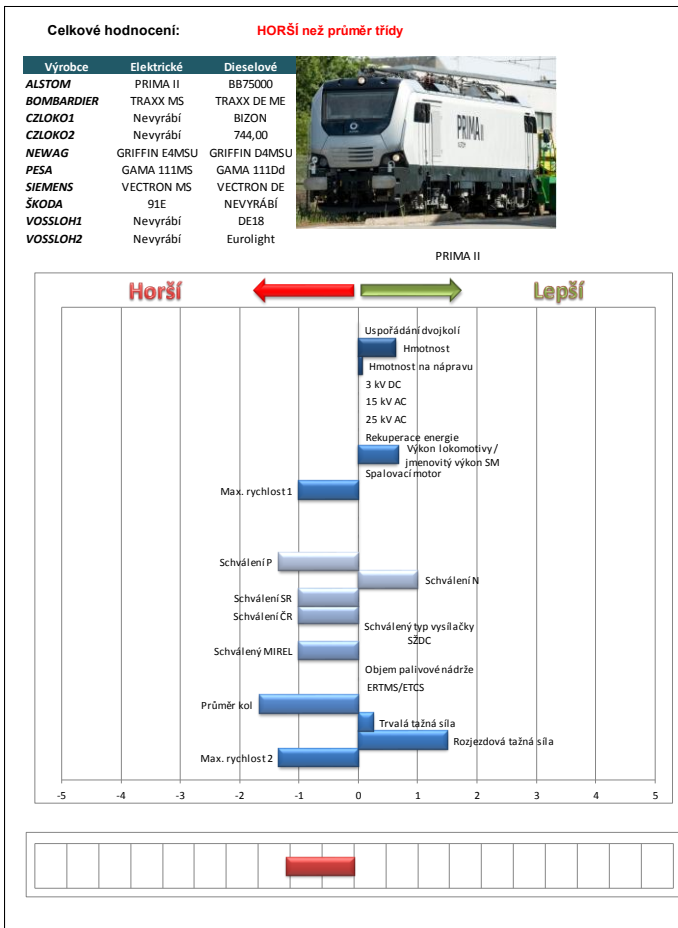
$$T_2 = \mu \cdot Q_2 = \mu \cdot \frac{m_{HV2}}{8} \cdot g$$

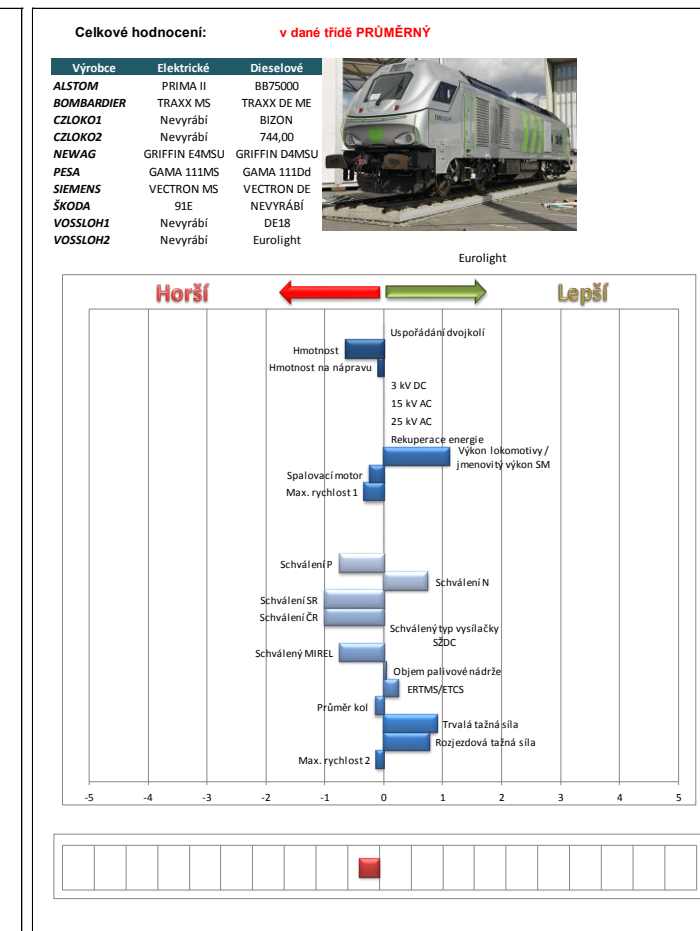
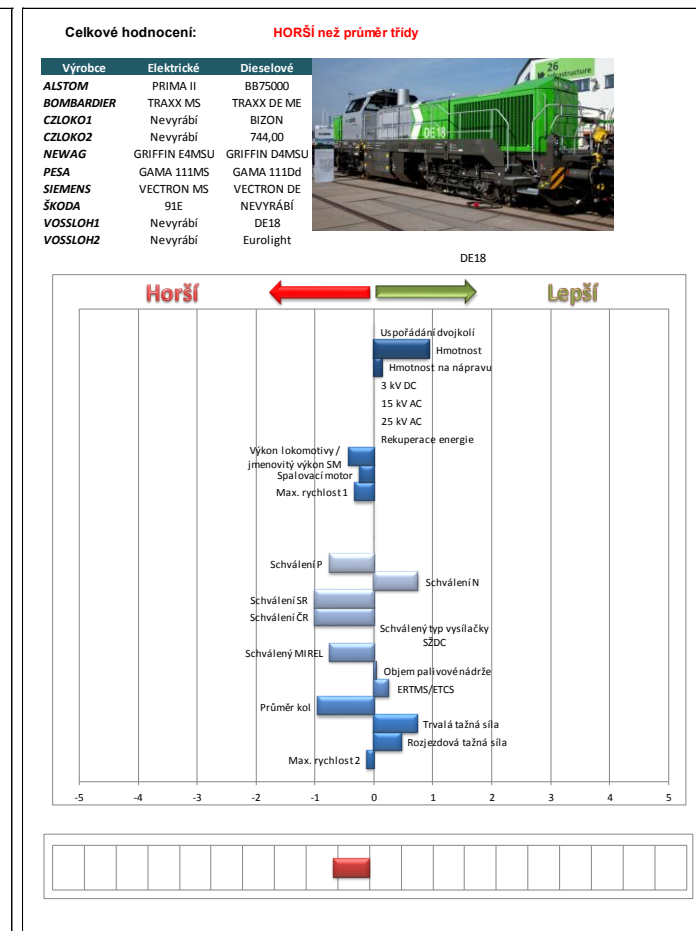
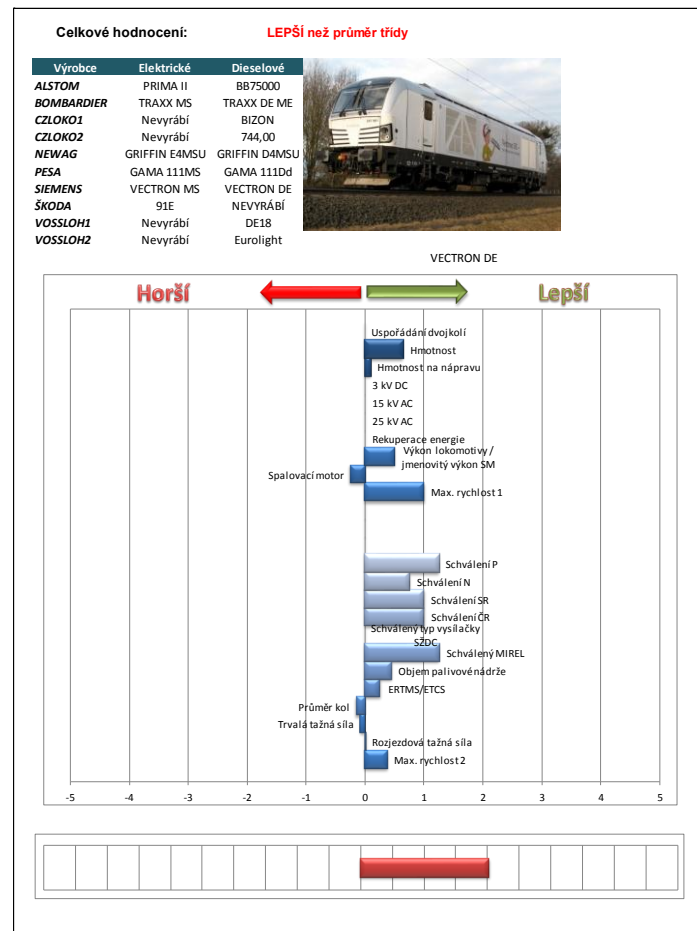
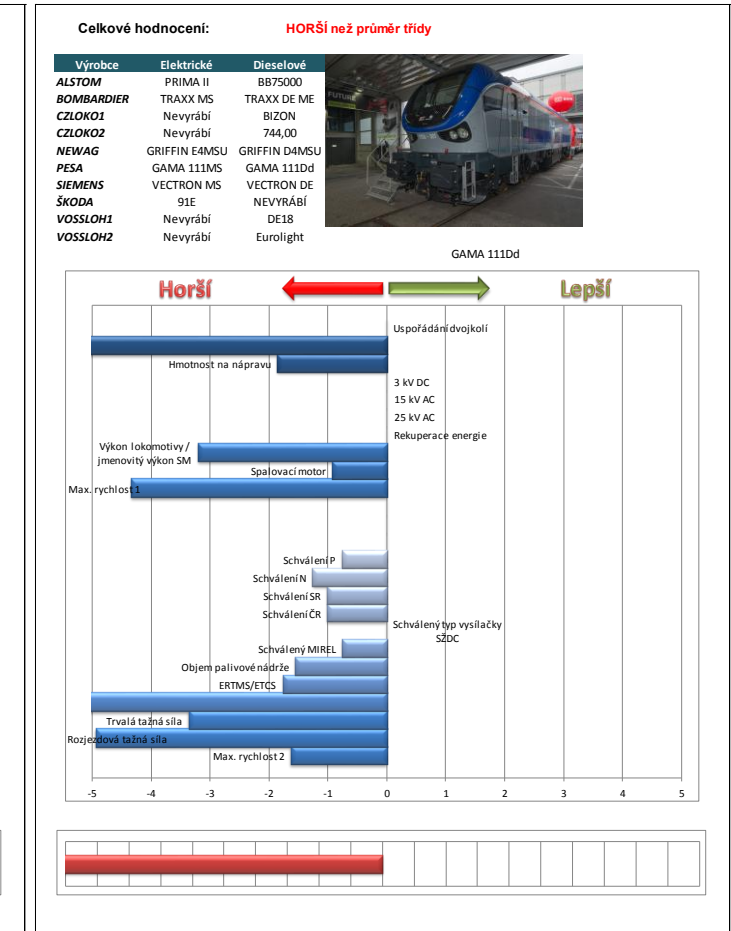
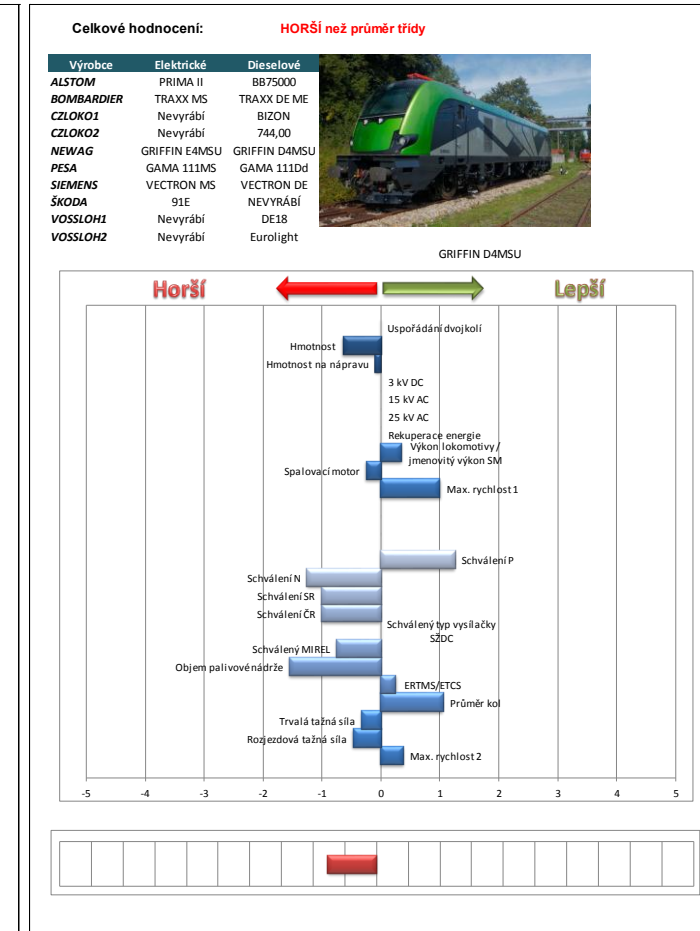
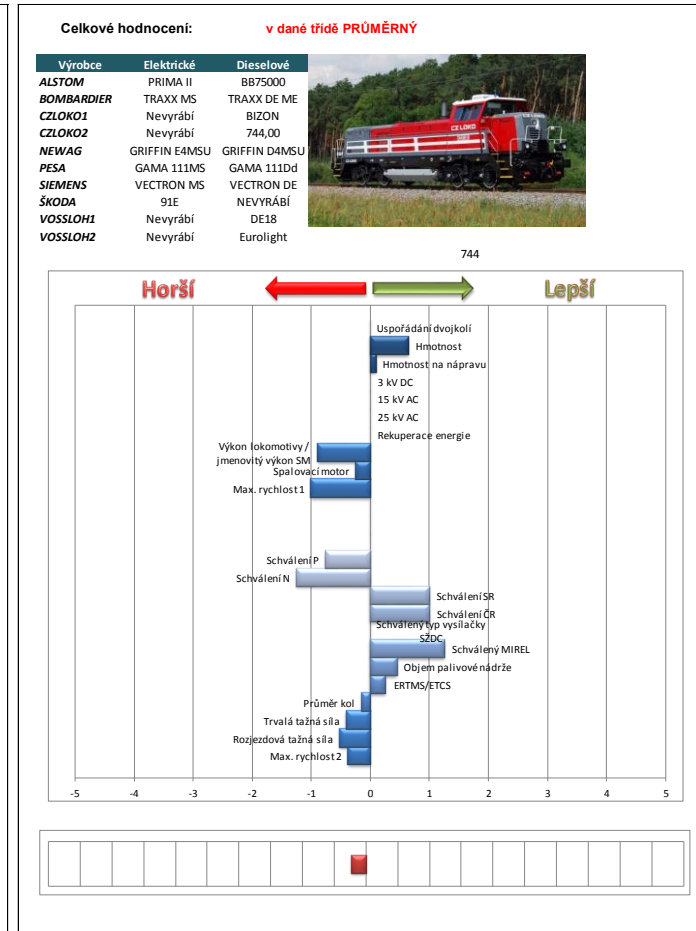
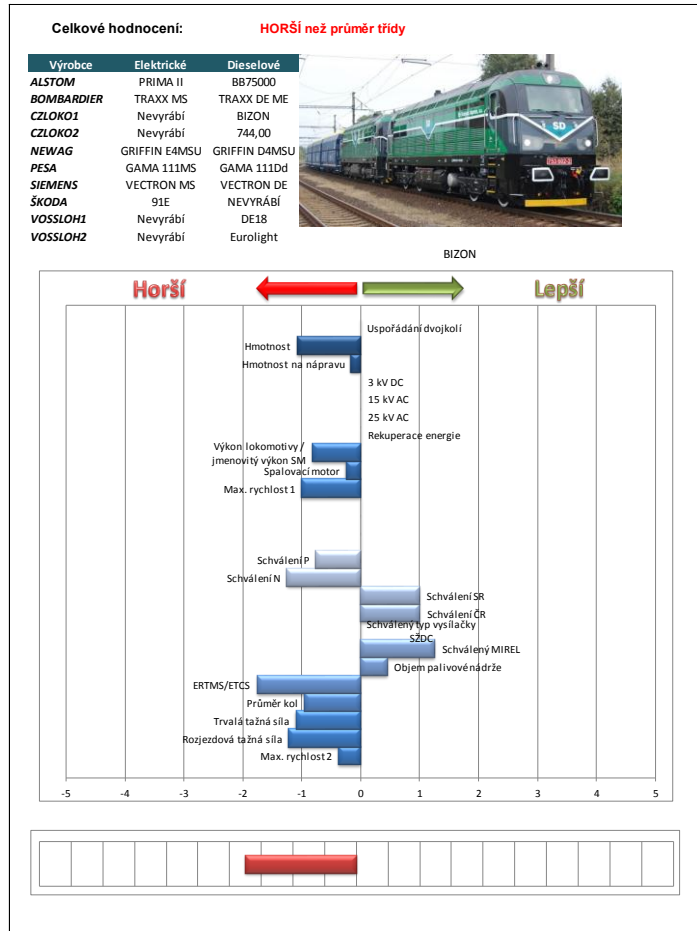
$$m_{HV2} = \frac{75,8 \text{ t}}{18597 \text{ N}}$$

Rozdíl = 1030 N **1 kN** na jednom kole
8 kN celková

PŘÍLOHA č. 2

Technické hodnocení lokomotiv metodou relativních odchylek – výsledné protokoly





PŘÍLOHA č. 3

Výpočet nákladů jednotlivých variant pořízení vozidla

A - Finanční leasing 0%

Hodnota lokomotivy	4 400 000 EUR	121 000 000 Kč
Proběh q	150 000 km/rok	1 500 000 km/10 let
PVN	185 Kč/km	277 500 000 Kč/10 let
Doba splácení	10 let	
Splátka FN	39 233 EUR/měsíc	129 470 000 Kč/10 let
Pojištění FN	60 000 Kč/rok	600 000 Kč/10 let
Zůstatková hodnota	0%	0 EUR

PN _A	130 070 000 Kč	130 070 000 Kč
PVN _A	185 Kč/km	185 Kč/km
q	150 000 km	1 500 000 km
CN _A	157 820 000 Kč	407 570 000 Kč

B - Finanční leasing 50%

Hodnota lokomotivy	4 400 000 EUR	121 000 000 Kč
Proběh q	150 000 km/rok	1 500 000 km/10 let
PVN	185 Kč/km	277 500 000 Kč/10 let
Doba splácení	10 let	
Splátka FN	25 000 EUR/měsíc	82 500 000 Kč/10 let
Pojištění FN	60 000 Kč/rok	600 000 Kč/10 let
Zůstatková hodnota	50%	2 200 000 EUR

PN _B	143 600 000 Kč	143 600 000 Kč
PVN _B	185 Kč/km	185 Kč/km
q	150 000 km	1 500 000 km
CN _B	171 350 000 Kč	421 100 000 Kč

C - Operativní leasing FS

Hodnota lokomotivy	4 400 000 EUR	121 000 000 Kč
Proběh q	150 000 km/rok	1 500 000 km/10 let
PVN	155 Kč/km	232 500 000 Kč/10 let
Doba splácení	10 let	
Splátka FN	40 000 EUR/měsíc	132 000 000 Kč/10 let
Pojištění FN	60 000 Kč/rok	600 000 Kč/10 let
Zůstatková hodnota	0%	0 EUR

PN _C	132 600 000 Kč	132 600 000 Kč
PVN _C	155 Kč/km	155 Kč/km
q	150 000 km	1 500 000 km
CN _C	155 850 000 Kč	365 100 000 Kč

D - Investice

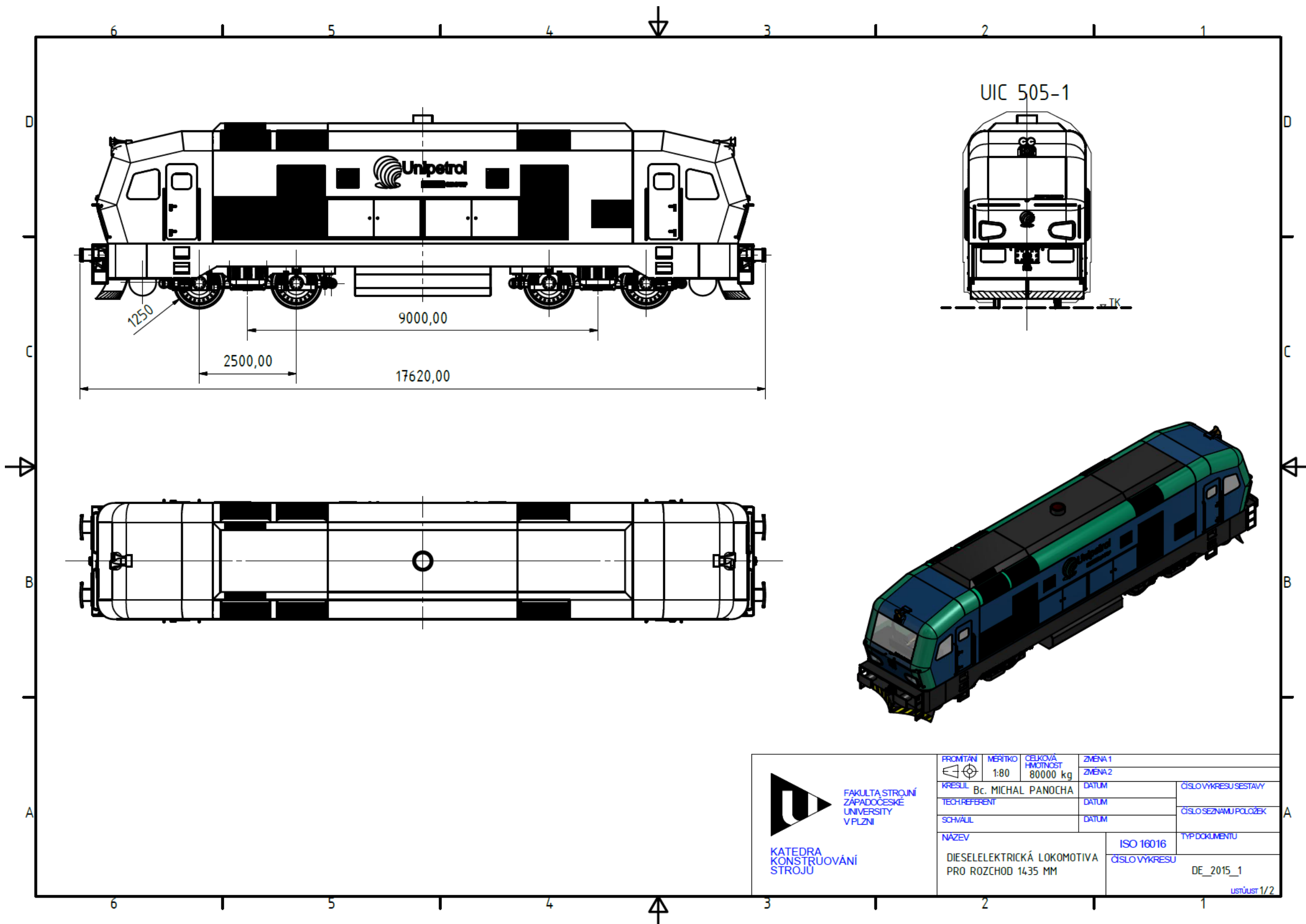
Hodnota lokomotivy	4 400 000 EUR	121 000 000 Kč
Proběh q	150 000 km/rok	1 500 000 km/10 let
PVN	185 Kč/km	277 500 000 Kč/10 let
Doba splácení	10 let	
Splátka FN	36 667 EUR/měsíc	121 000 000 Kč/10 let
Pojištění FN	60 000 Kč/rok	600 000 Kč/10 let
Zůstatková hodnota	0%	0 EUR



PN _D	121 600 000 Kč	121 600 000 Kč
PVN _D	185 Kč/km	185 Kč/km
q	150 000 km	1 500 000 km
CN _D	149 350 000 Kč	399 100 000 Kč

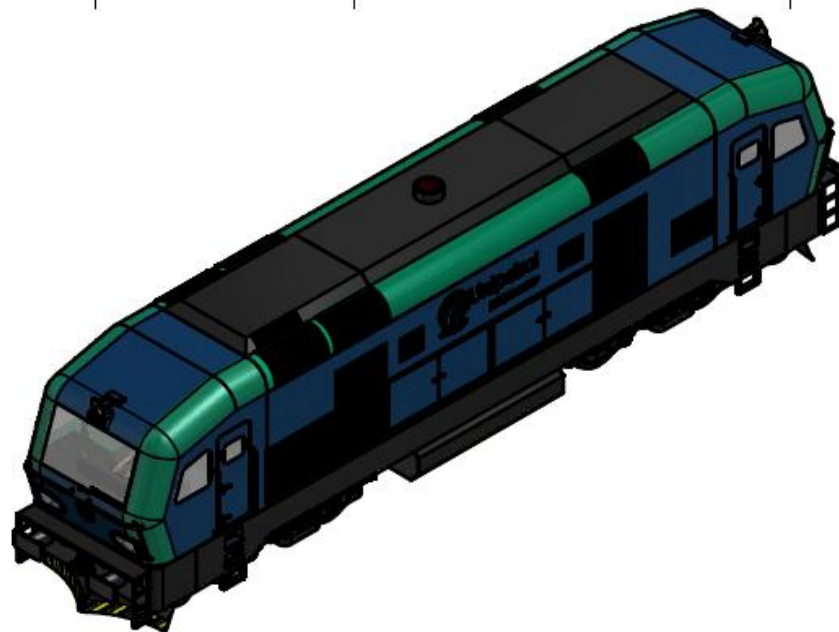
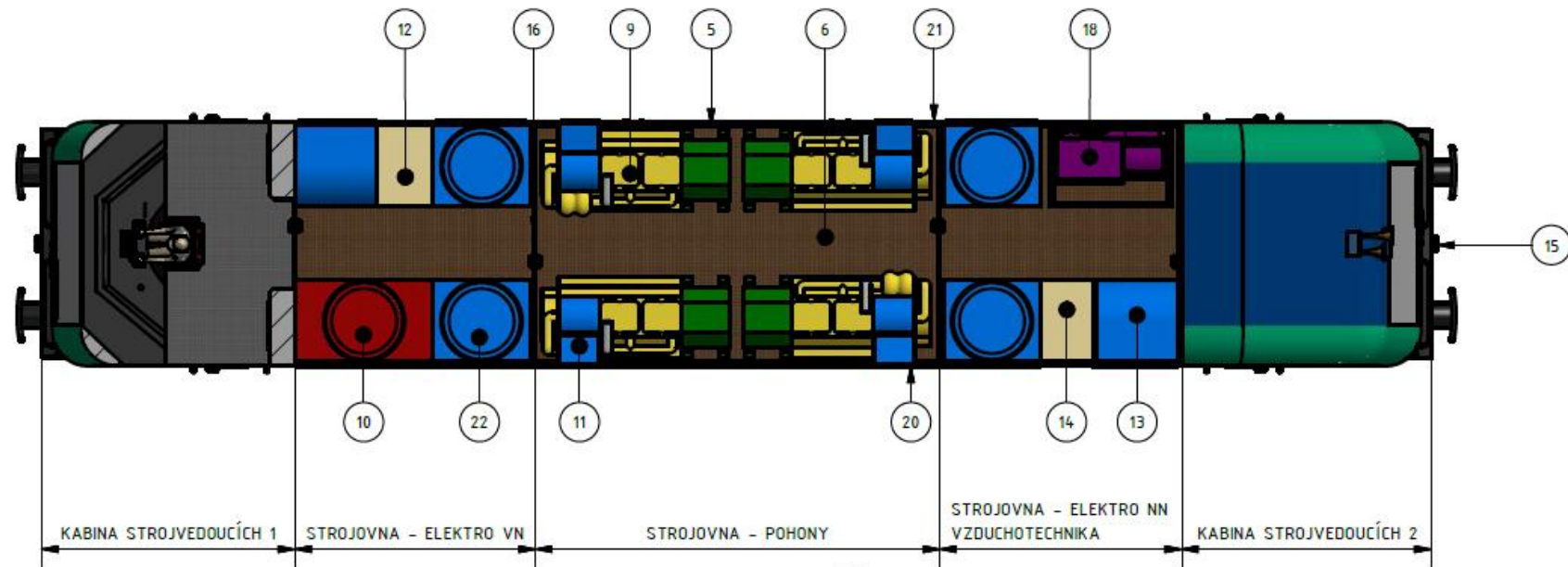
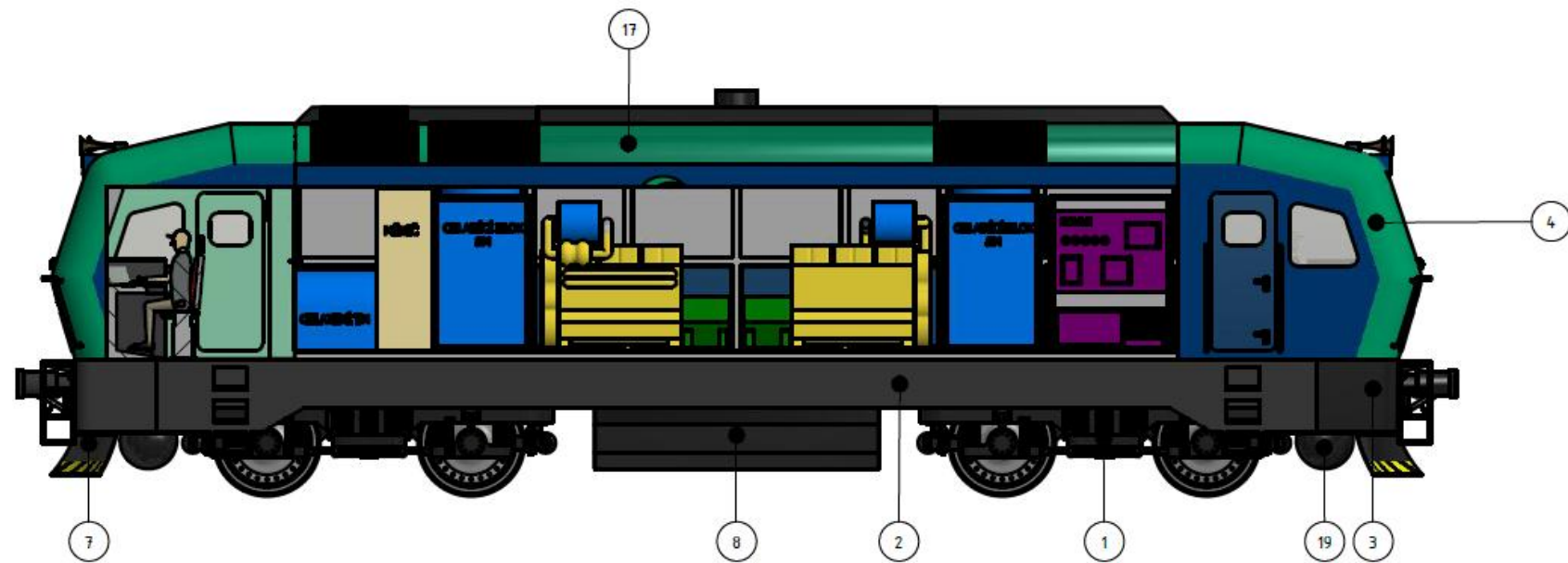
	Stát	Kód	Množství	Valuty nákup	Valuty prodej	
	Austrálie	Austrálie	AUD	1	19,5	19,8
	Kanada	Kanada	CAD	1	20,6	20,9
	Dánsko	Dánsko	DKK	1	3,65	3,69
	EU	EU	EUR	1	27,2	27,5
	Velká Británie	Velká Británie	GBP	1	38	38,4
	Chorvatsko	Chorvatsko	HRK	1	3,6	3,7
	Maďarsko	Maďarsko	HUF	100	9,05	9,2
	Švýcarsko	Švýcarsko	CHF	1	26,2	26,5
	Japonsko	Japonsko	JPY	100	20,9	21,3
	Norsko	Norsko	NOK	1	3,22	3,26
	Polsko	Polsko	PLN	1	6,75	6,9
	Rusko	Rusko	RUB	100	46	51
	Švédsko	Švédsko	SEK	1	2,9	2,94
	USA	USA	USD	1	25,1	25,4

PŘÍLOHA č. 4

CAD modely hrubého konstrukčního návrhu lokomotivy




 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY VPLZNI</p> <p>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	PROMĚTAN 	MĚRITKO 1:80	CELKOVÁ HMOTNOST 80000 kg	ZMĚNA 1 ZMĚNA 2	
	KRESLIL Bc. MICHAL PANOCHA	TECH.REFERENT	SCHVÁLIL	DATUM	ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY
	NÁZEV DIESELELEKTRICKÁ LOKOMOTIVA PRO ROZCHOD 1435 MM	ISO 16016 ČÍSLO VÝKRESU	TYP DOKUMENTU DE_2015_1	DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
	LISTŮST 1/2	DATUM	DATUM	DATUM	DATUM

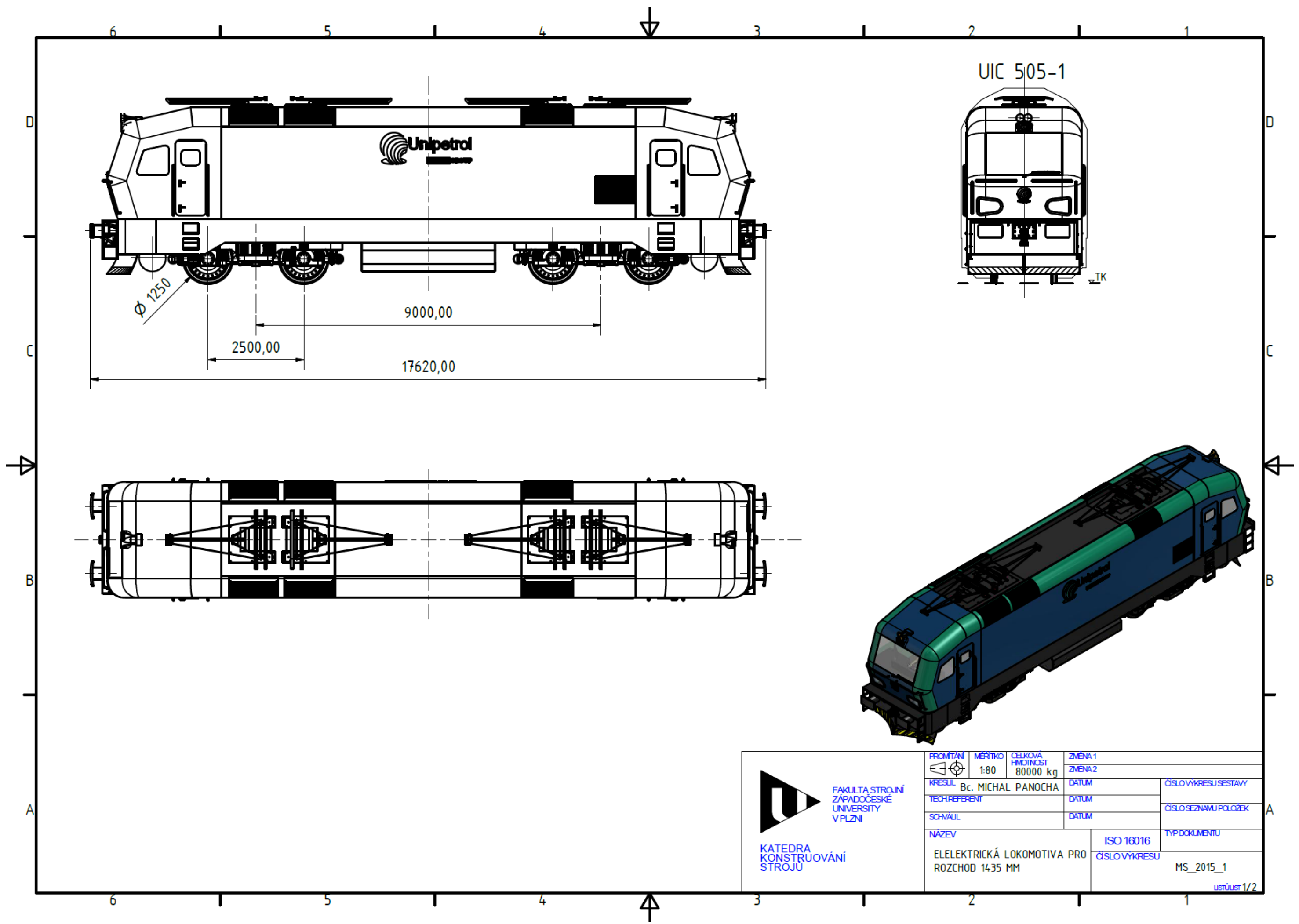




KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	2	TP_001_2015	Trakční podvozek
2	1	HR_002_2015	Hlavní rám
3	2	DC_003_2015	Deformační člen
4	2	KM_004_2015	Kabinový modul
5	2	BK_005_2015	Bočnice kostry
6	1	PS_006_2015	Podlaha strojovny
7	2	SP_007_2015	Sněžný pluh
8	1	NT_008_2015	Nádrž, transformátor
9	4	HA_009_2015	Hnací agregát
10	1	EDB_010_2015	EDB
11	4	SK_011_2015	Sací koš SM
12	1	TM_012_2015	Trakční měnič
13	2	CHTM_013_2015	Chlazení TM
14	1	VZNNS_014_2015	Vlakové zabezpečovací a nízkonapěťové systémy
15	2	TS_015_2015	Tažné soustrojí
16	2	PS_016_2015	Příčka strojovny
17	1	SDE_017_2015	Střecha DE
18	1	BV_018_2015	Box vzduchotechniky
19	2	HV_019_2015	Hlavní vzduchojem
20	1	BLDE1_022_2015	Bok lokomotivy DE 1
21	1	BLDE2_023_2015	Bok lokomotivy DE 2
22	4	CHBSM_024_2015	Chladicí blok SM

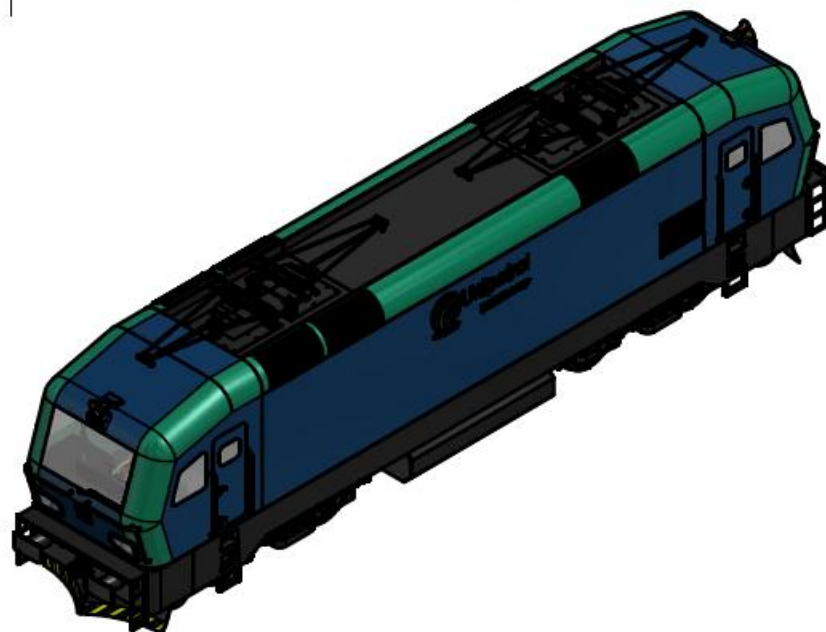
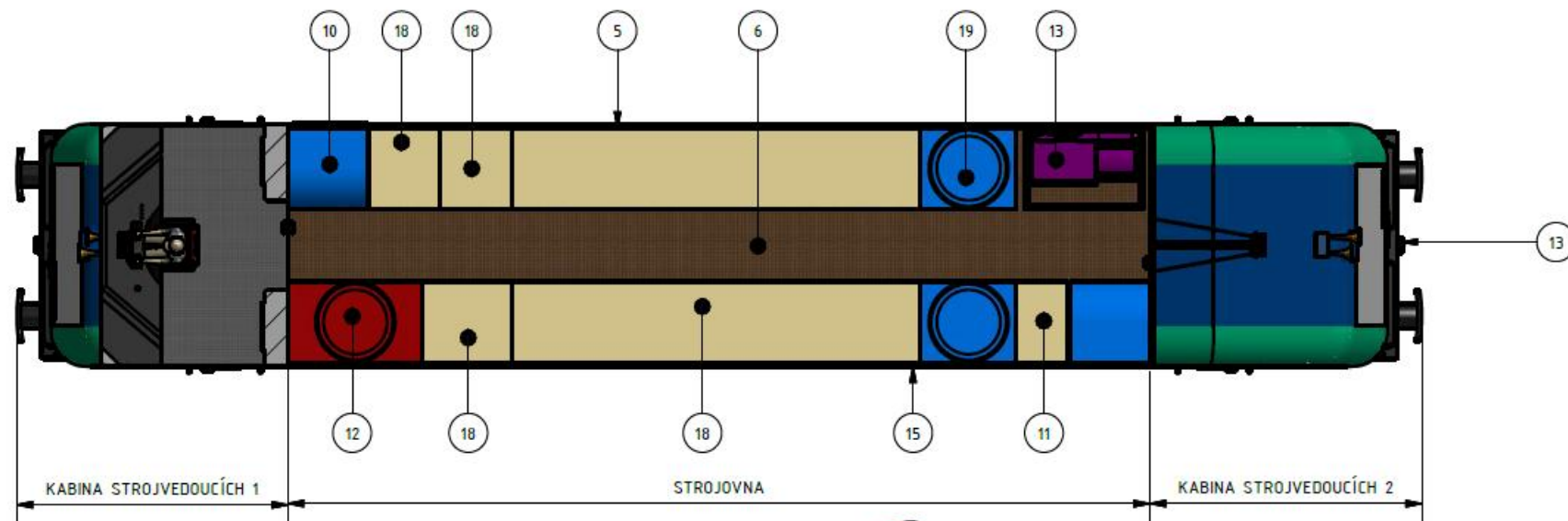
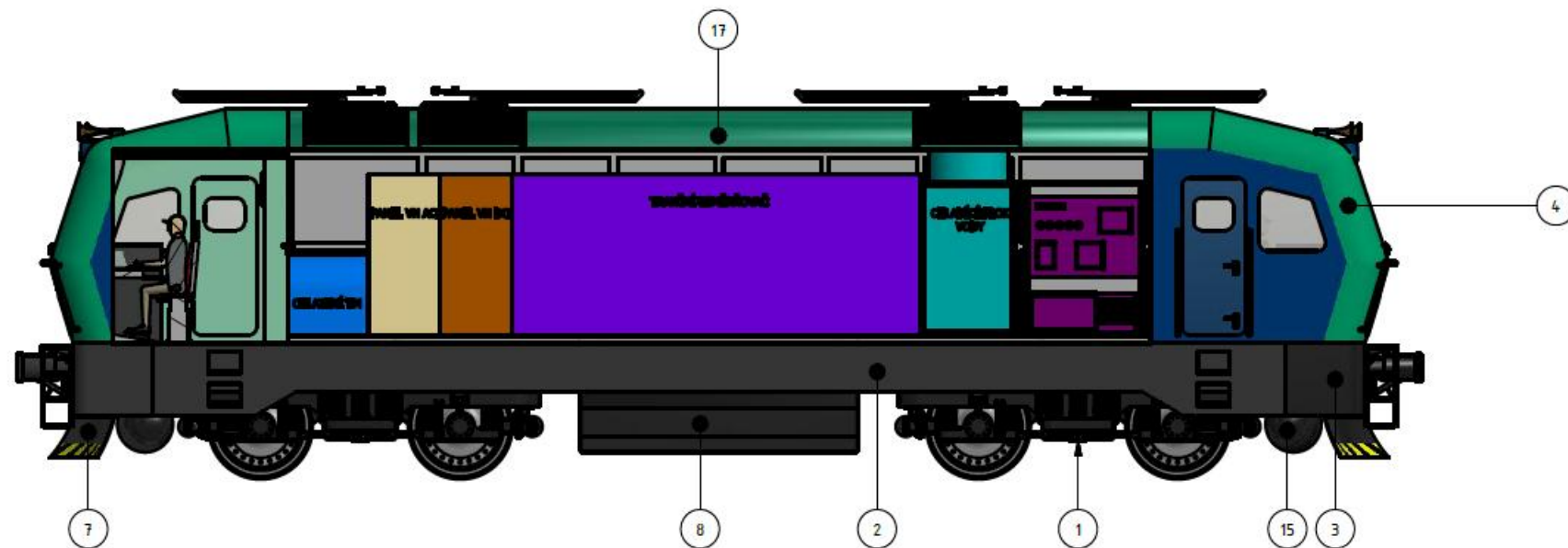

**FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERSITY
V PLZNI**

**KATEDRA
KONSTRUOVÁNÍ
STROJŮ**

PROJANT	MĚŘÍTKO	CELKOVÁ HMOTNOST	ZMĚNA 1
	1:80	80000 kg	ZMĚNA 2
KRESLIL	Bc. MICHAL PANOCHA	DATUM	ČÍSLO VYKRESU SESTAVY
TECH. REFERENT		DATUM	ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
SCHVÁLIL		DATUM	TYP DOKUMENTU
NÁZEV	DIESELEKTRICKÁ LOKOMOTIVA PRO ROZCHOD 1435 MM		ISO 16016
			ČÍSLO VYKRESU
			DE_2015_2




 <p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY V PLZNI</p> <p>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	PROMĚTAN 	MĚRITKO 1:80	CELKOVÁ HMOTNOST 80000 kg	ZMĚNA 1 ZMĚNA 2	
	KRESLIL Bc. MICHAL PANOCHA	TECH. REFERENT	SCHVÁLIL	NAZEV ELEKTRICKÁ LOKOMOTIVA PRO ROZCHOD 1435 MM	DATUM DATUM DATUM
	CÍSLO VYKRESU SESTAVY	CÍSLO SEZNAMU POLOŽEK	TYP DOKUMENTU	ISO 16016 CÍSLO VYKRESU MS_2015_1	A
	LSTÚJST 1/2				

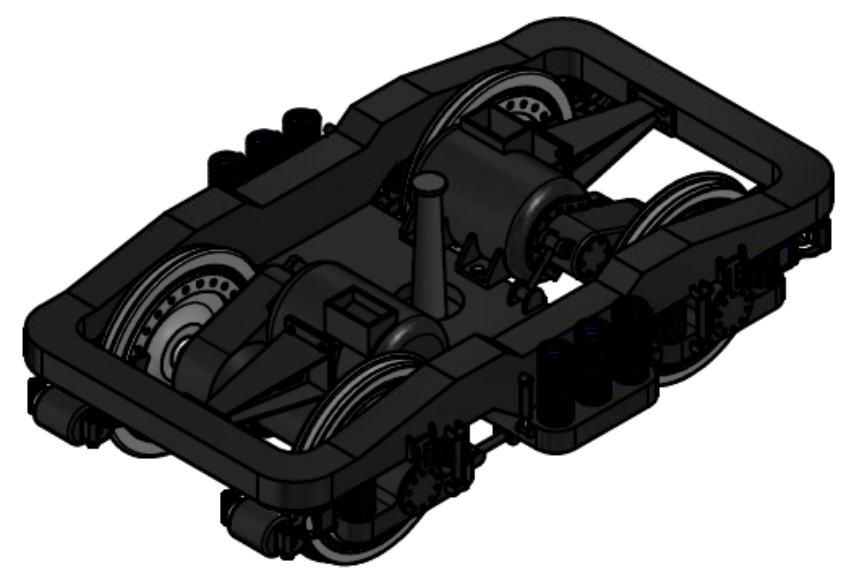
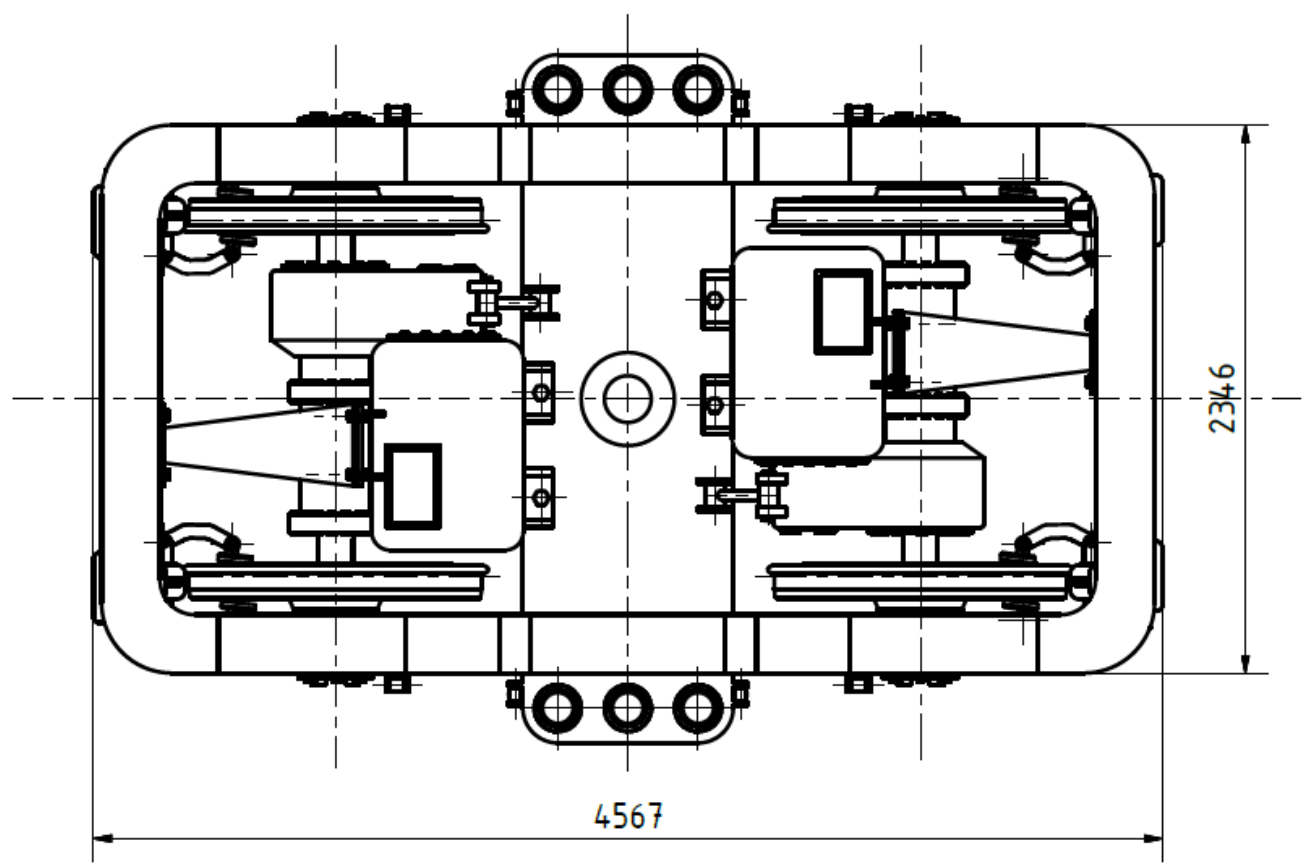
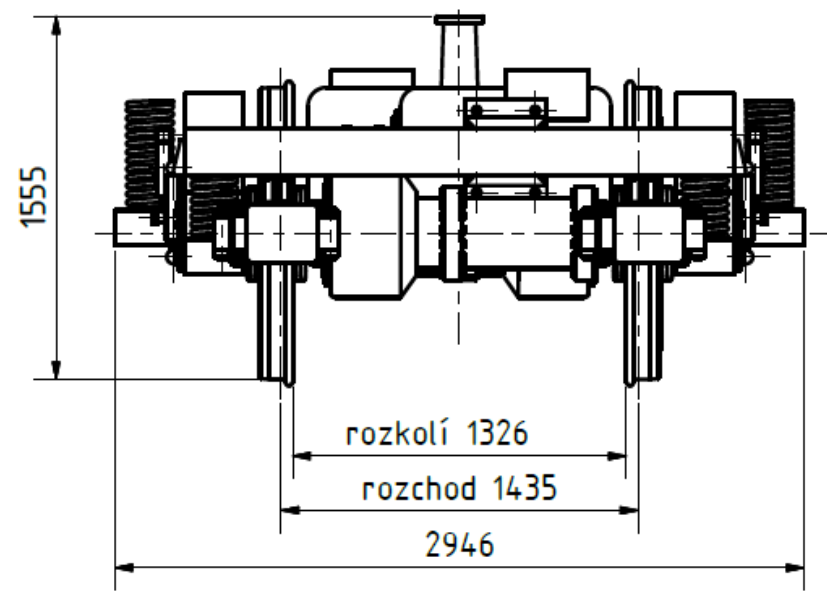
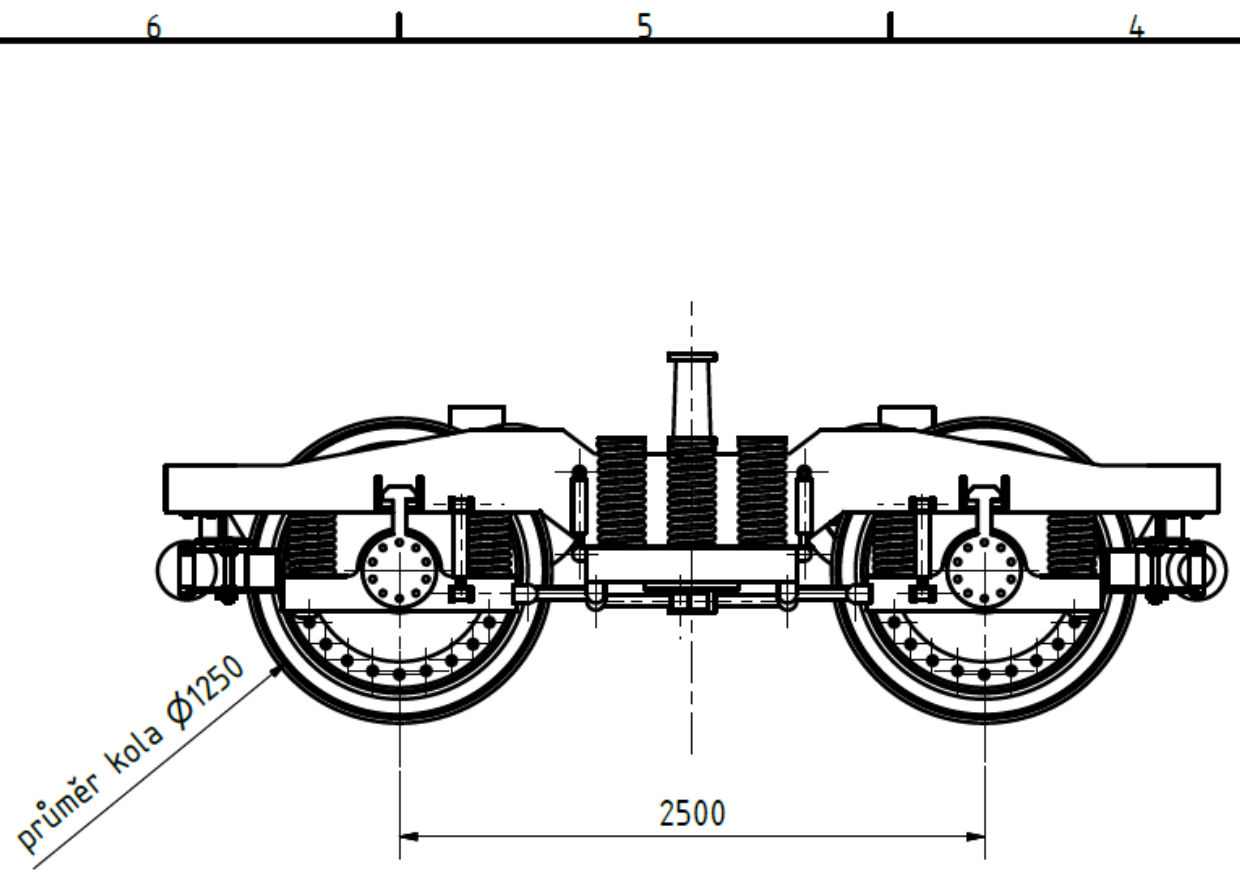


KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	2	TP_001_2015	Trakční podvozek
2	1	HR_002_2015	Hlavní rám
3	2	DC_003_2015	Deformační člen
4	2	KM_004_2015	Kabinový modul
5	2	BK_005_2015	Bočnice kostry
6	1	PS_006_2015	Podlaha strojovny
7	2	SP_007_2015	Sněžný pluh
8	1	NT_008_2015	Nádrž, transformátor
10	2	CHTM_013_2015	Chlazení TM
11	1	VZNNS_014_2015	Vlakové zabezpečovací a nízkonapěťové systémy
12	1	EDB_010_2015	EDB
13	2	TS_015_2015	Tažné soustrojí
14	1	BV_018_2015	Box vzduchotechniky
15	2	HV_019_2015	Hlavní vzduchojem
16	2	BL_015_2015	Bok lokomotivy MS
17	1	SMS_016_2015	Střecha
18	5	TU_017_2015	Trakční usměrňovač
19	2	CHOV_018_2015	Chladič oleje a vody

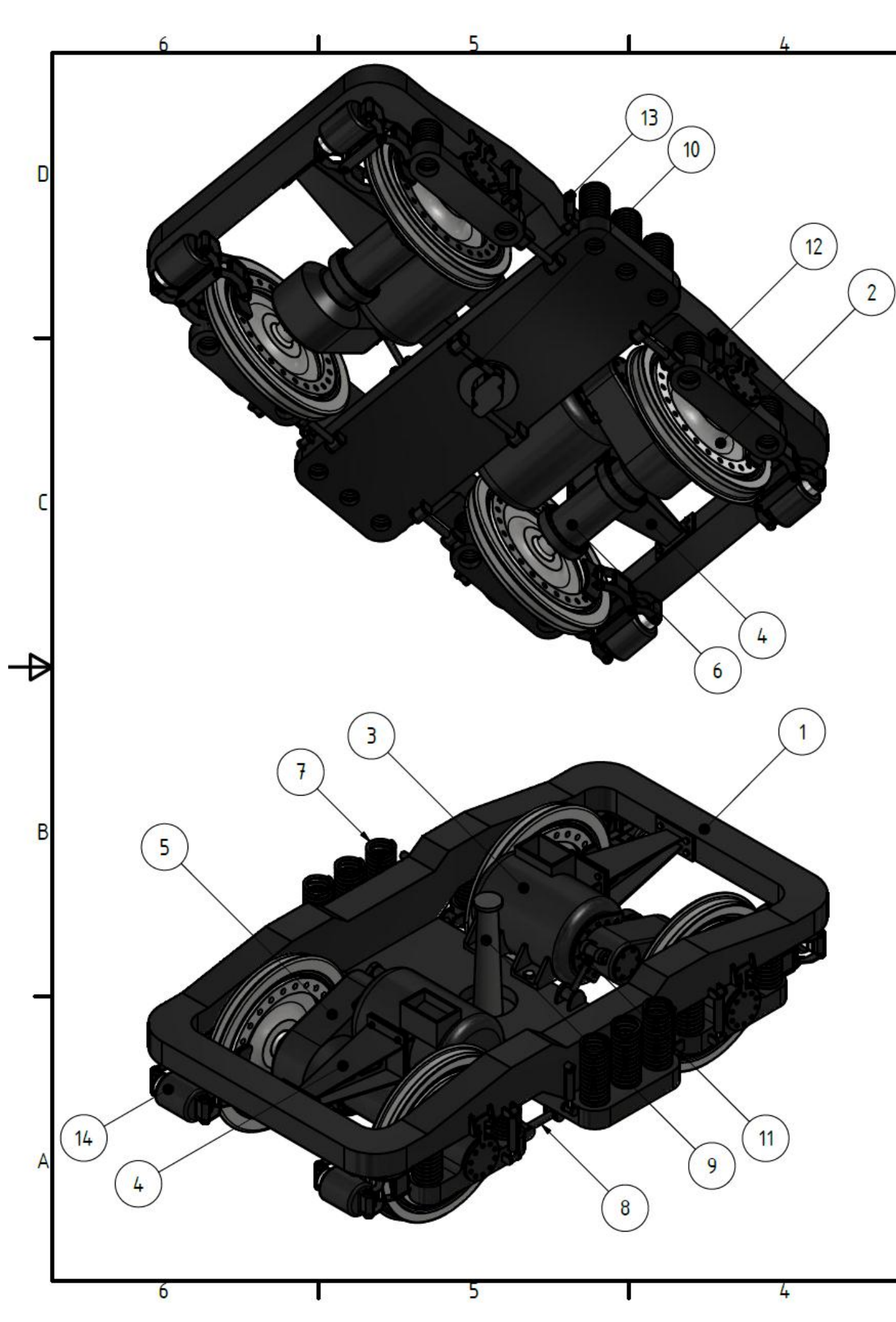

 FAKULTA STROJNÍ
 ZÁPADOČESKÉ
 UNIVERZITY
 V PLZNI

 KATEDRA
 KONSTRUOVÁNÍ
 STROJŮ

PROMĚN 	MĚRITKO 1:80	CELKOVÁ HMOTNOST 80000 kg	ZMĚNA 1 ZMĚNA 2
KRESLIL Bc. MICHAL PANOCHA	DATUM		ČÍSLO VYKRESU SESTAVY
TECH. REFERENT	DATUM		ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK
SCHVÁLIL	DATUM		TYP DOKUMENTU
NÁZEV ELEKTRICKÁ LOKOMOTIVA PRO ROZCHOD 1435 MM			ISO 16016 ČÍSLO VYKRESU MS_2015_2



<p>FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERSITY VPLZNI</p> <p>KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ</p>	<p>PROJANT</p> <p>KRESLIL</p> <p>TECH. REFERENT</p> <p>SCHVÁLIL</p> <p>NAZEV</p> <p>Trakční podvozek</p>	<p>MĚRITKO</p> <p>1:30</p> <p>CELKOVÁ HMOTNOST</p> <p>12000 kg</p>	<p>ZMĚNA 1</p> <p>ZMĚNA 2</p> <p>DATUM</p> <p>DATUM</p> <p>DATUM</p> <p>ISO 16016</p> <p>ČÍSLO VÝKRESU</p> <p>TP_2015_1</p>	<p>ČÍSLO VÝKRESU SESTAVY</p> <p>ČÍSLO SEZNAMU POLOŽEK</p> <p>TYP DOKUMENTU</p>



Trakční podvozek s poloodpruženým pohonem a přenosem hnací síly na kola pomocí dutého hřídele.
 Podvozek je vybaven trakčními asynchronními motory s nucenou ventilací o výkonu 1600 kW. Rám podvozku je uzavřená svařovaná konstrukce se středovým podvlečeným příčným. Přenos podélných sil na rám lokomotivy je zajištěn svislým čepem vybaveným lemniskátovým mechanismem. Dvojkolí je složeno z monoblokových kol o průměru 1250 mm s brzdovými kotouči. Ke každému kolu spočívá jedna brzdová jednotka. Primární i sekundární vypružení tvoří vinuté pružiny doplněné hydraulickými tlumiči. Vedení dvojkolí je pomocí ojnicek.

KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	Ram_KKV1_13_1	Rám podvozku
2	2	DV_2015_003	Dvojkolí
3	2	TM_KKV1_13_1	Trakční motor 1600 kW
4	2	Konzola_KKV1_13_1	Konzola trakčního motoru
5	2	Prev_KKV1_13_1	Dvoustupňová převodovka
6	2	Hřidel_KKV1_13_1	Dutá hřídel
7	6	PRUZ_KKV1_13_2	Pružina sekundárního vypružení
8	4	OJ_KKV1_13_1	Ojnice podélných posuvů
9	1	CEP_KKV1_13_1	Čep podvozku
10	2	OJ_KKV1_13_2	Ojnice lemniskáty
11	2	OJ_KKV1_13_3	Ojnice převodovky
12	4	TLUM_KKV1_13_1	Tlumič primárního vypružení
13	4	TLUM_KKV1_13_2	Tlumič sekundárního vypružení
14	4	BR_2015_001	Brzdová jednotka



FAKULTA STROJNÍ
 ZÁPADOČESKÉ
 UNIVERSITY
 V PLZNI

KATEDRA
 KONSTRUOVÁNÍ
 STROJŮ

PROJANT	MĚRITKO 1:30	CELKOVÁ HMOTNOST 12000 kg	ZMĚNA 1
KRESLIL Bc. MICHAL PANOCHA			ZMĚNA 2
TECH. REFERENT			DATUM
SCHVÁLIL			DATUM
NÁZEV Trakční podvozek		ISO 16016	TYP DOKUMENTU
		ČÍSLO VÝKRESU TP_2015_2	

PŘÍLOHA č. 5

Výpočet kinematického zúžení hnacího kolejového vozidla

Lokomotiva UNIDO MS/DE



Součinitel naklonění vozidla	Sz = 0,4	Uspořádání náprav	Bo'Bo'
Maximální posuv podvozku v ložisk	q = 0,0020 m	Rozchod	1435,00 mm
Úhel náklonu (symetrie)	$\eta_0 = 0$	Max. rychlost	140 km/h
Výška pólu naklápění	hc = 0,6000 m	Rok výroby	2015
Příčná vůle vnější v oblouku R250	Wa(250) = 0,0450 m	Napěťová soustava	1,5kV a 3kV DC, 25kV/50Hz a 15kV/16 ^{2/3} Hz AC
Příčná vůle vnitřní v oblouku R250	Wi(250) = 0,0250 m	Adhezní zatížení	800 kN (+3%/-1%)
Příčná vůle vnější v oblouku R150	Wa(150) = 0,0350 m	Nápravové zatížení	200 kN
Příčná vůle vnitřní v oblouku R250	Wi(150) = 0,0500 m	Elektrická brzda	6400 kW AC; 4200 DC
Příčná vůle v přímé trati	W ∞ = 0,0430 m	Délka přes nárazníky	17,6200 m
Jmenovitá hmotnost vozu	mv = 80000,00 kg	Vzdálenost otočných čepů	9,0000 m
Hmotnost dvojkolí	mdv = 2050,00 kg	Rozvor podvozku	2,5000 m
Hmotnost převodovky	mp = 550,00 kg	Průměr hnacích kol	1,2500 m
Hmotnost ložiskového domku	mld = 230,00 kg	Převod	88:17
Průměr kola	d = 1,2500 m	Hmotnost mech. částí	42000,00 kg
Výška těžiště nad osou nápravy	h = 0,8500 m	Hmotnost el. částí	38000,00 kg
Kotoučová brzda, brzdové kotouče na disku kola, každé kolo		Ovládací napětí	48 V
Materiál nápravy	EA4T; 25CrMo4 dle EN 13104, (kola ER8T podle EN 13262)	Pomocné pohony	440 V ss
Náprava	dutá, hnací	Způsob řízení	IGBT

Kvazistatická výchylka vozidla

$$Z = \left[\frac{S_z}{30} + \text{tg}[\eta_0 - 1^\circ]_{>0} \right] \cdot |h - h_c| + \left[\frac{S_z}{10} \cdot |h - h_c| - 0,04 \cdot [h - 0,5]_{>0} \right]_{>0}$$

$$Z = \frac{S_z}{30} \cdot |h - h_c| = \frac{0,43}{30} \cdot |h - 0,6|$$

Sz = 0,4
hc = 0,6000 m
 $\eta_0 = 0$

h	0,4	0,6	1,17	3,25	3,7	4,01	4,31	5	6,5
Z	0,010666667	0	0,0036	0,031333333	0,037333333	0,041466667	0,045466667	0,054666667	0,074666667

Vnitřní zúžení:

A) Je-li:

$$a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 500(W_\infty - W_{i(250)}) \leq \begin{cases} 5 \\ 7,5 \end{cases}$$

5 - pro výšku h do 0,4 m
7,5 - pro výšku vyšší 0,4 m

$$E_i = \frac{1,465 - d}{2} + q + W_\infty + Z - 0,015$$

B) Je-li:

$$a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 500(W_\infty - W_{i(250)}) > \begin{cases} 5 \\ 7,5 \end{cases}$$

5 - pro výšku h do 0,4 m
7,5 - pro výšku vyšší 0,4 m

$$E_i = \frac{a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} + 1,465 - d}{500} + q + W_{i(250)} + Z + [X_i]_{>0} - \begin{cases} 0,025 \\ 0,030 \end{cases}$$

0,025 - pro výšku h do 0,4 m
0,030 - pro výšku vyšší 0,4 m

$$\text{kde } X_i = \frac{1}{750} \cdot \left(a \cdot n - n^2 + \frac{p^2}{4} - 100 \right) + W_{i(150)} - W_{i(250)}$$

q = 0,0020 m
n = vzdálenost od otočného čepu
p = 2,5000 m
Wi(250) = 0,0250 m
Wi(150) = 0,0500 m
W ∞ = 0,0430 m
d = 1,4100 m
a = 9,0000 m

n _i [m]	0	1	2	3	4,5	5	6	7	8	9
Podmínka	-7,4375	0,5625	6,5625	10,5625	12,8125	12,5625	10,5625	6,5625	0,5625	-7,4375

n _i [m]	0	1	2	3	4,5	5	6	7	8	9
X _i	-0,63125	-0,577916667	-0,537916667	-0,51125	-0,49625	-0,497916667	-0,51125	-0,537916667	-0,577916667	-0,63125

Vnější zúžení:

A) Je-li:

$$a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 500 \left[(W_\infty - W_{i(250)}) \cdot \frac{n}{a} + (W_\infty - W_{a(250)}) \cdot \frac{n+a}{a} \right] \leq \begin{cases} 5 \\ 7,5 \end{cases}$$

$$E_a = \left(\frac{1,465 - d}{2} + q + W_\infty \right) \cdot \frac{2n+a}{a} + Z - 0,015$$

B) Je-li:

$$a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4} - 500 \left[(W_\infty - W_{i(250)}) \cdot \frac{n}{a} + (W_\infty - W_{a(250)}) \cdot \frac{n+a}{a} \right] > \begin{cases} 5 \\ 7,5 \end{cases}$$

$$E_a = \frac{a \cdot n + n^2 - \frac{p^2}{4}}{500} + \left(\frac{1,465 - d}{2} + q \right) \cdot \frac{2n+a}{a} + W_{i(250)} \cdot \frac{n}{a} + W_{a(250)} \cdot \frac{n+a}{a} + Z + [x_a]_{>0} - \begin{cases} 0,025 \\ 0,030 \end{cases}$$

kde $X_a = \frac{1}{750} \cdot (a \cdot n + n^2 - 120) + (W_{i(150)} - W_{i(250)}) \cdot \frac{n}{a} + (W_{a(150)} - W_{a(250)}) \cdot \frac{n+a}{a}$

5 - pro výšku h do 0,4 m
7,5 - pro výšku vyšší 0,4 m

- q = 0,0020 m
- n = vzdálenost od otočného čepu
- p = 2,5000 m
- Wi(250) = 0,0250 m
- Wi(150) = 0,0500 m
- W∞ = 0,0430 m
- d = 1,4100 m
- a = 9,0000 m
- Wa(250) = 0,0450 m
- Wa(150) = 0,0370 m
- 0,025 - pro výšku h do 0,4 m
- 0,03 - pro výšku vyšší 0,4 m
- na = 3,6 m

tab.4.	na [m]	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,6
	Podmínka	-0,5625	2,841944444	6,566388889	10,61083333	14,97527778	19,65972222	24,66416667	29,98861111	41,5975

tab.5.	na [m]	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,6
	Xa	-0,17	-0,16432	-0,158213333	-0,15168	-0,14472	-0,137333333	-0,12952	-0,12128	-0,10352

Výpočet:

tab.6.	h	0,40	0,60	1,17	3,25	3,70	4,01	4,31	5,00	6,50
	Z	0,01067	0,00000	0,00360	0,03133	0,03733	0,04147	0,04547	0,05467	0,07467
	Ei pro ni=0,1,2,7,8 a 9	0,06817	0,05750	0,06110	0,08883	0,09483	0,09897	0,10297	0,11217	0,13217
	Ei pro ni=4,5	0,08379	0,07313	0,07673	0,10446	0,11046	0,11459	0,11859	0,12779	0,14779
	Ea pro na=0	0,07167	0,06100	0,06460	0,09233	0,09833	0,10247	0,10647	0,11567	0,13567
	Ea pro na=3,6	0,09584	0,08018	0,08378	0,11151	0,11751	0,12164	0,12564	0,13484	0,15484

