

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Obnova vozidlového parku motorových lokomotiv  
českých železničních dopravců

Bc. Jakub Rákosník

Diplomová práce

2009

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky  
Akademický rok: 2008/2009

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub RÁKOSNÍK**  
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní management, marketing a logistika**

Název tématu: **Obnova vozidlového parku motorových lokomotiv českých  
železničních dopravců**

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

Úvod

1. Charakteristika parku motorových lokomotiv v ČR
2. Metodika výpočtu Life Cycle Costs
3. Zhodnocení výpočtu Life Cycle Costs
4. Návrh koncepce obnovy parku motorových lokomotiv

Závěr

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 5. 5. 2009

Bc. Jakub Rákosník

## **ANOTACE**

Předkládaná diplomová práce se zabývá problematikou obnovy motorových lokomotiv a některými s tím souvisejícími aspekty. V teoretické části pojednává o změnách na evropských a českých železnicích a o nákladech životního cyklu. Jádrem práce je výpočet nákladů životního cyklu modernizovaného a nového typu lokomotivy, jejich porovnání a analýza. Na základě tohoto výpočtu je pak nastíněn koncept obnovy parku motorových lokomotiv.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Změna, cíle, lokomotiva, modernizace, železnice, náklady životního cyklu.

## **TITLE**

The renewal of the diesel locomotives rolling stock park of the Czech rail transport companies.

## **ANNOTATION**

This diploma thesis contains with problems of renewal of diesel-engine locomotives and related aspects. In the theoretical part, there are described changes of both the European and the Czech railways and also the costs of life cycle of locomotive. The main part of this thesis consists of a calculation of life cycle costs of a new modernized type of locomotive including analysis and comparison of such costs. Based on this calculation there is outlined the concept of renewal of park of diesel locomotives.

## **KEYWORDS**

Change, aims, locomotive, modernization, railway, life cycle costs.

# Obsah

Obsah .....	5
Úvod .....	8
1. Charakteristika parku motorových lokomotiv v ČR.....	9
1.1. Současný stav železnice v ČR .....	9
1.1.1 Situace na trhu .....	10
1.2. Evropské trendy v oblasti provozní technologie .....	11
1.3. Trendy v konstrukci motorových lokomotiv .....	13
1.3.1 Přenosy výkonu .....	13
1.3.2 Konstrukční změny.....	14
1.3.3 Optimální výkon .....	15
1.3.4 Interoperabilita a TSI.....	15
1.4. Charakteristika parku motorových lokomotiv v ČR.....	16
1.4.1 Motorové lokomotivy ČD, a.s. a ČD Cargo, a.s.....	17
1.4.2 Plány na obnovu vozidlového parku .....	19
1.5. Modernizace lokomotiv původní řady T478.3 .....	20
1.5.1 Vývoj původního typu T478.3 .....	20
1.5.2 Technický popis řady T478.3 .....	21
1.5.3 Provoz a rekonstrukce .....	22
1.6. Lokomotivy řady 753.7 .....	23
1.6.1 Technický popis řady 753.7.....	25
1.7. Lokomotivy ER20 .....	26
1.7.1 Technický popis řady ER20 .....	26
1.7.2 Shrnutí technicko-provozních parametrů .....	28
1.7.3 Zajištění dodávek.....	29
1.7.4 Reference .....	29
1.7.5 Lokomotiva ER20 v ČR .....	30
2. Metodika výpočtu Life Cycle Costs .....	32
2.1. Úvod do problematiky .....	32
2.2. Předmět výpočtu LCC .....	32
2.2.1 Etapy životního cyklu produktu .....	33
2.3. LCC v železniční praxi .....	34
2.3.1 LCC železničních vozidel.....	34

2.4. Náplň jednotlivých položek LCC .....	36
2.4.1 Náklady na pořízení.....	38
2.4.2 Finanční náklady .....	38
2.4.3 Náklady na preventivní údržbu.....	40
2.4.4 Náklady na korektivní údržbu .....	41
2.4.5 Pojištění .....	42
2.4.6 Náklady na palivo a provozní hmoty.....	42
2.4.7 Osobní náklady personálu .....	44
2.4.8 Náklady za použití dopravní cesty.....	44
2.4.9 Náklady za prostoj a odstavení.....	46
2.4.10 Náklady na úklid a čištění .....	47
2.4.11 Režijní a správní náklady .....	47
2.5. LCC a ceny .....	48
3. Zhodnocení výpočtu Life Cycle Costs .....	49
3.1. Účel práce .....	49
3.2. Výpočet LCC a použitá metodika .....	49
3.2.1 Náklady na pořízení.....	50
3.2.2 Finanční náklady .....	50
3.2.3 Zohlednění disponibility.....	51
3.2.4 Náklady na preventivní údržbu.....	51
3.2.5 Náklady na korektivní údržbu .....	55
3.2.6 Pojištění .....	55
3.2.7 Náklady na palivo a provozní hmoty.....	56
3.2.8 Osobní náklady personálu .....	59
3.2.9 Náklady za použití dopravní cesty.....	60
3.2.10 Poplatky za prostoj a odstavení .....	60
3.2.11 Poplatky za úklid a čištění .....	61
3.2.12 Režijní a správní náklady .....	61
3.2.13 Náklady na likvidaci.....	61
3.2.14 Zohlednění zbytkové životnosti .....	61
3.2.15 Shrnutí výpočtu LCC.....	62
3.3. Analýza LCC .....	62
3.3.1 Cash flow .....	64
3.3.2 Srovnání LCC obou typů.....	64

4. Návrh koncepce obnovy parku motorových lokomotiv .....	66
4.1. Podoba vypracování .....	66
4.2. Obecné předpoklady .....	66
4.3. Případová studie: Přeprava vápence Nučice - Kadaň.....	67
4.3.1 Traťové parametry .....	67
4.3.2 Technologie dopravy .....	67
4.3.3 Přínos ER20.....	68
4.3.4 Zhodnocení případové studie.....	69
4.4. Obnova celého vozidlového parku .....	69
4.5. Cíle, aspekty a souvislosti obnovy vozidlového parku motorových lokomotiv.....	71
4.5.1 Změny pracovišť údržby a úspory z jejich optimalizace.....	71
4.5.2 Odstavování lokomotiv .....	71
4.5.3 Řízení povelovou radiostanicí (RC řízení) .....	72
4.5.4 Tankovací stanice .....	72
4.6. Obnova vozidlového parku motorových lokomotiv .....	72
4.6.1 Lokomotivy malých výkonů.....	73
4.6.2 Lokomotivy výkonové třídy do 1 MW.....	73
4.6.3 Lokomotivy výkonové třídy do 2 MW.....	74
4.6.4 Lokomotivy výkonové třídy nad 2 MW .....	75
Závěr.....	76
Použitá literatura.....	77
Seznam tabulek.....	79
Seznam obrázků.....	80
Seznam zkratk.....	81
Seznam příloh.....	83

## Úvod

Změna. Slovo často používané, důležité, mnohdy až zprofanované. Může značit proměnu opravdovou, či jen na oko; myšlenou upřímně, či jen nevázně, ba dokonce i se zlými úmysly. Bývá často spojena s pocity strachu a ohrožení, někdy ji však lidská společnost vítá pozitivně coby jediný možný scénář dalšího vývoje. Zvídavé duše ji budou ze všech stran zkoumat, kverulanti se nezdrží rýpavých připomínek. Vždy je však důležité, aby byla změna většinou dotčených přijata za správnou a ti pak jejím prostřednictvím dosáhli vytoužených cílů.

Změny a cíle jsou klíčovými slovy této diplomové práce. Oblast železniční dopravy prodělala v posledních letech v zemích na západ od nás mnoho důležitých proměn, které ji daly poněkud jinou tvář. Se starými metodami a postupy by železnice nikdy nebyla schopná být konkurenceschopnou silniční dopravě a nikdy by nedosáhla cíle být úspěšným dopravním oborem, sloužícím ku prospěchu jak železničářů, tak veřejnosti. Bohužel v ČR tento obor za vývojem v zahraničí poněkud zaostává. Touto prací se snažím přispět k implementaci nových technologií do českého prostředí a tím k proměně české železnice v dynamický a moderní dopravní obor.

Cílem práce je po ekonomické stránce, s přihlédnutím k technickým aspektům věci, analyzovat modernizace lokomotiv řad 750 a 753 na řadu 753.7 ve srovnání s nákupem nových lokomotiv typu ER 20. Hledám tedy odpověď na otázku, zda má smysl provádět modernizace starších lokomotiv, či se vyplatí zakoupit nový stroj. Nástrojem ekonomického srovnání bude výpočet nákladů životního cyklu (Life Cycle Costs, LCC) dle normy ČSN EN 60300-3-3. Na tomto základě pak bude jako vlastní řešení nastíněna koncepce obnovy parku motorových lokomotiv, a to včetně souvisejících aspektů. Práce je rozdělena na čtyři části: V první jsou komplexně popsány změny a trendy v oblasti železniční dopravy v Evropě, je popsán park motorových lokomotiv českých železničních dopravců a nechybí popis lokomotiv řad 753.7 a ER20. Druhá část obsahuje teorii k problematice LCC, ve třetí je pak výpočet LCC proveden a analyzován. Čtvrtá část obsahuje již zmiňovanou koncepci obnovy parku motorových lokomotiv.



# 1. Charakteristika parku motorových lokomotiv v ČR

## 1.1. **Současný stav železnice v ČR**

Železnice je podnikatelský statek, vyznačující se vysokou kapitálovou náročností a pomalou dobou reakce na změnu ekonomických podmínek. Právě tato věta je typická pro situaci českých železnic. Před rokem 1989 byla železnice orientována především na kapacitní přepravy hromadných substrátů, zvláště uhlí po prvním a druhém hlavním tahu z uhelných pánví do míst spotřeby, příp. celovozových a kontejnerových zásilek z a do východoslovenských překladišť. Oblast osobní dopravy byla orientována v podstatě jen na levnou dopravu pracujících do zaměstnání. Na rychlost a pohodlí se nekladl důraz, železnice však měla díky státní regulaci hospodářského života společnosti zajištěné fungování bez nutnosti starat se o zvyšování efektivity. Po roce 1990 bylo vše jinak; železnice ztratila většinu svých nákladních přeprav, železniční osobní doprava již v té době nebyla konkurenceschopná silniční dopravě jak pohodlím a rychlostí, tak příliš vysokými náklady. Namísto toho, aby byl již tehdy přijat rozsáhlý program restrukturalizace, liberalizace a privatizace, spojený s vytvořením skutečně nediskriminačního přístupu pro všechny dopravce na železniční síť, byly z důvodu odporu železničních odborů jakékoli takové plány zavrženy a železnice zůstala ve své téměř původní podobě a jen pomalu prochází žádoucími změnami.<sup>1</sup>

Některé kroky se však realizovat podařilo: Od roku 1995 vstoupil do platnosti zákon číslo 266/94 Sb. O drahách. Ten v souladu s evropskými trendy (směrnice 91/440/EHS ze dne 29. července 1991, o rozvoji železnic Společenství) mimo jiné zavedl (de iure) možnost vstupu jiných dopravců na železniční síť, byť v (de facto) značně omezené formě. A tak skutečně, vedle státního, „unitárního“ železničního podniku, začaly vznikat i soukromé společnosti. Pro výrobce lokomotiv je to dobrá zpráva; počet možných zákazníků se rozšiřuje. Podíl jiných nákladních dopravců na přepravách na síti SŽDC je však stále minimální, jak uvádí tabulka 1. Bohužel i státní železniční podnik, od roku 1995 až do vzniku společnosti ČD Cargo, do pořizování hnacích vozidel pro nákladní dopravu téměř neinvestoval.

K 1.12.2007 vznikla dceřinná společnost ČD a.s. pro nákladní dopravu, ČD Cargo a.s.: „Majetek přecházející na novou akciovou společnost má podle znaleckého ocenění hodnotu 9,066 mld. Kč a zahrnuje nemovitosti na údržbu a opravy kolejových vozidel a vozový park. Jedná se cca o třetinu lokomotiv (953) a všechny nákladní vozy Českých drah (34 936).

---

<sup>1</sup> RÁKOSNÍK, Jakub: *Nákladová analýza železniční dopravy, bakalářská práce*, Pardubice: Univerzita Pardubice, DFJP, 2007, 48 s.

Z mateřské společnosti přejde do společnosti ČD Cargo, a.s., cca 12,5 tisíce zaměstnanců.”<sup>2</sup> Tato firma je, resp. do budoucna stále více bude vystavena silící konkurenci, stejně jako tomu bude u ostatních společností na dopravním trhu. Je proto v zájmu všech společností pořizovat si kvalitní, trendům doby odpovídající vozidla.

### 1.1.1 Situace na trhu

Od roku 1995 se skutečně na trhu začínají objevovat konkurenti státních ČD, s.o. a jejich právních nástupců. Jejich podíl sice roste, avšak i v současné době je stále zanedbatelný. V nákladních dopravě ovládají 3,4% trhu, měřeno v hrtkm, resp. cca 10% v tunách.<sup>3</sup> V osobní dopravě provozují dráhu a drážní dopravu na vybraných regionálních tratích, resp. jsou dopravci charterových vlaků na regionálních a celostátních drahách ve správě SŽDC. Jejich pořadí a podíly uvádí tabulka 1:

**Tabulka 1 - - Podíly dopravců na výkonech železniční nákladní dopravy v ČR**

Dopravce	2006 (hrtkm)	podíl (%)	pořadí	2007 (hrtkm)	podíl (%)	pořadí
ČD+ČDC	58369547	96,6	1	60087002	96,36	1
OKDD	852262	1,41	2	956096	1,53	2
UNIDO	482254	0,8	3	612160	0,98	3
Viamont	231000	0,38	4	247000	0,4	4
TSS	43654	0,07	7	115631	0,19	5
Sokolovská uhelná	55982	0,09	5	56760	0,09	6
ODOS	55514	0,09	6	29803	0,05	7
IDS Olomouc	-	-	-	26654	0,04	8
GJW Praha	23444	0,04	8	17469	0,03	9
BF Logistics	-	-	-	17205	0,03	10
Chládek Tintěra	14761	0,02	9	-	-	-
Railtransport	13257	0,02	10	-	-	-
SŽDC celkem	60425821	-	-	62353927	-	-

zdroj: *Železniční magazín*, 2008, roč. 15, č. 11, s. 11

Poznámka: OKD Doprava, a.s., nedávno koupila 100% podíl Viamont Cargo, a.s.

<sup>2</sup> ŠTĀHLAVSKÝ, Petr: *Vznikne ČD CARGO*, tisková zpráva ČD, a.s. z 5.11. 2007

<sup>3</sup> KADERÁVEK, Petr: Podíly dopravců na nákladních přepravách na SŽDC a ŽSR. *Železniční magazín*, 2008, roč. 15, č. 11, s. 11

Obecně brání většímu rozšíření tržního podílu soukromých dopravců objektivní příčiny, jako např. nevhodné legislativní prostředí či ztížené možnosti schválení lokomotiv, jakožto základních výrobních prostředků dopravce.

Pro účely této práce bude posuzován celý trh železniční dopravy a všechny tržní subjekty, práce nebude zaměřena úzce na jednoho dopravce.

## **1.2. Evropské trendy v oblasti provozní technologie**

Několik minulých let změnilo evropskou železnici a provoz na ní k nepoznání; to, co bylo léta neměnným standardem padlo, nebo se alespoň značně změnilo. Neplatí to univerzálně a především všude, ale posun je evidentní. Nejdůležitějším posunem však musí být pozitivní vnímání těchto změn lidmi.

První změna vychází z charakteru nových vozidel: Díky své modernější konstrukci mají delší proběhy do údržby. Vozidlo tak může více jezdit, je operabilnější, efektivita provozu se zvyšuje. Zároveň je možné soustředit údržbu do několika údržbových pracovišť, umístěných ve vhodných místech celé sítě a zbytek dep zrušit. Moderní vozidlo nepotřebuje přečkat odstavení během mrazivých nocí ve vytápěné hale; depa a „boudičky na mašinky“ v každé stanici jsou příliš drahé a dnes již nejsou potřeba. Této problematice se bude práce věnovat i dále.

Samozřejmě záleží na struktuře vozidlového parku dopravců. Pokud má dopravce převahu moderních vozidel, může se chovat podle scénáře, uvedeného v předchozím odstavci. Pokud ale vlastní starší vozidla, je nucen udržovat v provozu rozsáhlejší a zastaralejší dílenské zázemí. Trendem ve „vyspělých železničních zemích“ je proto přechod na nová vozidla a využití všech předností, které nabízejí. Nelze se přitom divit, že napřed jsou nově vzniklé soukromé společnosti, které jednak nezdědily z minulosti vozidlový park bývalých národních železnic, jednak nemají (a ani nechtějí) rozsáhlé dílenské zázemí. Samozřejmě pozadu nezůstávají ani nástupnické společnosti bývalých národních dopravců, kteří si pořizují nezanedbatelné počty nových strojů. ÖBB, které si v minulých letech pořídily 382 lokomotiv řad 1016, 1116 a 1216, společně se 100 lokomotivami řady ER20, nebo DB, které za posledních 10 let zakoupily cca 700 elektrických traťových lokomotiv, jsou tomuto tvrzení důkazem. Samozřejmě podnik, který vlastní jak staré, tak pořizující nové stroje, musí jít „kompromisní“ cestou postupného útlumu údržbových kapacit (dep).

S liberalizací evropského železničního prostoru a „pádem“ státních hranic se také objevila možnost provozu vozidel bez nutnosti výměny náležitostí (lokomotiv, vlakového personálu) na hranicích; pohraniční přechodové stanice se postupně stávají přežitkem doby.

Přináší to s sebou schopnost vysoké operativnosti provozu; postávání lokomotiv v PPS při čekání na „svůj“ vlak v řádu i desítek(!) hodin se musí stát minulostí. Hodinová splátka moderní elektrické lokomotivy činí až 1500 Kč(!), přičemž kamiony na silnicích prostoje na hranicích mít nemusí. Útlum či zrušení PPS pak znamená úsporu nákladů na jejich provoz. Proto je důležitou vlastností vozidla schopnost být interoperabilní, mít schopnost (relativně) bez omezení operovat na více národních železničních sítích. S touto vlastností přišli (zase) noví soukromí dopravci, kteří nedisponovali personálem v PPS. Dnes je tato schopnost vlastní i nástupnickým společnostem bývalých národních dopravců. Důkazem může být konkurenční boj soukromých i státních společností o přepravy v transalpském tranzitu z Německa přes Švýcarsko i Rakousko do Itálie, kde konkurenti používají zejména moderních interoperabilních elektrických lokomotiv výrobců Siemens, Bombardier a AnsaldoBreda.

Posledním důležitým prvkem z tohoto výčtu prvků moderního železničního provozu je vznik a využívání služeb lokomotivních poolů. Lokomotivní pool je společnost, která nakoupí železniční vozidla a pak je dále pronajímá dopravcům za úhradu; jedná se tedy o operativní leasing. Tento způsob zažívá v současné době v Evropě rozvoj. Existuje několik leasingových společností, nejznámějšími jsou CB Rail nebo Angel Trains. Obecně platí, že vypůjčení stroje z poolu se vyplatí spíše při kratším pronájmu nebo nejisté zakázce, při zájmu o pořízení lokomotivy na delší období se spíše vyplatí volit jiný způsob pořízení (nákup). Výhodou pronájmu je jeho flexibilita a možnost přistavení náhradního stroje při poruše stroje najatého. Náklady na držení náhradních strojů, technickou pohotovost pro opravy a riziko nepronajmutí lokomotiv dopravcům (a ty pak budou v prostoji, přestože jim plynou odpisy), musí pool zahrnout do ceny pronájmu. V reálu jsou služby zde zmíněných společností kombinované, tj. nabízejí jak leasing operativní, tak finanční nebo i přímý prodej.<sup>4</sup> Opět je důležité, aby stroje pořizované do poolu byly interoperabilní, aby se v případě jejich vrácení dopravcem daly bez obtíží použít jinde, u jiného dopravce i na jiné síti. Pool zároveň řeší problém s optimálním počtem záložních lokomotiv: Určitý počet turnusových lokomotiv musí být „pokryt“ záložní lokomotivou pro případ výpadku či údržby turnusového stroje. Proto je dobré pořizovat si stroje v počtech, které (s ohledem na garantovanou dostupnost lokomotiv) zajistí optimální poměr záložních a turnusových strojů. Pro malé dopravce, kteří si pořizují jen několik strojů, je řešením pronájem z poolu, který zajistí i náhradní lokomotivy při zachování optimálního poměru záložní / turnusové stroje.

---

<sup>4</sup> Podle Rákosník, Jakub: Nákladová analýza železniční dopravy, bakalářská práce, UPa 2007

### **1.3. Trendy v konstrukci motorových lokomotiv**

Od doby vyjetí první motorové lokomotivy, resp. od konstrukce prvních prototypů řady T478.3, již uplynulo mnoho let. Technika od té doby ušla velký kus vpřed.

#### **1.3.1 Přenosy výkonu**

Důležitým parametrem každé motorové lokomotivy je použitý přenos výkonu, tedy způsob, jakým způsobem se energie, vzniklá činností spalovacího motoru, přemění na energii pohybu lokomotivy. Jinou definicí řečeno, přenos výkonu je spojovací článek mezi spalovacím motorem a hnacím dvojkolím vozidla<sup>5</sup>. U lokomotiv se volí v zásadě přenos výkonu hydrodynamický či elektrický, přenos mechanický či hydromechanický se volí, vzhledem k velikosti přenášených sil, jen ojediněle u lokomotiv nižšího výkonu (v ČR např. u posunovacích lokomotiv řad 700 až 703). Z hlediska efektivit je (obecně řečeno) výše nevyužitého výkonu u mechanických přenosů výkonu nejvyšší, nižší je u hydraulických a nejmenší u přenosů elektrických.

V českých diesellových lokomotivách je jistou tradicí použití elektrického přenosu výkonu. Nejstarší takové lokomotivy, např. již zmíněná řada T478.3 Brejlovce, používají elektrický stejnosměrný přenos výkonu, tedy uspořádání spalovací motor – trakční dynamo – (stejnosměrné) trakční motory. Toto řešení bylo později u dalších lokomotivních řad vylepšeno: Spalovací motor otáčí trakčním alternátorem, který vyrábí střídavý proud, ten je dále usměrněn v usměrňovači. Stejnosměrným proudem jsou pak napájeny trakční motory. Přínosem je jednodušší řešení alternátoru proti původnímu dynamu, které nepotřebuje komutátor (mechanický rotační usměrňovač, respektive mechanický rotační přepínač, který je používán zejména u elektrických stejnosměrných motorů či dynam)<sup>6</sup>. Jeho absence znamená úsporu nákladů na výrobu, úsporu hmotnosti i nižší údržbovou náročnost. Samozřejmě mohlo být k takové konstrukci přikročeno až po „dozrání“ polovodičové techniky, ze které jsou vyrobeny diody v usměrňovači.

Dalším vývojovým stupněm se stalo použití střídavých třífázových asynchronních trakčních motorů i u motorových lokomotiv, tedy elektrických střídavě-stejnosměrně-střídavých přenosů výkonu. Musel tomu předcházet další vývoj polovodičů a řídicích systémů, aby bylo možné zkonstruovat v provozu použitelné trakční střídače.. Spalovací motor otáčí trakčním alternátorem, který vyrábí střídavý proud, ten je dále usměrněn v usměrňovači. Následuje stejnosměrný meziobvod, ze kterého jsou napájeny pomocné pohony lokomotivy.

---

<sup>5</sup> KRÁL, Jaroslav. *Elektrická zařízení hnacích vozidel*. 1. vydání, Praha: NADAS, 1987.

<sup>6</sup> *Komutátor* [online]. Wikipedia, datum aktualizace 18.12.2008, [cit. 2008-12-25]. Dostupný na WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Komut%C3%A1tor\\_\(elektrotechnika\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Komut%C3%A1tor_(elektrotechnika))>.

Po něm je zařazen střídač, který ze stejnosměru vyrobí proud střídavý, třífázový k napájení asynchronních trakčních motorů. Přínosem oproti řešení se smíšeným přenosem výkonu je absence komutátorů i v trakčních motorech a lepší regulace výkonu se schopností jízdy až na mezi adheze a tedy maximální využití (celé) tažné síly na obvodu kol lokomotivy.

Hydrodynamický přenos výkonu je ovšem také používán, dokonce v případě lokomotiv výrobců Vossloh a Voith zažívá jakousi malou renesanci. Instalovaný výkon přitom u nejvýkonnějšího z typů, lokomotivy MAXIMA 40CC od Voithu, dosahuje 3,6 MW<sup>7</sup>. V české konstrukční škole lokomotivní stavby se přitom léta používá i pro lokomotivy o malých výkonech (od cca 300 kW) elektrického přenosu výkonu. Samozřejmě bude mít lokomotiva s hydrodynamickým přenosem v provozu vyšší energetické ztráty ve srovnání s lokomotivou s elektrickým přenosem; proč si zákazníci i přes tento nedostatek lokomotivy s hydrodynamickým přenosem kupují, pojednává oddíl 2.3.1.

### 1.3.2 Konstrukční změny

Nejen v oblasti přenosů výkonů zaznamenala stavba lokomotiv rozvoj; kroky vpřed jsou v konstrukci vidět téměř všude. Rozvoj zaznamenaly motory i řídicí systémy. Veškeré obvody moderních lokomotiv jsou regulovány elektronicky, s využitím mikroprocesorové techniky. Doby využití sdružených regulátorů nebo diferenciálních budičů pro řízení napětí generátoru jsou dávno pryč.

Nelze ale zapomenout na další, velice důležitou vlastnost moderních vozidel, a to vstřícnost potřebám provozního personálu. U moderních lokomotiv by mělo být standardem utěsnění stanoviště, aby nebyl strojvedoucí obtěžován větrem profukujícím štěrbinami u oken i vnějším hlukem, a to jak v oblasti slyšitelných frekvencí, tak infrazvuku. To platí i pro izolaci stanoviště od strojovny, ze které by, kromě již zmíněného hluku, neměl unikat kouř a teplo ze spalovacího motoru. Topení by mělo mít dostatečný výkon i pro případ, že se strojvedoucí při posunu vyklání z otevřeného okna, kterým se do kabiny dostává studený vzduch; alternativou je vybavení stroje kamerami, prostřednictvím kterých strojvedoucí na monitoru v kabině sleduje dění okolo lokomotivy a může řídit stroj bez vyklánění z okna. Klimatizace, mikrovlnná trouba, chladnička či skříň na osobní věci je, stejně jako všechny položky vyjmenované v tomto odstavci, u moderních lokomotiv běžným standardem.

---

<sup>7</sup> *Maxima Lokfamilie* [online]. Kiel:Voith Turbo, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2008-12-25]. Dostupný na WWW: <<http://www.voithturbo.de/lokomotivtechnik-maxima-de.htm>>.

Ještě jednu novotu s sebou moderní vozidla přinášejí: Již je nelze opravovat všude, v každém depu; s moderní elektronikou a materiály takto zacházet nelze. Standardem se stává i zajišťování části nebo dokonce celé údržby výrobcem vozidla. Např. společnost Siemens má pro účely zajištění částečné údržby zřízen koncept Charter Rail, není problémem ani zajistit komplexní údržbu vozidla v rámci programu Full Service.

### 1.3.3 Optimální výkon

V dobách, kdy přepravovala železnice sice hodně cestujících, ale v málo vlacích, byl jízdní řád osobních vlaků ČSD, zejména na jednokolejných tratích, konstruován podle potřeb železnice, tedy s nepravidelnými intervaly a pauzami, potřebnými pro využití tratí pomalu jedoucími nákladními vlaky. Tuto vstřícnost ze strany osobní dopravy využívalo tehdejší pojetí koncepce nákladních lokomotiv; byly většinou šestinápravové, mohly jet pomalu, ale s cílem dopravit co nejtěžší vlak.

Doba se ale změnila. Dříve zcela běžná skutečnost na jednokolejných tratích s velkými sklony, že nákladní vlak jedoucí rychlostí 20 km/h obsadil na půl hodiny mezistaniční úsek o délce 10 km, je v současnosti ve střední Evropě nepřijatelná. V těch částech světa, kde se nevyskytují tak krátké provozní intervaly mezi vlaky, mohou takto pojaté lokomotivy sloužit dál, ale v hustě osídlené střední Evropě s čilou osobní dopravou se staly nepotřebnými. Osobní vlaky, jezdící v pravidelném taktu, před sebou doslova ženou vlaky nákladní.

Proto je třeba i u nákladních lokomotiv vyžadovat instalaci co nejvyššího výkonu, který udělí vlaku při rozjezdu dostatečně velké zrychlení, aby se mohl takový vlak zařadit do sledu rychle před i za ním jedoucích vlaků. Pokud tuto schopnost stroj nemá, musí čekat na vedlejších kolejích na volnou trať, a to často i několik hodin. Stání ve stanici je přitom činností neproduktivní; moderní lokomotivě během tohoto odstavení běží odpisy, které musí její majitel zahrnout do své kalkulace a uhradit, přestože lokomotiva nevytvořila žádný zisk<sup>8</sup>.

### 1.3.4 Interoperabilita a TSI

Již zmiňovaná schopnost být interoperabilní se dotýká především konstrukce lokomotiv. Znamená to navrhnout lokomotivu tak, aby splňovala rozličné, často až protichůdné požadavky národních legislativ několika států, ve kterých má být provozována. Ve fyzické podobě je stroj nutno vybavit (několika) národními vlakovými zabezpečovači či podobnými požadovanými zařízeními nebo upravit konstrukci lokomotivy, případně funkci

---

<sup>8</sup> POHL, Jiří: Rychlá železniční osobní doprava, díl devátý: Nákladní doprava. *Železniční magazín*, 2008, roč. 15, č. 10, s. 15 – 19

některých zařízení (např. úprava software měničů s cílem snížit rušení). To samozřejmě stroj prodražuje a komplikuje schvalovací proces.<sup>9</sup>

Proto ve formě evropské legislativy vznikají tzv. Technické specifikace interoperability (TSI), které mají definovat jednotné podmínky pro konstrukci a provoz všech prvků celého systému evropských železnic, s cílem zjednodušit provoz na evropských železnicích. Jsou však zatím ve fázi vzniku, proto je většina (současných) vozidel konstruována podle původní národní legislativy; souběžná platnost národních předpisů a postupně do platnosti vstupujících TSI často způsobuje nepřehlednost a zmatky ve výkladu. Plná aplikace požadavků TSI do praxe pak znamená „běh na dlouhou trať“. Proto v tomto kontextu je pro účely této práce interoperabilita chápána jako schopnost jezdit s vozidlem (relativně) bez omezení po různých národních sítích resp. přejíždět mezi nimi; neznamena to plnit všechny požadavky TSI.

#### **1.4. Charakteristika parku motorových lokomotiv v ČR**

Jak již bylo napsáno výše, v ČR nedochází k soustavné obnově drážního vozidlového parku. Železniční dopravci žijí z podstaty minulosti, ze strojů nakoupených před mnoha lety, většinou ještě za doby centrálně plánovaného hospodářství. Vozidla tak zastarala morálně i fyzicky; celkově nepříznivou situaci umocňuje i nedostatečná údržba stávajících vozidel.

Hlavním dodavatelem motorových lokomotiv pro tehdejší ČSD se stal podnik ČKD, závod Lokomotivka v Praze. Naprostá většina dnes provozních vozidel pochází právě odsud. Vyjma ČKD dodávaly menší počty lokomotiv i výrobní závody v Martině a Dubnici nad Váhom. V těchto podnicích skončila výroba lokomotiv v sedmdesátých letech z důvodu jejich specializace na těžké strojírenství a zbrojní výrobu. To je z československého průmyslu vše.

Zahraniční lokomotivy byly dodávány pouze v malých počtech, a to výhradně ze zemí tehdejší RVHP (s výjimkou lokomotiv řady T426.0 výrobce SGP Vídeň, určenými pro ozubnicovou dráhu Tanvald – Harrachov). Jediným typem, dodávaným ze zahraničí v početných sériích, se stala řada T679.0 (nové označení 781), pocházející z lokomotivky ve Vorošilovgradě v Ukrajinské sovětské svazové socialistické republice. Pro ČSD jich bylo v letech 1966 – 1979 dodáno celkem 599 (přestože propaganda uváděla „kulatých“, lépe znějících 600); dnes jsou již všechny z pravidelného provozu vyřazeny. Jiní zahraniční výrobci se mohli uplatnit na československém trhu pouze u vlečkařů či vedlejších organizačních složek ČSD, jako byly podniky traťového hospodářství, a to navíc jen v případech, kdy lokomotivu nemohl dodat z důvodu vytíženosti či nedostatečných

---

<sup>9</sup> POHL, Jiří: Homologace vozidel v evropském pojetí. *Železniční magazín*, 2004, roč. 11, č. 7, s. 30 – 31



požadovaných parametrů domácí průmysl. Tak se dostaly na československé koleje rumunské lokomotivy FAUR (např. do teplárny v Praze Malešicích) či lokomotivy V60 a V100, vyráběné v závodě VEB Lokomotivbau und Elektrotechnische Werke Hans Beimler (zkráceně LEW) Hennigsdorf v tehdejší NDR.

Když došlo po roce 1989 k razantnímu poklesu objemu přeprav, staly se motorové lokomotivy prvním logickým objektem rušení. Zbylé přepravy byly přeměrovány na elektrizované tratě a na jednokolejných, neelektrizovaných tratích, postavených před 100 a více lety pro přepravu uhlí z pánví do míst spotřeby, za dob plánovaného hospodářství používaných k odlehčení hlavních tratí a jako kapacitní rezervy, najednou nebylo co vozit. Jako první byly odstavována řada 781, především z důvodu vysoké spotřeby nafty a oleje svého dvoudobého naftového motoru, destruktivního vlivu šestinápravových podvozků na trať a i stále se zhoršující dostupnosti náhradních dílů od výrobce; pro tak silné lokomotivy již jednoduše nebyla práce. Spolu s nimi byly vyřazovány i první československé motorové lokomotivy, např. dieselhydraulické řady 725 a 726 a 710, či dielelektrické řady 720 a 721 (i když jejich likvidace se protáhla až do počátku 21. století). Vyřazování dalších typů lokomotiv nastalo později. Spolu s poklesem přeprav se o zbytnost motorových lokomotiv v provozu postarala i (pomalu) postupující elektrizace.

#### 1.4.1 Motorové lokomotivy ČD, a.s. a ČD Cargo, a.s.

ČD, a.s. a ČD Cargo, a.s. v roce 2007 vlastnily celkem 1 952 lokomotiv, z toho 1 047 motorových<sup>10</sup>. Jejich přehled udávají tabulky v příloze 1.

Některé další údaje o lokomotivách ČD Cargo, a.s. uvádí následující souhrnná tabulka:

**Tabulka 2 – Lokomotivy ČD Cargo, a.s.**

Celkový počet lokomotiv	983 ks
- z toho dispoziční stav*	843 ks
Průměrné stáří (2008)	30 let
Účetní hodnota lokomotiv a nákladních vozů	8 mld. Kč

\* Dispoziční stav = Od celkového počtu strojů odečtené neprovozní a zrušené stroje.

**zdroj: Železniční magazín 9/2008**

<sup>10</sup> *Statistická ročenka ČD 2007*[online]. Praha:ČD, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2009-05-05]. Dostupný na WWW: <[http://www.ceskedrahy.cz/assets/skupina-cd/fakta-a-cisla/statisticka-rocenka/cd\\_rocenka\\_\\_2007.pdf](http://www.ceskedrahy.cz/assets/skupina-cd/fakta-a-cisla/statisticka-rocenka/cd_rocenka__2007.pdf)>

Obrázek 1 – Typické panorama lokomotivního depa ČD/ČD Cargo. Před halou bývalé topírny v Kralupech nad Vltavou pózuji dlouholetí představitelé motorové trakce ČSD, zleva 751 148, 742 270, 751 374 i jejich modernizovaní kolegové 753 751 a 753 752.



zdroj: foto autor

Z obou tabulek je evidentní velký vnitřní dluh obou společností, způsobený dlouholetou neobnovou vozidlového parku. Žít z podstaty minulosti se však dlouhodobě nedá. O jak velký problém se jedná, svědčí tento příklad: „Obzvláště zřetelně je zastaralost vozidel patrná při přepočtu jejich kilogramové ceny. Hmotnost všech vozidel ČD Cargo činí hrubým odhadem asi 500 000 t (průměrně 70 t lokomotiva, 15 t vůz). Kilogramová cena nových vozidel našeho národního majetku, vozidel ČD Cargo, dosahuje 16 Kč za kilogram, což jej přibližuje úrovni kovového šrotu“<sup>11</sup>. Pokud by byl park ČD Cargo tvořen výhradně novými vozidly, tak by při průměrné ceně nové lokomotivy 70 mil. Kč měla být hodnota lokomotivního parku 68,8 mld. Kč (reálně by však měla být tato částka nižší, protože ČD Cargo, a.s. má lokomotiv nadbytek). Rozdíl mezi touto částkou a současnou účetní hodnotou vozidlového parku ČD Cargo je více než výmluvnou ukázkou zoufalého stavu flotily českého „vlajkového“ nákladního železničního dopravce.

<sup>11</sup> PERNIČKA, Jaromír; KADERÁVEK, Petr: ČD Cargo v prvním roce samostatnosti. *Železniční magazín*, 2008, roč. 15, č. 9, s. 13 – 21

### 1.4.2 Plány na obnovu vozidlového parku

Obnova vozidlového parku Českých drah, a.s. je nedostatečná a soustředí se výhradně do oblasti nákupu jednotek řady 471 či modernizací motorových vozů řady 810. Pořizovaný počet vozidel nedokáže snížit ani průměrné stáří parku, ani dokonce zastavit jeho další stárnutí. Finanční situace podniku není dobrá, Českým drahám, a.s. se (dle jejich vlastních vyjádření) nedostává prostředků ani na zajištění provozu, což řeší postupným „rozpuštěním“ 12 mld. Kč, získaných prodejem části majetku, do provozních nákladů. Společnost v současné době pořízení motorových lokomotiv nechystá, nákupní priority vidí jinde. Nejnovějšími lokomotivami proto zůstávají lokomotivy řady 714, které vznikly v letech 1995 až 1998 a 2004 rekonstrukcí a modernizací starších strojů řady 735.

Finanční situace ČD Cargo, a.s. také není jednoduchá – společnost neplní svůj podnikatelský plán, firma odhaduje svůj letošní zisk na 650 milionů, tedy jen o něco více než polovinu původního podnikatelského plánu. Hospodářský výsledek navíc ještě není dotčen ekonomickou recesí a očekávaným poklesem přeprav na evropských železnicích.<sup>12</sup> Zdá se tedy, že nákladní železniční doprava bývalých unitárních ČD není jakýmsi „malým ČEZem“, výnosnou firmou, která má dostatek prostředků na investice i expanzi; peněz se jednoduše nedostává. Do toho přichází útlum růstu hospodářství a s ní spojený pokles poptávky po službách nákladní železniční dopravy. V této situaci musí zároveň ČD Cargo obnovovat svůj vozový park. Zamýšlená podoba obnovy se, alespoň dle informací předkládaných veřejnosti prostřednictvím tiskových zpráv, stále značně mění, resp. zřejmě prochází vývojem. Např. dle tiskové zprávy ČD Cargo, a.s. z počátku roku 2008<sup>13</sup> byl plán investic následující: modernizace 20 lokomotiv 163 na 363, rekonstrukce 24 kusů řady 181/182 a modernizace 8 lokomotiv řady 753. Ke konci roku 2008 však byly zmodernizovány pouze 4 lokomotivy řady 753 (více o této zakázce v další kapitole), zbytek plánu nebyl vůbec realizován... Obecně lze tedy říci, že se ČD Cargo vydalo cestou modernizací, ty by měly proběhnout u vyjmenovaných typů strojů plus rekonstrukce několika dlouhodobě odstavených strojů řady 230. Celkový počet rekonstruovaných či modernizovaných strojů však nelze nyní odhadnout. „Novovýrobou lokomotiv se budeme zabývat až v příštím roce“<sup>14</sup> (tj. v roce 2009 – pozn.aut.), řekl Josef Bazala, generální ředitel ČD Cargo, a.s.

<sup>12</sup> ČD Cargo neplní podnikatelský plán, vydělává jen polovinu [online]. Teplice:Želpage, datum aktualizace 9.12. 2008, [cit. 2008-12-28]. Dostupný na WWW: < <http://www.zelpage.cz/zpravy/6713>>.

<sup>13</sup> ŠTÁHLAVSKÝ, Petr: *Obnova vozidel ČD CARGO, a.s.*, tisková zpráva ČD Cargo, a.s. z 8.1. 2008

<sup>14</sup> PERNIČKA, Jaromír; KADERÁVEK, Petr: ČD Cargo v prvním roce samostatnosti. *Železniční magazín*, 2008, roč. 15, č. 9, s. 13 – 21

## **1.5. Modernizace lokomotiv původní řady T478.3**

Vzhledem k rozsahu modifikací této konstrukční řady (původního typu i jeho rekonstrukcí a modernizací) je tato kapitola rozdělena do několika úrovní, které pojednávají o jednotlivých částech historie typu.

### **1.5.1 Vývoj původního typu T478.3**

Na konci šedesátých let byly dodávky dieselelektrických lokomotiv řad T 478.1 (751) a T 478.2 (ex 752, 751.3) v plném proudu a mnoho těchto lokomotiv mělo být ještě dodáno. Ani po ukončení jejich dodávek by počet traťových motorových lokomotiv nebyl postačující pro úplnou náhradu parní trakce, jak zamýšlelo ministerstvo dopravy a ČSD. Právě dodávané lokomotivy navíc nedisponovaly tak vysokým výkonem, aby mohly v čelech těžkých rychlíků a jiných těžších vlaků nahradit výkonné parní lokomotivy vyspělé poválečné konstrukce, např. řad 498.0 (1 950 kW), 477.0 (1 550 kW) nebo 475.1 (1 400 kW). Z tohoto důvodu konstruktéři ČKD začali pracovat na vývoji nové traťové lokomotivy řady T 478.3 (753), konstrukčně navazující na lokomotivní řadu T 478.1 (751). Plánovali ji však osadit novým, výkonnějším spalovacím motorem řady 230, jehož vývoj probíhal již od počátku šedesátých let a stálo za ním mnoho úsilí. Dvě prototypové lokomotivy byly vyrobeny v roce 1968 a dostaly označení T 478.3001 a T 478.3002. Po náročných zkouškách byly oba prototypy v roce 1970 konečně zakoupeny ČSD. Ověřovací (nultá) série, čítající deset lokomotiv, byla vyráběna v letech 1970-71. První série byla vyráběna v letech 1971-72 a čítala již šedesát strojů. Poté následovalo dalších pět sérií, až byla v roce 1977 výroba ukončena dodáním poslední lokomotivy ze 6. série, stroje T 478.3408. Během devíti let bylo vyrobeno celkem 408 lokomotiv řady T 478.3 (753), čímž se tato řada stala nejpočetněji zastoupenou řadou motorových univerzálních lokomotiv na kolejích ČSD. S přihlédnutím k délce výroby lokomotiv této řady je pochopitelné, že v průběhu výroby došlo ke značnému množství dílčích změn, z nichž nejvýraznější je např. dosazení prolisů na skříně lokomotiv 0. série a následujících sérií, instalace mobilní části liniového vlakového zabezpečovače (od 1. série výše), nahrazení dvou pozičních světlometů na čelech čtyřmi a dosazení nového kompresoru (od 2. série).<sup>15</sup> Na výrobu řady T478.3 navázala od roku 1978 výroba modernějšího typu T478.4 s vyšším výkonem, elektrickým vytápěním souprav systémem 3 kV = a modernějším řízením. Bylo jich vyrobeno celkem 86, výroba byla ukončena v roce 1980.

---

<sup>15</sup> Lokomotivy řady 753 [online]. Atlas lokomotiv.cz, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2008-12-28]. Dostupný na WWW: < <http://www.atlaslokomotiv.cz/loko-753.html> >.

### 1.5.2 Technický popis řady T478.3

Mechanická část lokomotivy je odvozena od lokomotivy řady 751, i když to zvenčí díky novému designu skříně není na první pohled patrné. Jedná se o skříňovou čtyřnápravovou lokomotivu se dvěma stanovišti strojvedoucího a centrální strojovnou. Ocelová konstrukce skříně je pokryta ocelovými pláty, které jsou na bočnicích signované (kromě prototypových lokomotiv). Na obou bočnicích je šest kruhových oken a žaluzie ventilátorů, vedle kterých je žebřík na střechnu. Střechna je rozdělena na tři demontovatelné části. Prostřední částí střechny procházejí dva výfukové nástavce, po stranách je tato část střechny opatřena průduchy. Kabiny strojvedoucího jsou přístupné dveřmi z obou stran a mají dvě čelní okna s výraznou společnou obrubou, která je charakteristickým znakem lokomotivy. Pojezdová část lokomotivy je plně převzata z řady 751. Lokomotivní rám, nesoucí skříň, je prostřednictvím osmi závěsek uložen na dvou trakčních podvozcích, jejichž středními příčnicí prochází otočný čep, zabudovaný pevně v hlavním rámu. Podvozkový rám je ocelový celosvařovaný; kyvnými rameny v něm jsou vedena dvě dvojkolí, skládající se z nápravy, nápravové převodovky a dvou plných kol, obepnutých obručí. Dvojkolí jsou odpružena šroubovými ocelovými pružinami s paralelně zařazenými kapalinovými tlumiči. V podvozku jsou uloženy dva trakční motory, pohánějící dvojkolí jednostranným převodem s čelním ozubením. Na jedné straně je trakční motor přichycen k rámu podvozku, na druhé straně je přes tlapová ložiska uložen na nápravě. Uprostřed strojovny je pružně, prostřednictvím silentbloků, uloženo motorgenerátorové soustrojí, skládající se ze spalovacího motoru a přírubově připojeného trakčního generátoru. Spalovací motor je stojatý vznětový čtyřdobý dvanáctiválec K12V230DR s válci do V a přímým vstřikem paliva. Motor je přeplňován dvěma turbodmychadly s pohonem výfukovými plyny. Chlazení motoru je vodní. Otáčky motoru jsou řízeny v osmi otáčkových stupních sdruženým regulátorem (resp. jeho mechanickou částí), přičemž tyto stupně zadává strojvedoucí púlvolantem na řídicím pultu. Výfukové plyny jsou odváděny potrubím opatřeným tlumičem na střechnu lokomotivy. Z druhého konce spalovacího motoru je poháněno chladicí soustrojí - skládající se ze čtyř ventilátorů, zajišťujících chlazení vody v hlavním (blok motoru, hlavy válců a turbodmychadla) i vedlejším chladicím okruhu (olej). Volným koncem klikového hřídele motoru je dále poháněn ventilátor chlazení trakčních motorů zadního podvozku. Od trakčního generátoru je přes pružnou spojku poháněn kompresor. Nabíjecí dynamo (dobíječ) baterie, budič a ventilátor chlazení předního podvozku jsou poháněny řemeny. Pod lokomotivním rámem je zavěšena palivová nádrž na 5000 l a je zde uložena akumulátorová baterie. Lokomotiva je vybavena ruční brzdou, samočinnou tlakovou brzdou

systemu DAKO DK-GP a přímočinnou brzdou. Ruční brzda je ovládána ručními koly, umístěnými na stanovištích strojvedoucího na straně vlakvedoucího. Působí na jedno dvojkolí přilehlého podvozku. Samočinná brzda je řízena dvěma brzdíči DAKO BS2. Přímočinná brzda je řízena dvěma brzdíči DAKO BP.<sup>16</sup>

### 1.5.3 Provoz a rekonstrukce

K 1.1.1988 bylo u ČSD zrušeno tzv. Kryšpínovské označování hnacích vozidel; lokomotivy původní řady T478.3 byly nově označeny řadou 753, lokomotivy T478.4 řadou 754. Osobní vozy, dodávané ČSD přibližně od poloviny osmdesátých let, již nebylo možné vytápět parním topením a lokomotiv řady 754 nebyl dostatečný počet. Proto bylo počínaje rokem 1990 přistoupeno k rekonstrukci části lokomotiv řady 753. Byl odstraněn parovodní agregát PG500 a místo něj dosazen topný alternátor a balast. Lokomotivy byly nově označeny řadou 750. Kromě toho od té doby dochází při přístavbě lokomotiv do oprav vyšších stupňů k rekonstrukci uložení skříně na podvozcích: Závěsky jsou nahrazovány pryžokovovými sloupky, postupně to má být provedeno u všech lokomotiv od řady 749 až po 754.

To už se ale psala polovina devadesátých let a útlum provozu na neelektrizovaných tratích byl v plném proudu. Po již zmíněném vyřazení starších lokomotiv došlo i na lokomotivy novější; rozhodnutí o vyřazení padlo na řady 750 a 753. Vyšší údržbová náročnost a náklady na opravy, vyšší spotřeba paliva a nižší spolehlivost oproti řadě 749 a 751 (s motory K6S310DR) byly hlavními důvody této volby.

Proto se v roce 1996 objevila snaha o další rekonstrukci: Do mechanické části řady 753 dosadit osvědčený motor K6S310DR z rušených strojů řady 770 na 771 a vybavit stroj moderní elektronikou a dalšími díly, místo již nevyroběných. Vznikl tak prototyp řady 752; u ČD však zůstal samotný, k sériové výrobě nedošlo. Později, v roce 2001, alespoň vznikla série devíti lokomotiv 752.5, určených pro italské dopravce. Pro společnost OKD Doprava, a.s. byly vyrobeny další čtyři kusy, označené řadou 752.6. Lokomotivy jsou v provozu oblíbené, rekonstrukce má ale i svou nevýhodu: Pokles výkonu z původních 1325 kW až na 1210 kW. Tento důvod a případný nedostatek motorů K6S310DR z rušených strojů, ke kterému by došlo při rozsáhlejších rekonstrukcích, vedlo k úvahám o využití jiných, nově vyrobených motorů. Tak vznikla řada 753.7, které je věnována samostatná kapitola této práce.

---

<sup>16</sup> Lokomotivy řady 753 [online]. Atlas lokomotiv.cz, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2008-12-28]. Dostupný na WWW: < <http://www.atlaslokomotiv.cz/loko-753.html> >.

## **1.6. Lokomotivy řady 753.7**

Na konci devadesátých let docházelo v mnoha evropských zemích ke vzniku nových, soukromých nákladních železničních společností. Ty byly hned od počátku postaveny před problémem nedostatku dopravních prostředků. Státní železniční dopravci často odmítali pronajímat či prodávat svá vozidla nově vznikající konkurenci, a proto přebytečná vozidla raději likvidovali. Nové firmy často nemohly svoji nepříznivou situaci řešit nákupem nových vozidel; bránil tomu nedostatek finančních prostředků nových dopravců (který je ovšem na startu podnikání obvyklý) i nejistota ohledně stability získaných zakázek. Lokomotivní pooly s novými vozidly nebyly v té době ještě rozvinuté. Koupě starších či modernizovaných vozidel z jiných zemí se stala další možnou a využívanou variantou.

Popisovaná situace nastala nejen v ČR, ale i v Itálii. Příležitosti se chopila společnost ČMKMS Trade, s.r.o. (Českomoravská komerční společnost), právní předchůdce dnešní společnosti CZ LOKO, a.s., která se po privatizaci stala v polovině devadesátých let vlastníkem některých železničních dílen a dep bývalých ČSD. Na základě kupní smlouvy mezi Českými drahami a ČMKMS Trade ze dne 1.3.2001 odkoupila druhá jmenovaná společnost 11 zrušených strojů řady 753. Z devíti z nich vznikla již zmíněná řada 752.5, dvě poslední však byly vybaveny motory Caterpillar 3512 B DITA s nastaveným výkonem 1455 kW. Vznikla tak nová řada 753.7.

Obě dvě lokomotivy byly exportovány do Itálie. Samozřejmě nezůstalo u dvou strojů, další dodávky tohoto typu bezprostředně navázaly; u mnoha italských dopravců se v počátcích jejich činnosti stala řada 753.7 (resp. tento typ pod různými označeními) základem jejich vozidlových parků. Stroje byly dodávány až do roku 2006, v současné době jsou již dodávky zastaveny. Místní dopravci totiž dnes své nákupy orientují již jen na nové stroje, s menšími výjimkami výhradně elektrické. Dokonce se tito dopravci svých lokomotiv této řady zbavují.

Lokomotivy 753.7 byly a dodnes jsou dodávány i pro české dopravce. To je poměrně zajímavá skutečnost; České dráhy totiž vždy odmítaly, resp. dodnes odmítají prodej či jen pouhý pronájem jakýchkoli strojů konkurenčním dopravcům. Vzhledem k donedávna nemožnému schválení nových hnacích vozidel bylo tedy pro nové společnosti pořízení jakýchkoli vozidel v podstatě nemožné. První výjimkou se stala právě řada 753.7 a premiérovým českým zákazníkem společnost OKD Doprava, a.s. Po ní následovaly další kontrakt na tyto lokomotivy, tentokrát pro společnost Unipetrol Doprava, a.s. a Viamont Cargo, a.s.



Obrázek 2 – Lokomotiva řady 753.7 ve službě u společnosti OKD Doprava, a.s. byla vyfotografována při jízdě s uceleným vlakem uhlí ze Světce-Ledvic do Kladna-Dubí v koncovém bodě své cesty.



zdroj: foto OKD Doprava, a.s.

Přestože skříňe všech původních lokomotiv pocházely z majetku Českých drah, tato společnost až do roku 2005 neobdržela jediný modernizovaný stroj s novým motorem. V roce 2004 se tehdejší ČD, a.s. rozhodly pořídit dva „zkušební“ kusy modernizací původní řady T478.3. Proto bylo v roce 2005 vyhlášeno výběrové řízení, na jehož základě dodala společnost ČMKS Lokomotivy, a.s. dva stroje, označené řadou 755. Jednou z podmínek výběrového řízení bylo schválení pro provoz v Německu a Rakousku, tato podmínka ale nakonec nebyla splněna, protože laminátové kabiny lokomotivy nevyhovují současným normám na pevnost a ochranu lokomotivního personálu při čelní srážce. Tento nedostatek pochopitelně lokomotivám značně omezuje jejich operační prostor a znemožňuje schopnost být interoperabilní. Dokonce nelze ani s lokomotivou zajíždět do PPS se SRN, protože německý Spolkový drážní úřad EBA lokomotivu s označením 755 nezná a považuje jej za nový, neschválený typ. Naopak řada 753, ať už původního provedení či modernizace, je EBA známa, a proto na německé území zajíždět smí. Soukromí dopravci, kteří touto řadou disponují, této možnosti samozřejmě využívají.

Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách této práce, ČD Cargo, a.s. zdědilo zastaralý vozidlový park, který téměř veškerý pochází po jeho organizačních předchůdcích (ČSD, ČD, s.o., ČD, a.s.). Při rozhodování o jeho obnově byl zvolen jako první segment



traťových motorových lokomotiv prostřednictvím cesty modernizace „Brejlovců“. U nich bylo již od počátku počítáno s označením 753.7, aby se mohlo předejít zmíněným problémům s nedovoleným zajižděním do PPS. Tak byla dne 31.3.2008 zveřejněna soutěž ČD Cargo na „Finanční zajištění a modernizaci 30 lokomotiv na řadu 753.7“. Hodnotící kritéria byly čtyři, a to LCC (50%), nabídková cena (20%), technická úroveň řešení (20%) a kompatibilita s lokomotivami ČD Cargo (10%). Byla podána pouze jediná nabídka, a to od společností ING Lease (leasigová společnost) a CZ LOKO, a.s. Česká Třebová (výrobce). ING odkoupí od ČDC skříň 30-ti lokomotiv řad 750, 753 a 754 (většinou se jedná o vraky odstavené v České Třebové), následně je nechá v ČMKS zmodernizovat a zpětně je cestou finančního leasingu postupně prodá zpět k ČD Cargo, a.s.. Spolu s nimi mají být modernizovány také dva stroje pro Traťovou strojní společnost (TSS), a.s., dceřinou společností Českých drah, a.s. pro opravy a údržbu infrastruktury. V současné době již dodávky probíhají, první dodané lokomotivy ČD Cargo, a.s. jsou dislokovány v depu Kralupy nad Vltavou.

### **1.6.1 Technický popis řady 753.7**

„Motorová lokomotiva 753.7 je určena pro nákladní traťovou službu na tratích o rozchodu 1435 mm při rychlosti do 100 km/h. Pojezd, hlavní rám, obě kabiny strojvedoucího a skříň lokomotivy jsou ponechány původní. Modernizace vozidla spočívá především v náhradě provozně drahého a nespolehlivého motoru ČKD K12V230DR motorem Caterpillar 3512 B DITA, současně jsou nově řešeny pomocné pohony včetně chladicího bloku. Lokomotiva je upravena do kinematického obrysu UIC 505 a vybavena elektrodynamickou brzdou.

Podvozky a hlavní rám jsou převzaty z původní lokomotivy s provedením nezbytných úprav pro uložení nového motoru, současně je provedena rekonstrukce uložení skříňe na podvozcích dosazením pryžokovových sloupků. Pro zvýšení ochrany a současně i odolnosti hlavního rámu je provedena úprava čelníků s možností dosazení deformačních prvků. Tažný hák je vypružen pryžokovovými lamelami. Hnací agregát je tvořen naftovým motorem Caterpillar 3512 B DITA přímo spojeným prostřednictvím mezikusu s trakčním alternátorem Siemens Drásov typu 1FC2 569-6.

V původní kabině strojvedoucího jsou dosazeny nové pulty strojvedoucího s integračním ovládním jízdy a brzdy kontroléry s ovladači Lekov. Lokomotiva je vybavena vzduchotlakovou samočinnou a přímočinnou brzdou systému DAKO DK-GP s elektrickým ovládním a brzdou ruční. Zdrojem vzduchu je hydrostaticky poháněný lamelový kompresor Mattei C 90. Elektrický přenos výkonu je střídavě stejnosměrný s regulátorem dodávaným

firmou NES Nová Dubnica s.r.o. Elektrodynamická brzda umožňuje spádový a zastavovací režim brždění s max. výkonem 1 710 kW a režim parkovací brzdy, blok EDB je uložen ve strojovně za přední kabinou strojvedoucího.

Lokomotiva je vybavena dvojlenným řízením umožňujícím startování a stopování motoru libovolné lokomotivy za jízdy, zařízením pro kontrolu bdělosti strojvedoucího, mazáním okolků plastickým mazivem systému Tribos, elektronickým rychloměrem Metra, klimatizací kabiny strojvedoucího, radiostanicí VS 47 a vlakovým zabezpečovacím zařízením.<sup>17</sup>

## **1.7. Lokomotivy ER20**

Dne 10. 1. 2002 byla v závodě firmy Siemens v Mnichově oficiálně představena diesellová lokomotiva řady 2016 pro ÖBB, která je určena pro univerzální nasazení, tedy pro vozbu jak osobních, tak nákladních vlaků. Lokomotiva dostala od výrobce typové označení ER20 a marketingový název EuroRunner (volně přeloženo jako evropský běžec či běžec po Evropě). ÖBB oficiálně pokřtily tuto řadu jménem Herkules, což má upozornit na jejich sílu a je v souladu s tradicí této společnosti pojmenovávat lokomotivy po jménech starořeckých hrdinů a siláků (vedle již u ÖBB existujících „Taurů“ a „Hektorů“). Přezdívka se mezi železniční veřejností vžila a dnes je používána i pro stroje mimo ÖBB.

### **1.7.1 Technický popis řady ER20**

Koncepce a konstrukce mechanické části vycházela především z požadavků na minimalizaci emisí hluku a spalin, optimalizaci pasivní bezpečnosti, dobrou přístupnost při údržbě a opravách a optimalizaci průběhu montáže. Základem pro splnění požadavku na co nejnižší montážní náklady a časovou náročnost oprav je modulární stavba - předmontované a předem odzkoušené moduly jsou vzájemně sestaveny až při konečné montáži. Pro eliminaci hluku je motor kompletně zakrytován, žaluzie v bočnicích navíc obsahují lamely, které pohlcují hluk a zároveň zabraňují jeho úniku z prostoru strojovny. Velký důraz byl samozřejmě položen na snížení výfukových emisí spalovacího motoru.

Skříň lokomotivy je svařované ocelové konstrukce a jejími základními celky jsou: hlavní rám, strojovna a dvě kabiny strojvedoucího. Hlavní rám je sestaven z nosníků skříňového průřezu, čelníky jsou kvůli zvýšení odolnosti proti nárazu masivního provedení. Na hlavním rámu lokomotivy je čtyřbodově zavěšen svařovaný modul společný pro palivovou nádrž a bateriovou skříň. Nádrž má objem cca 2 500 l.

---

<sup>17</sup> Lokomotivní řada 753.7 [online]. CZ LOKO, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2008-12-28]. Dostupný na WWW: [http://www.czloko.cz/index.php?page\\_id=56](http://www.czloko.cz/index.php?page_id=56).

**Obrázek 3 – Lokomotiva typu ER20 firmy Siemens skutečně dělá čest pojmenování Eurorunner, „běhá“ doslova po celé Evropě a často se podívá i do České republiky. Zde byla v květnu 2007 zachycena pod dávným symbolem českých železnic – okřídleným kolem na jižní věži Fantovy budovy pražského Hlavního nádraží.**



**zdroj: foto Railtransport, s.r.o.**

Středem strojovny probíhá po celé délce pomocný rám, na němž jsou uloženy veškeré hlavní bloky strojovny, tj. motor-generátorové soustrojí, blok chlazení, elektrické výzbroje a pneumatické výzbroje. Smyslem pomocného rámu je jak vyztužení hlavního rámu lokomotivy a zlepšení průběhu mechanických sil, tak usnadnění oprav (demontáže) jednotlivých funkčních bloků. Strojovna je jednotlivými přepážkami rozdělena na tři oddíly: spalovacího motoru, chladicího systému a elektrické výzbroje.

Lokomotiva je nesena dvěma dvounápravovými podvozky s individuálním pohonem dvojkolí. Rám podvozku je svařovaná skříňová konstrukce, sestávající ze dvou prohnutých podélníků, příčnicku a dvou čelníků kruhového průřezu. Přenos tažných a brzdných sil z podvozku na rám lokomotivy se děje otočnými čepy, ukotvenými v příčnicku podvozku co nejnižší k temeni kolejnice, aby byly potlačeny klopné momenty. Pod otočnými čepy se nachází opěrná deska, která umožňuje zvednutí lokomotivy i s podvozky. Skříň je na podvozcích uložena pomocí dvojic ocelových šroubovitých pružin, které jsou na rám podvozku připevněny přes pryžokovové elementy (snížení momentu odporu natáčení podvozku vůči skříni). Vedení dvojkolí je součástí primárního vypružení a je provedeno dvojicí pružin v uchycení Flexicoil a čepy s pryžovými elementy na každé straně dvojkolí,

což při průjezdu vozidla obloukem dovoluje pasivní radiální stavění dvojkolí. To je důležité vzhledem k předpokládanému provozu lokomotiv i na tratích s oblouky malých poloměrů.

Pro individuální pohon dvojkolí byla u řady 2016 použito konstrukčního řešení s názvem RHA, což je zkratka pro Ritzelhohlwellenantrieb, která by se dala vyložit jako pohon pastorku pomocí dutého hřídele. Tento pohon je v podstatě kombinací tlapového pohonu dvojkolí a pohonu dutým hřídelem obepínajícím nápravu (Hohlwellenkardantrieb).

Zdrojem výkonu lokomotivy řady 2016 ÖBB je motor 16V 4000 R41 od firmy MTU Friedrichshafen. Jde o šestnáctiválcový čtyřtaktní motor s přímým vstřikováním, dvouokruhovým kapalinovým chlazením a turbodmychadlem. Motor pracuje v rozsahu 600 až 1 800 ot/min a má maximální výkon 2 000 kW. Při plném zatížení dosahuje měrné spotřeby paliva okolo 195 g/kWh. Se spalovacím motorem je pomocí příruby spojen trakční generátor. Jedná se o šestipólový cize buzený třífázový synchronní generátor o výkonu 1 920 kW s vlastním chlazením.

Lokomotiva je vybavena elektrickým, střídavě-stejnosměrně-střídavým přenosem výkonu. Elektrická energie z trakčního alternátoru je usměrňována neřízeným usměrňovačem a výstup z usměrňovače napájí stejnosměrný trakční meziobvod. Z něho je napájen třífázový trakční střídač, který dále napájí všechny čtyři asynchronních trakční motory (každý o jmenovitém výkonu 410 kW). Regulace trakčních motorů se děje změnou výstupního napětí a frekvence třífázového střídače.

Lokomotiva je vybavena vedením UIC, která umožňuje komunikaci s nadřízenými i podřízenými vozidly v soupravě (a tím i např. dálkové zavírání dveří, vlakový rozhlas, ovládání příprěže...)<sup>18</sup>

### **1.7.2 Shrnutí technicko-provozních parametrů**

V případě lokomotiv platformy ER20 se jedná o moderní univerzální lokomotivy, využitelné jak v nákladní, tak osobní dopravě, včetně sunutých vlaků. Lokomotiva splňuje budoucí požadavky na emise hluku, hodnoty škodlivin ve výfukových plynech, požární ochranu a pasivní bezpečnost. Je možné ji přizpůsobit některým požadavkům zákazníka. Péči o technickou stránku provozu, opravy či schvalování může dopravce přenechat za úplatu výrobcí a může se věnovat jen svému hlavnímu podnikání.

Lokomotiva je v souladu s dnešními trendy řešena jako interoperabilní, konstrukce vyhovuje provozně-technickým požadavkům mnoha evropských zemí. Dopravcům se tak

---

<sup>18</sup> PERNIČKA Jaromír, KADEŘÁVEK, Petr: Herkules. *Železniční magazín*, 2002, roč. 9, č. 2, s. 11- 14

otevřít možnost průniku i na dosud „cizí“ národní trhy a odpadají náklady spojené s přeprahy na hranicích.

### **1.7.3 Zajištění dodávek**

Velcí výrobci kolejových vozidel mají možnost kumulovat zakázky od různých dopravců, tím vytížit výrobní linky a dosahovat zajímavých úspor z rozsahu, které pak mohou promítnout do ceny výrobku. Tak tomu je i u divize Mobility společnosti Siemens. V některých výrobních sériích jsou dokonce lokomotivy vyráběny bez určení konkrétnímu zákazníkovi, tj. „na sklad“ s tím, že se předpokládá dostatečná poptávka a zákazník bude v průběhu výroby nalezen.

### **1.7.4 Reference**

Rakouským spolkovým drahám ÖBB bylo v letech 2003 až 2006 dodáno 100 lokomotiv, označených řadou 2116. Nezůstalo samozřejmě jen u nich; spolu s ÖBB si tyto lokomotivy objednal také lokomotivní pool Dispolok a po jednotlivých kusech i menší němečtí a rakouští dopravci. Přehled dodaných strojů ER20 (evropské normálněrozchodné provedení) udává tabulka:

**Tabulka 3 – Přehled dodaných lokomotiv ER20 evropského provedení**

Dopravce	Země	Počet kusů
Dispolok	SRN	15
PRESS	SRN	2
EVB	SRN	4
Connex	SRN	3
ALEX	SRN	12
WLE	SRN	1
OHE	SRN	3
ÖBB	Rakousko	100
STLB	Rakousko	2
LTE	Rakousko	2
CELKEM		144

**zdroj: autor**

Další kontrakty jsou v přípravě.

V současné době se také uvádějí do provozu stroje modernizované verze tohoto typu, označené ER20:2007. Lokomotiva je vybavena novým měničem pomocných pohonů, který umožňuje napájet tažené vozy napětím 1000 V 22 Hz (původně šlo vozy napájet pouze systémem 1000 V 50 Hz). Tak je možné napájet vozy topným proudem i na železniční infrastrukturu zemí, kde se používají kolejové obvody o frekvenci 50 Hz.

### **1.7.5 Lokomotiva ER20 v ČR**

Dne 12.2.2007 požádalo české zastoupení divize Transportation Systems společnosti Siemens o schválení lokomotiv ER20 v ČR. Drážní úřad vydal rozhodnutí o schválení typu po čtyřech měsících, dne 15.6.2007. Takto rychlé schválení bylo umožněno především „crossacceptancí“ (vzájemným uznáváním) velké části zkoušek jednotlivými drážními schvalovacími autoritami v různých zemích Společenství; nebylo tedy nutné podstupovat „klasický“ schvalovací proces s typovými zkouškami (s jednou výjimkou, viz dále). Rozhodnutí o schválení uvádí pouze dvě zásadní podmínky provozu v ČR:

- Na tratích TEN v ČR musí být vozidlo vybaveno alespoň vozidlovou radiostanicí systému GSM-R; tuto podmínku stroje poolu Dispolok splňují a
- je zakázané použití napájecího systému vlakových souprav, s výjimkou tratí elektrizovaných systémem 25 kV 50 Hz.

Problém, zmíněný v druhé podmínce, lze řešit volbou jiné frekvence napájecího proudu. Tak je situace vyřešena u lokomotiv ER20:2007 s napájením vozů systémem 1000V 22 Hz.

Lokomotivy jsou schváleny k provozu bez instalace českého vlakového zabezpečovače, což (dle vyhlášky č. 173/95 Sb.) omezuje jejich maximální rychlost na 100 km/h. Dovybavení vlakovým zabezpečovačem (typ MIREL) je možné a je plánováno.

## **2. Metodika výpočtu Life Cycle Costs**

### **2.1. Úvod do problematiky**

Life Cycle Costs, zkráceně LCC, představují tzv. náklady životního cyklu technického zařízení. LCC zahrnují (resp. by měly zahrnovat) všechny náklady, které zařízení během své životnosti vygeneruje. Na tomto principu je pak možné usuzovat o výši ceny (cenová kalkulace), za kterou bude nabízen výrobek či služba, produkovaná s využitím tohoto zařízení, provést výpočty rentability či konkurenční analýzu nebo i jiné ekonomicko-technické výpočty. Pro výpočty LCC platí technická norma EN 60300-3-3:2004 „Management spolehlivosti – Analýza nákladů životního cyklu“, v české verzi vydané v červnu 2005. Tvůrcem nadnárodní verze normy je CENELEC, Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice.

### **2.2. Předmět výpočtu LCC**

Rozhodnutí nakoupit nový produkt neovlivňují jen náklady na jeho zakoupení, ale též očekávané provozní náklady a náklady na údržbu po celou dobu životnosti (vlastnické náklady) a náklady na jeho likvidaci (vypořádání). Analýza nákladů životního cyklu proto představuje proces ekonomické analýzy, zaměřený na posouzení celkových nákladů na pořízení a vlastnictví, jakož i likvidaci. Dodavatelé mohou optimalizovat své náklady vyhodnocením alternativ a provedením studií optimalizace nákladů a přínosů. Mohou vyhodnotit různé strategie provozu, údržby a vypořádání (aby pomohli uživatelům produktu) za účelem optimalizace nákladů životního cyklu (LCC). Analýza nákladů životního cyklu se též může efektivně použít při vyhodnocení nákladů spojených s nějakou specifickou činností, například při vyhodnocování vlivů různých přístupů/koncepcí údržby, při řešení problémů týkajících se specifické části produktu nebo při řešení problémů, vztahujících se pouze na vybrané etapy života produktu.

Analýza životního cyklu se nejefektivněji používá v počáteční etapě návrhu k optimalizaci základního přístupu k návrhu. Může se však též aktualizovat a použít během následných etap životního cyklu k zjištění oblastí s významnou nákladovou nejistotou a rizikem.

Nutnost oficiálního použití procesu analýzy životního cyklu u produktu obvykle závisí na požadavcích zákazníka nebo na požadavcích uvedených ve smlouvě. Analýza nákladů životního cyklu však poskytuje užitečné vstupní údaje pro libovolný proces, ve kterém se činí



rozhodnutí o návrhu. Má proto být v maximální možné míře nedílnou součástí procesu návrhu, aby mohly být optimalizovány znaky produktu a jeho náklady.<sup>19</sup>

### 2.2.1 Etapy životního cyklu produktu

U pojmu analýza nákladů životního cyklu je podstatné základní pochopení životního cyklu produktu a činností, které se provádějí v těchto etapách. Zásadně důležité je též pochopení vztahu těchto činností k výkonnosti, bezpečnosti, bezporuchovosti, udržitelnosti a jiným znakům přispívajícím k nákladům životního cyklu. Existuje těchto šest hlavních etap životního cyklu produktu:

- Etapa koncepce a stanování požadavků,
- etapa návrhu a vývoje,
- etapa výroby,
- etapa instalace,
- etapa provozu a údržby,
- etapa vypořádání (likvidace).

Je třeba vybrat vhodné etapy životního cyklu nebo části či kombinace těchto etap tak, aby odpovídaly potřebám každé specifické analýzy. Obecně lze celkové náklady vynaložené během uvedených etap rozdělit na pořizovací náklady, vlastnické náklady a náklady na vypořádání.

#### **LCC= Pořizovací náklady + Vlastnické náklady + Náklady na vypořádání**

Pořizovací náklady jsou všeobecně viditelné a mohou být snadno vyhodnoceny před rozhodnutím o pořízení produktu a mohou, ale nemusí být do nich zahrnuty náklady na instalaci.

Vlastnické náklady, které často tvoří hlavní složku nákladů LCC, v mnoha případech přesahují pořizovací náklady a nejsou snadno viditelné. Tyto náklady je obtížné předpovědět a mohou do nich být zahrnuty náklady na instalaci.

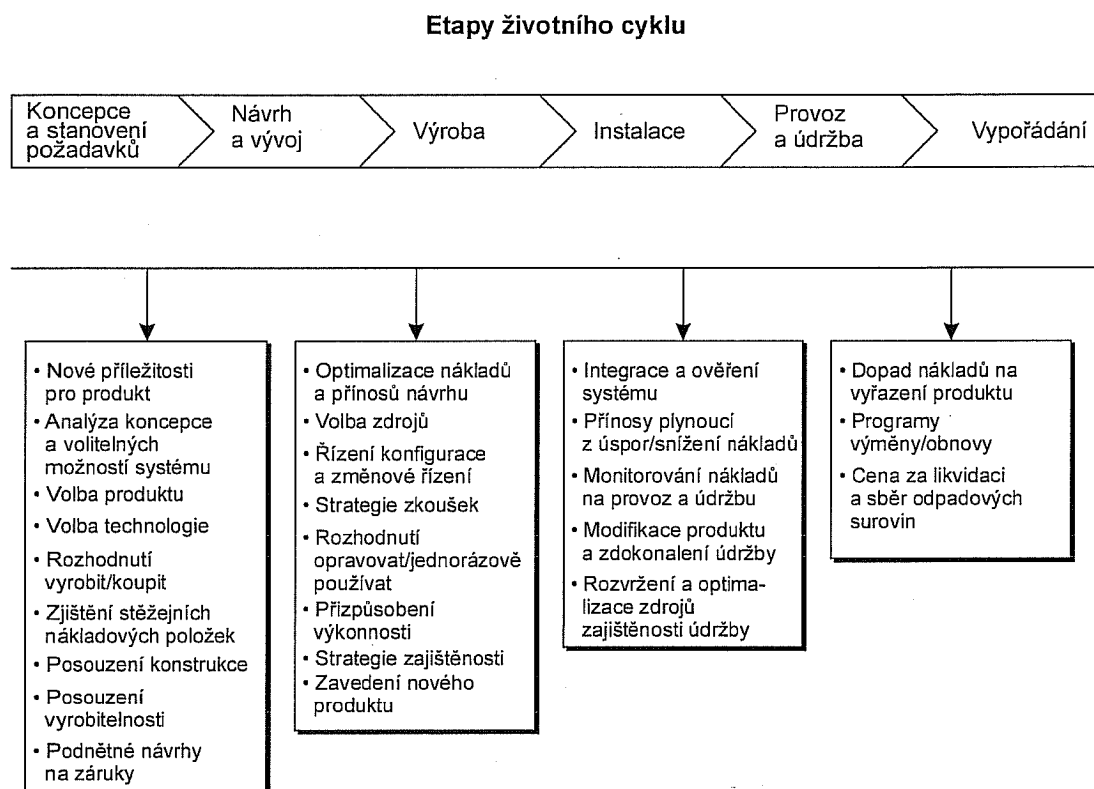
Náklady na vypořádání (likvidaci) mohou představovat významnou část celkových nákladů LCC. V zákonech mohou být požadovány činnosti prováděné během likvidace.

Na schématu 1 jsou znázorněny etapy životního cyklu produktu společně s některými hlavními tématy, na které je třeba se zaměřit při studiu problematiky analýzy nákladů životního cyklu:

---

<sup>19</sup> Dle normy EN 60300-3-3:2004 Management spolehlivosti – Analýza nákladů životního cyklu

Obrázek 4 - Etapy životního cyklu



zdroj: ČSN EN 60300-3-3 – Analýza nákladů životního cyklu

### 2.3. LCC v železniční praxi

Analýza nákladů životního cyklu je v železniční praxi užívána v mnoha případech. Železniční průmysl ji používá např. k hodnocení efektivnosti použití daného dílu v železničním vozidle, resp. k rozhodování, který typ zařízení bude použit. Pro tyto účely je v příloze E normy ČSN EN 60300-3-3:2004 uvedena tabulka souhrnu nákladů životního cyklu podle struktury rozčlenění produktu. Obdobně LCC užívají i dopravci při výběru vhodného typu vozidla či jeho části a plánování cash flow v průběhu jeho životnosti. Pro druhý uvedený typ výpočtů není v rámci normy uvedena metodika, proto ji bude třeba pro účely této práce připravit.

#### 2.3.1 LCC železničních vozidel

Jak již bylo uvedeno v předchozí části, železniční dopravci používají analýzu LCC při rozhodování o pořízení vhodného typu vozidla. Výrobci vozidel proto ve výběrových řízeních předkládají své nabídky, které obvykle obsahují i cenové kalkulace LCC, a dopravce

(zde v pozici potenciálního zákazníka výrobců vozidel) si z jednotlivých nabídek vybírá tu dle svého pohledu nejlepší.

Obvykle je vítáno dosažení co nejnižších LCC. Pokud jsou tyto jediným kritériem při rozhodování, nabídka by měla být vítězná. Bývá však sledováno více faktorů, proto nemusí být nabídka s nejnižšími dosaženými LCC považována za optimální.

Pokud by byla k posuzování vhodnosti nákupu místo úplných LCC zvažována jen pořizovací cena stroje, výsledek by nutně musel být zavádějící. Výpočet a analýza LCC má za účel vyloučit situace, kdy:

- je pořízeno levné vozidlo, které je následně provozně drahé, nebo
- je pořízeno drahé vozidlo, jehož nízké provozní náklady však nevyváží jeho vysokou pořizovací cenu.

Kvalitní moderní technika se obvykle vyznačuje vyššími pořizovacími cenami, které jsou vykompenzovány nižšími provozními a údržbovými náklady. Čím vyšší je cena investice, tím více je obvykle možné ušetřit v průběhu životnosti zařízení. Zde je několik příkladů, dokazujících toto tvrzení; všechny se opírají o skutečnosti z technické praxe, vyložené v první části práce:

- Lokomotivy s hydraulickým přenosem výkonu jsou sice levné na pořízení, mají však vysokou spotřebu pohonných hmot, zapříčiněnou ztrátami v systému přenosu výkonu (hydraulické měniče a spojky). Lokomotivy s elektrickým přenosem výkonu jsou sice na pořízení dražší, ale při přenosu výkonu nedochází k tak velkým ztrátám, takže lze na základě LCC zhruba konstatovat, že efektivita pořízení bude stejná. Mimo jiné proto si dopravci tyto lokomotivy stále pořizují. Zde pochopitelně bude hrát velkou roli cena nafty, při jejím zvyšování se pořízení úspornějších dieselelektrických lokomotiv stává stále výhodnější.
- Přechodem z elektrického stejnosměrného přenosu výkonu na střídavě-stejnosměrný se náhradou trakčního dynama trakčním alternátorem s usměrňovačem podařilo odstranit údržbově náročný, těžký a tedy investičně i provozně drahý komutátor. Samozřejmě bylo nutné počkat na „dozrání“ polovodičové techniky, která je základem usměrňovače. LCC modernějších vozidel s elektrickým, střídavě-stejnosměrným přenosem výkonu je oproti svým předchůdcům se stejnosměrným přenosem nižší; obdobně to platí i pro další generaci dieselových lokomotiv se střídavě-stejnosměrně-střídavým přenosem.

- Zařízení pro automatické vedení vlaku, určené k energetické optimalizaci jízdy vlaku, či vysokokapacitní kondenzátory UltraCap, které se při elektrodynamickém brzdění vlaku nabíjejí a při rozjezdu vybíjejí, jsou sice na pořízení drahé, avšak úsporami v provozu se zaplatí. Opět je ale nutné analyzovat LCC a ne je posuzovat jen na základě pořizovacích cen.

Při analýze LCC železničních vozidel je třeba mít na paměti ještě tyto skutečnosti:

- Doba trvání životního cyklu nemusí být stejně dlouhá (trvanlivější výrobek má paradoxně vyšší náklady životního cyklu, neboť je déle používán).
- Vykonaná práce nemusí být stejně velká (výkonnější výrobek má paradoxně vyšší náklady životního cyklu, neboť má též vyšší příkon). Proto je pro účely srovnávání vhodné přepočítávat výsledky na jednotku přepravního výkonu stejného druhu (např. tunokilometry, osobokilometry...).

V zásadě existují tři úrovně závaznosti LCC:

- Informativní údaj: Poskytovatel hodnot nemá právní odpovědnost za předložené vyčíslení LCC, jejich správnost a dodržení. Avšak zpětná vazba provozem vozidla nastane, morální odpovědnost je proto vždy. Je tedy třeba se vyvarovat nepodloženým předpokladům a veškeré prognózy LCC uvádět jen jako příklad platný za určitých, definovaných provozních podmínek.
- Garantovaný údaj: Poskytovatel LCC zaručuje jejich splnění (v nabídce do soutěže, v kupní smlouvě, v záručních podmínkách, ...). Za neplnění hrozí sankce. Proto je potřeba velmi pečlivě (nejlépe na základě zkušeností z podobných projektů) vyčíslit jednotlivé položky LCC, velmi obezřetně si všimnout rizik a odlišností jednotlivých projektů a velmi přesně definovat pracovní cyklus, ceny vstupů a další parametry výpočtu LCC.
- Dodávaná služba: Poskytovatel LCC (dodavatel vozidla) sám na své náklady zajišťuje provozuschopnost vozidla (Charter rail, Full service). Při nedodržení (překročení) předpokládaných hodnot nákladů vzniká dodavateli dlouhodobě finanční ztráta značného rozsahu.<sup>20</sup>

## **2.4. Náplň jednotlivých položek LCC**

V této kapitole bude rozebrána náplň jednotlivých položek kalkulace LCC včetně komentáře. Těmito položkami jsou:

1/ Náklady na pořízení vozidla:

---

<sup>20</sup> POHL, Jiří: *Náklady životního cyklu*, koncept přednášky ČVUT Praha

- Náklady na vlastní nákup vozidla (pořizovací cena).
- Náklady na uvedení do provozu a zaškolení personálu, pokud již nejsou obsaženy v nákladech na nákup.
- Finanční náklady (úvěr, leasing).

#### 2/ Náklady na provoz vozidla

- Náklady na preventivní údržbu.
- Náklady na korektivní údržbu.
- Pojištění.
- Náklady na palivo a provozní hmoty.
- Osobní náklady personálu.
- Náklady za použití dopravní cesty.
- Náklady za prostoj a odstavení.
- Náklady na úklid a čištění.
- Režijní a správní náklady.

#### 3/ Náklady na likvidaci

- Náklady na rozložení a likvidaci ev. mínus výnosy z prodeje jednotlivých rozložených částí.

Norma nijak neupravuje stavbu kalkulačního vzorce, proto je možné jej libovolně konstruovat a některé náklady do něj zahrnout či ne. Především záleží na účelu výpočtu. Při srovnávání dvou variantních lokomotiv pomocí LCC je třeba k výpočtu přistupovat objektivně a všude, kde je to možné, zahrnovat stejné nákladové položky.

K objektivnímu srovnání dvou či více vozidel nestačí porovnat úhrnné hodnoty nákladů jejich životního cyklu, protože:

- Doba trvání životního cyklu nemusí být stejně dlouhá (trvanlivější výrobek má paradoxně vyšší náklady životního cyklu, neboť je déle používán).
- Vykonaná práce nemusí být stejně velká (výkonnější výrobek má paradoxně vyšší náklady životního cyklu, neboť má též vyšší příkon).

Proto je lépe přepočítávat náklady životního cyklu (LCC) vozidel na jednotku přepravního výkonu, kterou může být:

- vlakový kilometr,
- sedadlo a kilometr,
- místo (k sezení i ke stání) a kilometr,
- osobový kilometr,

- přepravená osoba,
- tunový kilometr (hrubý, čistý)...<sup>21</sup>

#### 2.4.1 Náklady na pořízení

Pro potřeby této práce bude do této položky zahrnuta cena za lokomotivu a náklady na uvedení do provozu, záběh a zaškolení personálu. Nejvyšší položkou bude pochopitelně cena pořízení, její výši ovlivňuje především:

- Způsob pořízení (rozvedeno v dalším bodě).
- Velikost dodané série (úspory z rozsahu u větších sérií, příp. u souběžných sérií při kumulaci objednávek).
- Aktuální kurz měny.
- Kdo nese rizika z kurzových rozdílů - dodavatel nebo odběratel příp. někdo jiný, např. leasingová společnost (v konečném důsledku je ale vždy zaplatí odběratel).
- Legislativní podmínky pro provoz v dané zemi (určená povinná výbava, jiné technické požadavky).
- Doplnkové vybavení na přání zákazníka.
- Schválení v dané zemi (zda již je typ schválen nebo ještě není, potřeba dalšího dodatečného schválení některých zařízení) a jiné.

Je třeba zdůraznit skutečnost, že nákup lokomotivy není nákupem auta či spotřebního zboží. Jedná se o investiční celek, proto jsou při obchodech s kolejovými vozidly uplatňovány jiné obchodní přístupy, typické pro trhy organizovaných statků.

#### 2.4.2 Finanční náklady

Tyto náklady představují cenu finančního produktu, který byl použit k pořízení lokomotivy. O použitém finančním produktu a jeho nákladech rozhoduje způsob pořízení lokomotivy, ten může být realizován:

- Přímým nákupem, financovaným z vlastních zdrojů. Je vhodný pro společnosti s dostatečnou velikostí vlastního kapitálu, výhodou je vlastnictví vozidla (nevlastní jej cizí subjekt např. leasingová společnost) a neprodražení o úroky – finanční produkt není potřebný. Tento způsob je využíván většinou u velkých společnostech, které mají již část vozidel odepsánu a nákup nových financují z „chybějících“ odpisů těchto vozidel (části příjmů, které byly používány na pokrytí odpisů, když byla tato vozidla ještě odepisována). Taková vozidla však musejí být ještě dostatečně produktivní, aby byla

---

<sup>21</sup> POHL, Jiří: *Náklady životního cyklu*, koncept přednášky ČVUT Praha

schopna na nová vozidla vydělávat. Zároveň musí mít dostatečnou životnost, rovnou minimálně době odepisování nově pořízených vozidel, na které vydělávají. Z toho vyplývá, že v českých podmínkách, kde jsou vozidla dávno za koncem životnosti, je použití tohoto způsobu pořízení zásadním způsobem limitováno. I v zahraničí se však více používá níže zmíněných způsobů pořízení, využívajících finanční produkty.

- Nákupem na úvěr. Je vhodný pro společnosti s nedostatkem vlastního kapitálu, výhodou je vlastnictví vozidla, nákup se prodražuje o úroky z úvěru.
- Finančním leasingem, vozidlo je do doby splacení ve vlastnictví leasingové společnosti, po ukončení přechází do vlastnictví dopravce. Vzhledem ke způsobu fungování drážních leasingových společností – bývají objednávány početnější série vozidel - je možné dosáhnout v rámci úspor z rozsahu nižších pořizovacích cen.
- Zpětným leasingem (sale and lease back), spočívajícím v nákupu vozidla provozovatelem a jeho zpětným prodejem leasingové společnosti. Provozovatel přitom vozidlo dále provozuje; má tak lepší pozici při vyjednávání s leasingovou společností (např. o výši úroku apod.).
- Operativní leasing.

V případě nákupu na úvěr nebo v případě leasingu je nutno ve výpočtu uvažovat součinitel navýšení ceny (finančních nákladů):

$$k = \Sigma S / C$$

kde:

$\Sigma S$  ... součet splátek

C ... pořizovací cena vozidla

Pro úvěr s konstantní anuitou (splátkou):

$$k_F = \frac{T \cdot u}{1 - (1 + u)^{-T}}$$

Kde:

u ... úroková míra (% p.a.),

T ... doba splatnosti úvěru.

Vzhledem k potřebě záloh (vozidlo nemůže být k dispozici vždy, disponibilita není 100%) je třeba úvěr rozpočítávat na vozidla na produktivních výkonech i za ta vozidla, která jsou v daný okamžik neproduktivně odstavena v záloze, údržbě či opravě. Pro účely znalosti

výše splátek v jednotlivých letech (plánování cash flow) je vhodné spočítat úvěr pomocí tabulkového kalkulátoru.

### **2.4.3 Náklady na preventivní údržbu**

Železniční vozidla potřebují pro zachování provozuschopného stavu pravidelnou údržbu. Základem pro výpočet nákladů na preventivní údržbu je „Plán periodických prohlídek“. Ten stanoví:

- Periodicitu preventivních prohlídek, tedy jak často (po jakém kilometrickém proběhu) a v jaké vzájemné posloupnosti jsou prováděny jednotlivé stupně preventivních prohlídek,
- rozsah pracnosti jednotlivých stupňů periodických prohlídek,
- množství spotřebního materiálu potřebného pro jednotlivé stupně periodických prohlídek (měněné filtrační vložky, těsnění, brzdové destičky, ...),
- rozsah externích služeb potřebných pro jednotlivé stupně periodických prohlídek (laboratorní analýzy odebraných vzorků, defektoskopie, ...),
- potřebný čas na odstavení vozidla k provedení jednotlivých stupňů periodických prohlídek,
- potřebná zařízení respektive vybavení depa k provedení jednotlivých stupňů periodických prohlídek (kanál, jeřáb, ...).

Údržba se pak provádí podle tohoto stanoveného plánu. Příklad výpočtu nákladů periodických prohlídek:

- Je stanoveno celkové období (proběh), za které se náklady vyčíslují,
- za toto období se spočte četnost konání jednotlivých stupňů prohlídek,
- pomocí základních ekonomických pravidel se veškeré položky ohodnotí finančně (aby je bylo možno spolu sčítat). K tomu je potřeba znát sazbu za normohodiny (Nh) dělníků i technických pracovníků, režijní náklady, poplatky za nájem haly, způsob platby za energie a podobně.

Výsledkem jsou celkové náklady na preventivní údržbu za sledované období a v přepočtu na ujetý km. Vedlejším výstupem výpočtu je výpočet úhrnné doby nepoužitelnosti (nepohotovosti) vozidla z titulu provádění preventivní údržby – podklad k projektu spolehlivosti vozidla.



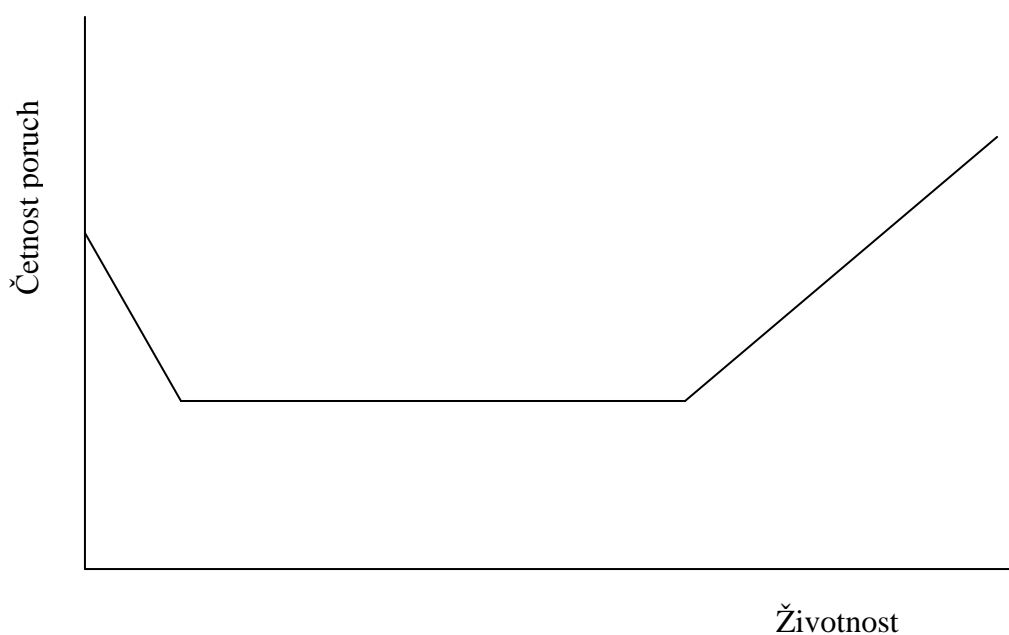
#### 2.4.4 Náklady na korektivní údržbu

Korektivní údržba (údržba k navrácení porouchaného vozidla do provozuschopného stavu) – není plánována, probíhá náhodně a tedy stochasticky. Její výskyt a rozsah lze určit na základě zkušeností z provozu obdobných vozidel, a to ze statisticky zjištěných dat o poruchách (četnost, rozsah, náklady, doba opravy, ...) jeho jednotlivých uzlů.

Směrodatnou veličinou je střední interval bezporuchového provozu jednotlivých uzlů (MDBF), respektive jeho převrácená hodnota – intenzita poruch jednotlivých uzlů:  $\lambda = 1/\text{MDBF}$ . Vedlejším výstupem výpočtu je výpočet úhrnné doby nepoužitelnosti (nepohotovosti) vozidla z titulu provádění korektivní údržby – podklad k projektu spolehlivosti vozidla.<sup>22</sup>

Četnost výskytu poruch v období životnosti vozidla vyjadřuje tzv. vanová křivka poruch. Ta obvykle nabývá tohoto tvaru:

Obrázek 5 - Grafické znázornění četnosti poruch v průběhu životnosti zařízení



**zdroj: autor**

Na počátku životnosti – první, klesající část křivky – je četnost poruch vyšší z důvodu postupného selhávání zmetkových komponentů, neodstraněných výstupní kontrolou výrobního závodu. Může být taktéž způsobeno nezkušeností pracovníků opraven s novými zařízeními. V druhé části křivky – zaběhnuté vozidlo - je výskyt závad nejnižší za celou dobu životnosti vozidla. Postupně, se zvyšujícím se opotřebením vozidla, četnost poruch stoupá. Skutečná křivka poruchovosti vozidla se může od tohoto teoretického modelu lišit.

<sup>22</sup> POHL, Jiří: *Náklady životního cyklu*, koncept přednášky ČVUT Praha

### 2.4.5 Pojištění

Další důležitou částí LCC je pojištění stroje proti neočekávaným nákladům na opravy při poškození, které může být doplněno možností proplatit nájem náhradního stroje po dobu neschopnosti kmenové, t.č. poškozené lokomotivy. Záleží na vůli dopravce, zda svá vozidla nechá pojistit. Obecně se dá říci, že dopravci s nízkým počtem strojů by svá vozidla měli mít pojištěna, protože jejich výpadek by pro ně znamenal existenční ohrožení. Velcí dopravci taková opatření dělat nemusí, obvykle disponují záložními stroji. Výše pojistky bývá navíc nastavena s ohledem na úhradu nákladů škodních událostí, administrativních nákladů pojišťovny a dosažení zisku. Proto v takových případech může cena pojistky převýšit výši náhrady případných škod.

### 2.4.6 Náklady na palivo a provozní hmoty

Spotřeba paliva je typickým variabilním nákladem. Jeho přesné určení ve výpočtech LCC je obtížné, protože budoucí spotřebu lze pouze odhadnout. Přesto má smysl náklady na palivo počítat, zvláště pro účely srovnání dvou lokomotiv, které mají jiný výkon a jejich motory jinou měrnou spotřebu.

Spotřebu lze určit podle vzorce:

$$B = \int b dt = \int P g dt = A g$$

kde:  $b$  je okamžitá spotřeba paliva v [kg]

$P$  je okamžitý výkon motoru v [W]

$A$  je trakční práce v [kWh]

$g$  je měrná spotřeba motoru v [kg/kWh]

$t$  je čas v [s]

$B$  je celková spotřeba paliva v [kg]

V železničním provozu motor nepracuje stále ve výkonu, práce na volnoběh, kdy je nižší spotřeba, tvoří velkou část provozního časového fondu pohonného agregátu (jízda ze spádu, křížování, temperování). Tyto dvě situace však uvedená rovnice nerozlišuje. Proto bývá rozepsána do tvaru součtu spotřeby paliva motoru ve volnoběhu a ve výkonu:

$$B = b_0 T + \int P g dt = b_0 T + A g$$

kde:  $b_0$  je spotřeba paliva ve volnoběhu v [kg]

$T$  je celková doba činnosti (ve volnoběhu i výkonu) v [s]

$t$  je čas v [s]

Pro účely praktických výpočtů lze vzorec upravit do podoby, zohledňující i ujetou dráhu v čase, resp. rychlost, po kterou byl stroj ve výkonu:

$$\beta = \frac{B}{L} = \frac{gPt}{L} = \frac{gP}{v^*}$$

kde:  $\beta$  je spotřeba paliva v [kg/km]

$L$  je ujetá dráha v [m]

$v^*$  je průměrná rychlost na dané trase v [km/h]

Rovnici lze upravit, aby spotřeba vycházela v litrech:

$$\beta^* = \frac{gPt}{L\sigma} = \frac{gP}{v^* \sigma}$$

kde:  $B^*$  je celková spotřeba paliva v [l/km]

$\sigma$  je měrná hmotnost paliva v [kg/l]

Měrná hmotnost motorové nafty  $\sigma$  je 0,83 kg/l. Platí tedy, že jeden litr nafty má hmotnost 0,83 kg a při jeho spálení lze získat zhruba 10 kWh energie. Z jiného pohledu: Jeden kilogram nafty má objem 1,2 litru a jeho spálením lze získat přibližně 12 kWh energie.

Pokud bude pomocí těchto vzorců určena spotřeba paliva na jeden km, lze z ní pak určit i specifickou spotřebu paliva (spotřebu na dopravní výkon 1000 hrtkm):

$$\beta_s = \frac{1000B}{mL}$$

kde:  $B_s$  je specifická spotřeba paliva v [l/1000 hrtkm]

$m$  je dopravní hmotnost vlaku v [t], tedy součet hmotností vozů a na nich loženého zboží

Specifickou spotřebu vlaku lze určit i výpočetním vztahem trakční práce<sup>23</sup>, který zohledňuje výši traťových a vozidlových odporů či jízdu ze spádu/do stoupání:

$$\beta_s = \frac{9,806 \cdot 10^6 (p + s) g}{C_t}$$

kde:  $p$  je výše působících traťových a vozidlových odporů v [N/kN]

$s$  je hodnota stoupání trati v [%], v případě klesání v záporné hodnotě

$C$  je tepelně-mechanický ekvivalent, směrná hodnota této veličiny je  $3600 \times 10^3 \text{ Nm} = 1 \text{ kWh}$

<sup>23</sup> JANSÁ, František. *Vozidla elektrické trakce*. 2. vydání, Praha: NADAS, 1985.

Výši nákladů na palivo lze získat prostým vynásobením zjištěné spotřeby a ceny za litr motorové nafty:

$$N = B * C_{nl}$$

kde: N je výše nákladů na palivo v [Kč] nebo jiné měně

$C_{nl}$  je cena za litr motorové nafty v [Kč] nebo jiné měně

Náklady na palivo tedy ovlivní jak výše spotřeby paliva, tak jeho cena. Je vhodné kupovat vozidla s co nejnižší měrnou spotřebou, výkonově dimenzovaná na daný výkon a konstruovaná s ohledem na minimalizaci vozidlových odporů (např. aerodynamického součinitele C).

Další důležitou složkou je výše spotřeby maziv (např. motorový olej, mazivo na mazání okolků) a jiných provozních hmot (písek, kapalina do ostřikovačů...). Ta bývá buď zahrnuta do nákladů na preventivní údržbu, či se vykazuje samostatně v rámci nákladů na palivo a provozní hmoty.

#### **2.4.7 Osobní náklady personálu**

Do této položky lze zahrnout především osobní náklady strojvedoucího, případně i jiného obslužného personálu. Jedná se o součet všech nákladů na zaměstnance, tedy jednak mzda a jednak všechny příplatky, zdanění mezd a personální režie.

#### **2.4.8 Náklady za použití dopravní cesty**

Každý vlak, který využívá při své jízdě železniční dopravní cestu ve vlastnictví České republiky, spravovanou státní organizací Správa železniční dopravní cesty, musí na účet této organizace zaplatit za umožnění jízdy vlaku poplatek za použití železniční dopravní cesty. Maximální ceny za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty dráhy celostátní a drah regionálních jsou v rámci státní cenové regulace každoročně stanoveny výměrem Ministerstva financí České republiky, jsou zde uvedeny rovněž další („určené“) podmínky při provozování drážní dopravy na železniční dopravní cestě. Pro tento rok platí výměr číslo 1/2009, maximální ceny jsou uvedeny v příloze D tohoto dokumentu. Ceny za použití dopravní cesty jsou zde rozděleny podle druhu vlaku (osobní, nákladní), v rámci tohoto dělení podle druhu trati, kterou vlak při své jízdě využívá. Cena je dvousložková, zahrnuje cenu za provozování dopravní cesty (řízení provozu, tedy např. sestavu jízdních řádů, řízení vlakové dopravy dispečerským aparátem a výpravčími apod.), počítanou za jeden vlakový kilometr a dále cenu za zajištění provozuschopnosti dopravní cesty (tedy poplatek za použití infrastruktury

dopravní cesty, určený k její opravě a modernizacím), počítanou za jeden tisíc hrubých tunových kilometrů. Výsledná cena je pak součtem obou těchto složek dle vzorce

$$C_m = C_1 + C_2$$

kde  $C_1$  představuje cenu za provozování dopravní cesty a  $C_2$  cenu za zajištění provozuschopnosti dopravní cesty. Dále jsou k těmto jednotlivým základním cenám stanoveny slevy, které se rovněž zahrnují do zmíněného vzorce a rozšiřují jej do podoby:

$$C_1 = S_{1E}L_E + S_{1C}L_C + S_{1R}L_R$$

$$C_2 = \frac{Q}{1000} + (S_{2E}L_E + S_{2C}L_C + S_{2R}L_R)ne$$

kde:

$C_m$  = maximální cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty dráhy celostátní nebo drah regionálních jedním vlakem pro sjednanou dopravní trasu

$C_1$  = maximální cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty dráhy celostátní nebo drah regionálních jedním vlakem pro sjednanou dopravní trasu vztahovaná k provozování dopravní cesty (řízení provozu)

$C_2$  = maximální cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty dráhy celostátní nebo drah regionálních jedním vlakem pro sjednanou dopravní trasu vztahovaná k zajištění provozuschopnosti dopravní cesty (infrastruktura dopravní cesty)

$S_1$  = cena za 1 vlkm jako podíl ceny za provozování dopravní cesty (řízení provozu) na jeden vlakový kilometr:

$S_{1E}$  - na tratích dráhy celostátní zařazených do evropského železničního systému )

$S_{1C}$  - na ostatních tratích dráhy celostátní )

$S_{1R}$  - na dráhách regionálních )

$S_2$  = cena za 1000 hrtkm pro příslušný druh vlaku daná jako podíl ceny za zajištění provozuschopnosti dopravní cesty (infrastruktura dopravní cesty) za tisíc hrubých tunových kilometrů

$S_{2E}$  - na tratích dráhy celostátní zařazených do evropského železničního systému )

$S_{2C}$  - na ostatních tratích dráhy celostátní )

$S_{2R}$  - na dráhách regionálních )

$L$  = vzdálenost jízdy vlaku v kilometrech zaokrouhlená na celé km nahoru

$L_E$  - na tratích dráhy celostátní zařazených do evropského železničního systému )

$L_C$  - na ostatních tratích dráhy celostátní )

$L_R$  - na dráhách regionálních )

$Q$  = hrubá hmotnost vlaku v tunách, zjištěná:

- Pro nákladní vlak jako součet hmotností železničních kolejových vozidel zařazených do vlaku a hmotnosti přepravovaných věcí, osob a živých zvířat v tunách zaokrouhlený na celé tuny nahoru,
- pro vlak osobní přepravy jako součet hmotností železničních kolejových vozidel a hmotnosti přepravovaných věcí a cestujících (počet míst k sezení x 0,08) v tunách zaokrouhlený na celé tuny nahoru.

$n$  = koeficient zohledňující použití vozidel s naklápěcí skříň

$e$  = koeficient zohledňující jízdy hnacích vozidel se spalovacím motorem po elektrizovaných tratích

Pro letošní rok jsou stanoveny tyto ceny za provozování dopravní cesty (C1, první tabulka) a za zajištění provozuschopnosti (C2, druhá tabulka):

**Tabulka 4 – Poplatek za použití dopravní cesty, složka provozování dopravní cesty**

Dráha	Nákladní doprava (Kč/vlkm)	Osobní doprava (Kč/vlkm)
Celostátní TEN	42,65	7,38
Celostátní	38,77	6,14
Regionální	34,89	5,20

zdroj: SŽDC, s.o.

**Tabulka 5 – Poplatek za použití dopravní cesty, složka zajištění provozuschopnosti dopravní cesty**

Dráha	Nákladní doprava (Kč/1000hrtkm)	Osobní doprava (Kč/1000hrtkm)
Celostátní TEN	56,50	42,37
Celostátní	47,09	33,67
Regionální	35,32	28,54

zdroj: SŽDC, s.o.

#### **2.4.9 Náklady za prostoj a odstavení**

V západní Evropě je trendem zpoplatnění odstavení vozidla v kolejišti. Správcové infrastruktury se tímto zpoplatněním snaží o optimální využívání rozsahu infrastruktury, resp. o minimalizaci jejího rozsahu; nemá smysl udržovat zbytečně rozsáhlá kolejiště, sloužící k odstavení vlaků, je to příliš nákladné. Vlak má jet, postávání ve stanici není produktivní činností.

V ČR takové poplatky zatím zavedeny nejsou, platí se jen za použití DC. Dopravci však nesou náklady na provoz dep a vlastních údržbových kapacit. Položku náklady na provoz depa lze rozložit na podpoložky:

- Odpisy budov a jiných movitých či nemovitých zařízení,
- odpisy strojního a jiného vybavení,
- údržba budov a zařízení,
- úroky z úvěru, jehož prostřednictvím byla výstavba depa a pořízení vybavení financována,
- náklady na energie (osvětlení, vytápění...),
- osobní náklady pracovníků,
- správní a režijní náklady (nepřímé náklady) a jiné.

Dále se do těchto nákladů dá zahrnout i energie pro temperaci chladících a vytápěcích okruhů vozidel, která bývá dodávána z distribučních stojanů 3x400 V 50 Hz.

#### **2.4.10 Náklady na úklid a čištění**

Do této položky lze zahrnout náklady na úklid stanoviště strojvedoucího a umytí skříně vozidla od nečistot.

Práce strojvedoucího je vysoce náročná na pozornost a pohotovost, měl by proto mít k dispozici (mj.) čisté pracovní prostředí. Proto je vhodné nastavit plán udržování čistoty stanoviště, které by bylo, stejně jako preventivní údržba, odstupňováno po údržbových stupních. Úklid pak může provádět jak strojvedoucí, tak přímo k tomu určená osoba. Uklízeč(ka) mívá, vzhledem ke své kvalifikaci, nižší mzdové sazby než strojvedoucí, proto má ekonomický smysl pověřit úklidem právě ji. Naopak při neproduktivních prostojích je vhodné pověřit úklidem strojvedoucího (samozřejmě s výjimkou vyšších stupňů čištění).

Umytí skříně vozidla od nečistot jednak prodlužuje životnost laku, jednak je marketingovým nástrojem – skříně vozidla lze připodobnit k obalu výrobku a ten produkt prodává. Na skříně může být umístěna reklama nebo logo, které by měli zákazníci na nádražích či v okolí trati vidět. Korporátní identita již pronikla i na železnici. Mytí skříně probíhá strojově, v myčce.

#### **2.4.11 Režijní a správní náklady**

Do této položky patří časově rozlišené prvotní a druhotné náklady, související s řízením obchodu a provozu, rozpočtované a účtované jednotlivými podřízenými pracovišti a dále s managementem a správou a centralizované náklady, které nelze stanovit přímým způsobem nebo technickým propočtem na kalkulační jednici výkonu<sup>24</sup>.

---

<sup>24</sup> EISLER, Jan; KOSINA, Ivan. *Kalkulace nákladů v dopravě*. 2. přeprac. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. ISBN 80-7194-246-4.

## **2.5. LCC a ceny**

Proces analýzy LCC komplikují některé faktory, jako je třeba inflace, dopad zdanění na výši cen, náklady obětované příležitosti nebo změny směnného kurzu. Proto je v některých případech vhodné tyto vlivy zohlednit. V případě inflace je možné ji zpracovávat ve stálých cenách, nebo si stanovit míru zvyšování cenové hladiny pro následující roky. Do smluv je vhodné začlenit inflační doložku. Velkým problémem je růst cen vstupů, zvláště uhlovodíkových paliv a maziv. Případnou realizaci investiční akce lze vyjma analýzy LCC zhodnotit metodami pro hodnocení investic, jako je diskontovaný peněžní tok, vnitřní míra návratnosti nebo analýza nákladů a přínosů.



## 3. Zhodnocení výpočtu Life Cycle Costs

### 3.1. Účel práce

Jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách, ČD Cargo se rozhodlo zmodernizovat 30 lokomotiv původních řad 750/753 resp. 754 na řadu 753.7. V rámci této kapitoly bude proveden výpočet nákladů životního cyklu jak řady 753.7, tak nových lokomotiv ER20. Posuzovaná výpočtová doba je 20 let, což zhruba odpovídá životnosti modernizovaných strojů 753.7 (životnost řady ER20 je 30+ let). Výsledky výpočtů budou porovnány a rozhodnuto o efektivnosti těchto investic, uvedeny některé postřehy a variace výsledků. Na základě poznatků z těchto výpočtů pak bude v další kapitole jako vlastní řešení nastíněna koncepce obnovy parku motorových lokomotiv.

### 3.2. Výpočet LCC a použitá metodika

Způsob a metodika výpočtu vychází především z množství informací, které se mi podařilo shromáždit. U takto „citlivých“ zakázek je jejich získávání velmi složité, přesto jsem toho názoru, že je jejich množství pro porovnávací výpočet dostatečné.

Pro každou nákladovou položku bude uvedena samostatná kapitola s uvedením základních informací o obsažených položkách. Výpočet bude proveden jak pro řadu 753.7, tak pro ER20. U první jmenované vycházím z materiálů ČD, a.s. a uvádím je v rámci této práce v jedné výpočtové variantě. U druhé jmenované mám k dispozici více informací o možných výrobních variantách, existuje více možností pořízení těchto lokomotiv a cenu značně ovlivňují výkyvy kurzu měn. Vytvořím výpočetní variantu MIN a MAX. Minimální varianta počítá s „nejlevnější“ variantou pořízení: Dostatečně velká série pro využití výhod z rozsahu (30 strojů v sérii), kurz 27 Kč/€či pořízení zpětným leasingem, kde jsou finanční společnosti ochotny v současné době poskytnout úrok až 3,75% (v práci je však pro větší realnost výpočtu kalkulováno s pěti procenty). Ve variantě MAX uvažuji dlouhodobé pořízení stroje od MRCE Dispolok, produkt „Hard maintenance“, kde pool zajišťuje údržbu stroje. V této variantě pak nejsou počítány náklady již obsažené v ceně pronájmu (údržba...). V rámci kalkulace tedy budou pro variantu pořízení strojů 753.7 a ER20 MIN kalkulovány všechny relevantní náklady, pro ER20 MAX jen cena pronájmu, obsluhy a paliva. Údaje o výši jednotlivých položek budou rozebrány i v jednotlivých kapitolách výpočtu.

V celé práci je uvažován kurz 27 Kč za jedno € (s výjimkou nákladů na pořízení, viz příslušný text). Ceny jsou uvažovány včetně spotřebních daní a bez DPH. Práce

je kalkulována v reálných cenách roku 2009 bez zohlednění případných pohybů cenových hladin v budoucnosti z důvodu jejich obtížného odhadu.

### 3.2.1 Náklady na pořízení

Pořizovací cena strojů 753.7 pro ČD Cargo, a.s. činí 34 000 000 Kč. Cena zahrnuje modernizaci lokomotivy, její schválení a zajištění záručního servisu. Na tuto sumu zní úvěr, jehož prostřednictvím si ČD Cargo, a.s. lokomotivy pořizuje. V ceně pořízení nejsou obsaženy náklady na rekonstrukci (změnu konstrukce vozidla proti schválenému stavu) uložení trakčního motoru z kluzného na valivé. Cena této rekonstrukce činí 3 460 000 Kč. V konečném součtu bude připočtena jako samostatná položka.

Pořizovací cenu lokomotiv ER20 ve variantě MIN uvažují 65 000 000 Kč. Cena zahrnuje pořízení již schválené lokomotivy a zajištění záručního servisu. Ve variantě ER20 MAX je jako položka pořízení uvažován nájem za lokomotivu ve výši 31 000 € za měsíc.

### 3.2.2 Finanční náklady

Lokomotivy 753.7 jsou pořizovány na desetiletý leasing s úrokem 5% p.a. a konstantní anuitou ve výši 4 550 000 Kč ročně. Průběh splácení je uveden v tabulce (hodnoty v Kč):

Tabulka 6 – Finanční náklady pořízení řady 753.7

Rok splácení	Částka	Úrokové navýšení	Částka po navýšení o úrok	Anuita	Navýšená částka po splacení anuity
1.	34000000	1700000	35700000	4550000	31150000
2.	31150000	1557500	32707500	4550000	28157500
3.	28157500	1407875	29565375	4550000	25015375
4.	25015375	1250769	26266144	4550000	21716144
5.	21716144	1085807	22801951	4550000	18251951
6.	18251951	912598	19164548	4550000	14614548
7.	14614548	730727	15345276	4550000	10795276
8.	10795276	539764	11335040	4550000	6785040
9.	6785040	339252	7124292	4550000	2574292
10.	2574292	128715	2703006	2703006	0
Leasingové navýšení celkem					9 653 006 Kč
Koeficient navýšení					1,28
Cena stroje vč. leasingu					43 653 006 Kč

zdroj: Centrální adresa, výpočet autor

Lokomotivy ER20 jsou ve variantě MIN pořizovány na desetiletý leasing s úrokem 5% p.a. a konstantní anuitou ve výši 9 100 000 Kč za rok. To je dvojnásobná hodnota anuity

strojů 753.7 a v dalším výpočtu LCC na ní lze názorně demonstrovat, že téměř dvojnásobně drahá lokomotiva nemá oproti levnější lokomotivě i dvojnásobné LCC. Průběh splácení je uveden v tabulce (hodnoty v Kč):

**Tabulka 7 – Finanční náklady pořízení řady ER20**

Rok splácení	Částka	Úrokové navýšení	Částka po navýšení o úrok	Anuita	Navýšená částka po splacení anuity
1.	65000000	3250000	68250000	9100000	59150000
2.	59150000	2957500	62107500	9100000	53007500
3.	53007500	2650375	55657875	9100000	46557875
4.	46557875	2327894	48885769	9100000	39785769
5.	39785769	1989288	41775057	9100000	32675057
6.	32675057	1633753	34308810	9100000	25208810
7.	25208810	1260441	26469251	9100000	17369251
8.	17369251	868463	18237713	9100000	9137713
9.	9137713	456886	9594599	9100000	494599
10.	494599	24730	519329	519329	0
Leasingové navýšení celkem					17 419 329 Kč
Koeficient navýšení					1,27
Cena stroje vč. leasingu					82 419 329 Kč

**zdroj:** Interní materiál Siemens, výpočet autor

Ve variantě ER20 MAX s úvěrem nepočítám, neboť ten již leasingová společnost zahrnuje do ceny pronájmu.

### 3.2.3 Zohlednění disponibility

Lokomotiva nemůže být ve službě neustále, určitou část svého časového provozního fondu stráví v preventivní a korektivní údržbě. Po tuto dobu musí lokomotivu nahrazovat náhradní stroj, jehož odpisy a finanční náklady pořízení je nutné zohlednit přičtením k ceně turnusových lokomotiv. Tento poměr závisí na disponibilitě typu (a ev. počtu turnusových lokomotiv). U lokomotivy ER20 uvažuji disponibilitu 93,7 % a u 753.7 80%. Znamená to, že na 10 turnusových lokomotiv 753.7 musí být 3 (resp. 2,5) zálohové, resp. na deset ER20 stačí na zálohu jedna (resp. 0,67 lokomotivy). V souhrnné tabulce tedy přičítám k ceně jedné lokomotivy 753.7 20 % pořizovací ceny a úvěru, v případě ER20 6,3 %.

### 3.2.4 Náklady na preventivní údržbu

Pro řadu 753.7 jsou stanoveny tyto stupně údržby:

**Tabulka 8 – Stupně preventivní údržby řad 755 a 753.7**

Označení	Pojmenování	Žádaný km proběh	Jednotková cena
MO	Provozní ošetření	2 500 km	15 534 Kč
MM	Malá periodická prohlídka	20 000 km	59 772 Kč
MVY	Vyvazovací oprava	300 000 km	3 855 214 Kč
MH	Hlavní oprava	900 000 km	8 058 023 Kč

**zdroj: Řada 755, interní materiál**

Jednotlivé stupně se periodicky opakují a pokud na dobu nižšího údržbového stupně připadá stupeň vyšší, tyto se dělají spolu a náklady na ně se sčítají. Za 20 let životnosti budou na lokomotivách vykonány tyto prohlídky:

**Tabulka 9 – Počet prohlídek řad 755 a 753.7 za 20 let životnosti**

Stupně:	MO	MM	MVy	MH	CELKEM
Počet	960	120	8	14	
Náklady	14 912 640 Kč	7 172 640 Kč	30 841 712 Kč	16 833 510 Kč	69 760 502 Kč

**zdroj: Řada 755, interní materiál**

Pravidelným prohlídkám je třeba podrobit i motor. Pro ten jsou stanoveny tyto údržbové intervaly:

**Tabulka 10 – Údržba motoru řad 755 a 753.7**

Údržbový stupeň	Perioda údržby	Cena materiálu	Cena práce	Cena celkem
A	1000 mth	15 333 Kč	2 008 Kč	17 341 Kč
B	2000 mth	20 642 Kč	2 885 Kč	23 527 Kč
C	3000 mth	35 526 Kč	3 253 Kč	38 778 Kč
D	4000 mth	80 553 Kč	4 225 Kč	84 778 Kč
E	6000 mth	598 253 Kč	10 255 Kč	608 508 Kč
SO	18000 mth	2 154 691 Kč	91 716 Kč	2 246 407 Kč
GO	36000 mth	4 232 915 Kč	265 522 Kč	4 498 437 Kč
Součet		7 137 911 Kč	379 864 Kč	7 517 775 Kč

**zdroj: Nabídka společnosti Catterpillar, interní materiál**

V tomto případě jednotlivé údržbové stupně (prohlídka úrovně A až E, střední oprava a generální oprava) následují za sebou a po 36 000 motorhodinách (mth), resp. po vykonané GO se cyklus opakuje - opět se začíná s prohlídkou úrovně A a postupuje se až ke GO. V praxi se údržba motoru provádí spolu s již představenými údržbovými stupni MO až MH. Pro účely výpočtu je odhadem stanoveno, že jedné motorhodině zhruba odpovídá proběh

20 km (zahrnuje i stání ve stanicích při činném motoru). Za 20 let budou činit náklady na údržbu motoru 35 556 331 Kč.

Dále je nutné podrobit revizi i další zařízení, ty jsou uvedeny v souhrnné tabulce preventivní údržby:

**Tabulka 11 – Souhrn nákladů na preventivní údržbu**

<b>Náklady na preventivní údržbu</b>	
Preventivní údržba	69 760 502 Kč
Motor	35 556 331 Kč
Kompresor	782 551 Kč
Pneu výzbroj	106 911 Kč
Kloubový hřídel	75 203 Kč
Hydr.agregát	73 564 Kč
Klima	59 543 Kč
<b>CELKEM</b>	<b>106 414 605 Kč</b>

**zdroj: Řada 755, interní materiál, výpočet autor**

K vlastní údržbě pak přibývají ještě náklady na revize, které jsou uvedeny v konečné shrnovací tabulce LCC.

Pro motorové lokomotivy ER20 jsou stanoveny tyto stupně údržby:

**Tabulka 12 - Stupně preventivní údržby řady ER20**

Údržbový stupeň	Proběh (km)	Náklady (Kč)
W2	10 000	5 580
W3	20 000	34 830
W4	100 000	530 325
W5	200 000	1 119 250
W6	600 000	4 131 000
W7	1 200 000	4 941 000
Reprofilace kol	200 000	5 850
Výměna dvojkolí a údržba podvozku	900 000	605 700
Výměna dvojkolí, údržba podvozku a revize pohonu	1 800 000	1 212 750
Malý test ZZ	0,5 roku	1 225
Velký test ZZ	1 rok	2 450

**zdroj: Údržba ER20, interní materiál**

Výrobce uvádí požadované termíny údržby „W“ v provozních hodinách, pro účely porovnání obou typů je na základě uvažovaného kilometrického proběhu proveden přepočít na kilometry. Platí, že 1 provozní hodina = 20 km proběhu lokomotivy, tedy např. stupeň W2 je vyžadován po 500 provozních hodinách = 10 000 km. Dále je posledních pět položek této tabulky nazýváno „ostatní stupně údržby“. Na rozdíl od údržby řady 753.7 obsahuje každá vyšší oprava stupnice „W“ i stupně nižší (např. W4 obsahuje i náplň stupňů W3 a W2). Při výměně dvojkolí se zároveň nemusí provádět reprofilace kol (tj. úprava jízdního obrysu na podúrovňovém soustruhu) a velký test ZZ zahrnuje náplň malého testu ZZ. Např. pro prvních 240 000 km (dva roky provozu) bude vypadat plán údržby takto:

**Tabulka 13 – Údržbový plán ER20 pro prvních 240 000 km provozu**

Proběh (km)	Stupeň	Proběh (km)	Stupeň
10 000	W2	130 000	W2
20 000	W3	140 000	W3
30 000	W2	150 000	W2
40 000	W3	160 000	W3
50 000	W2	170 000	W2
60 000	W3	180 000	W3
70 000	W2	190 000	W2
80 000	W3	200 000	W5
90 000	W2	210 000	W2
100 000	W4	220 000	W3
110 000	W2	230 000	W2
120 000	W3	240 000	W3
Poznámka: Při opravě W5 zároveň dojde k první reprofilaci kol.			

**zdroj: autor s využitím interního materiálu Údržba ER20**

Za dvacet let provozu podstoupí jeden stroj celkem 240 preventivních oprav stupňů W2 až W7 a s nimi ve stejném čase prováděné další stupně údržby. Celkové náklady na preventivní údržbu za 20 let provozu tedy shrnuje následující tabulka:

**Tabulka 14 – Souhrn nákladů životního cyklu řady ER20**

<b>Náklady na preventivní údržbu</b>	
Testy ZZ	73 500 Kč
Preventivní údržba W	38 115 180 Kč
Ostatní údržba mimo W	1 882 800 Kč
Náklady opraven	9 956 000 Kč
<b>CELKEM</b>	<b>50 027 480Kč</b>

**zdroj: výpočet autor**

Výši těchto nákladů především ovlivní nastavení mzdových tarifů (cena za normohodinu) pracovníků údržby. Jsou kalkulovány náklady na provoz opraven (odpisy budov, energie...). V případě řady 753.7 jsou tyto již zakalkulovány v cenách jednotlivých stupňů údržby.

### **3.2.5 Náklady na korektivní údržbu**

Jak již bylo napsáno v kapitole 2, náklady na korektivní údržbu jsou stanovovány odhadem na základě zkušeností s podobnými vozidly, resp. již zjištěné spolehlivosti jejich konstrukčních uzlů. V případě řady 753.7 jsou náklady na korektivní údržbu za 20 let odhadnuty na 3 966 178 Kč. V případě řady ER20 tyto náklady činí 10 602 900 Kč.

Tyto náklady jsou zde započteny jednorázově za celou dobu životnosti. Jejich skutečná hodnota se může od tohoto odhadu lišit. V čase se počet poruch vyvíjí podle tzv. vanové křivky poruch (viz kapitola 2), do odhadu jsou zahrnuty jen poruchy zaviněné technickým selháním vybavení lokomotivy, ne třeba opravy po nehodách. Ty by měly být kryty z pojištění (pokud nechá majitel svůj stroj pojistit).

### **3.2.6 Pojištění**

U varianty ER20 MIN a 753.7 se počítá s pořízením větší série, kde by výše pojistky vyšla vyšší nežli náklady případných škod. Nákladovou položku „pojistné“ proto do výpočtu nezahrnuji, přesto by dopravce měl uvažovat o zřízení fondu na opravy po násilných poškozeních. Cena pojistky pro jednu lokomotivu ER20 se pohybuje ve výši cca 350 000 Kč/rok.

Dále je možné využít k úhradě škod i povinného železničního pojištění, ev. pojistek škod při podnikání železničních dopravců, které poskytují německé banky a pojišťovny. České finanční domy se pojišťování železničních vozidel z důvodu neexistujícího trhu nevěnují, je ale možné sjednat „klasickou“ strojní pojistku U menších dopravců se výše „německého“ pojištění pohybuje ve výši okolo 4 500 €/rok, pojistka řeší jakékoli nehodové

události, vyplácí se zůstatková hodnota zařízení, ručení za škody je až do výše 10,5 mil. €. U varianty ER20 MAX je pojistka zahrnuta do ceny pronájmu.

### 3.2.7 Náklady na palivo a provozní hmoty

Při výpočtu uvažují spotřebu pohonných hmot tzv. modelového nákladního vlaku na modelové trati. Ten má hmotnost 700 t, z toho 200 t vozy a 500 t zboží. Počet vozů je 10. S lokomotivou 753.7 má tedy vlak celkovou hmotnost 775 t, s ER20 780 t, při průměrném denním proběhu 329 km tomu odpovídá dopravní výkon 254 975 hrtkm v případě vlaku s řadou 753.7, resp. 256 620 tkm v případě řady ER20. Cestovní rychlost vlaku je 60 km/h. Cenu motorové nafty uvažují 25 Kč/litr. Výpočet spotřeby paliva na dopravní výkon a spotřebu na kilometr, včetně údajů, ze kterých při výpočtu vycházím, uvádějí následující tabulky. Nejprve pro řadu 753.7:

Tabulka 15 – Výpočet spotřeby paliva lokomotivy řady 753.7

Skupina	Parametr	Hodnota	Jednotka
Lokomotiva	hmotnost lokomotivy	75	t
	ekvivalent rotačních hmot lokomotivy	8	t
	čelní plocha lokomotivy	12	m <sup>2</sup>
	činitel tvaru lokomotivy	0,80	
	účinnost pohonu	80	%
	poměrný příkon pomocných pohonů	8	%
	poměrné ztráty chodem na prázdko	8	%
	účinnost vstupních obvodů	93	%
	měrná spotřeba paliva	0,2027	kg/kWh
	měrná hmotnost paliva	0,83	kg/litr
	podíl rekuperace	0	%
	úspěšnost rekuperace	0	%
	Vozy	hmotnost loženého zboží	50
součinitel naložení		0,2	%
využitá ložná hmotnost		10,0	t
počet vozů vlaku		10	
vlastní hmotnost vozu		20	t
celková hmotnost vozu		70	t
součinitel táry		29	%
ekvivalent rotačních hmot vozu		2	t
čelní plocha vozu		3	m <sup>2</sup>
činitel tvaru vozu		0,60	
Vlak		cena motorové nafty	25
	součinitel rotujících hmot	1,04	
	součinitel valivého odporu	1,3	N/kN
	poloměr oblouku	400	m
	odpor z oblouku	1,86	N/kN
	poměrná délka oblouků	10	%
	střední odpor z oblouku	0,19	N/kN
	sklon	8	N/kN
	přírůstek odporu sklonem	2,66	N/kN



Parametr	Hodnota	Jednotka
poměrná délka sklonu	20	%
střední přírůstek odporu sklonem	0,53	N/kN
traťový odpor	0,72	N/kN
měrná hmotnost vzduchu	1,2	kg/m <sup>3</sup>
poměr efektivní a cestovní rychlosti	1,4	-
efektivní rychlost	84	km/h
efektivní plocha	28,00	m <sup>2</sup>
měrný jízdní odpor - kvadratický člen prázdný	0,00048	N/kN/(km/h) <sup>2</sup>
střední měrný jízdní odpor prázdný	4,69	N/kN
měrný jízdní odpor - kvadratický člen ložený	0,00017	N/kN/(km/h) <sup>2</sup>
střední měrný jízdní odpor ložený	2,50	N/kN
měrný jízdní odpor - kvadratický člen výsledný	0,00017	N/kN/(km/h) <sup>2</sup>
střední měrný jízdní odpor výsledný	2,50	N/kN
vzdálenost zastávek	20	km
poměr zábrzdě a cestovní rychlosti	1,4	-
zábrzdě rychlost	84	km/h
střední měrný odpor zrychlujících sil	1,44	N/kN
střední trakční odpor	4,66	N/kN
střední tažná síla	35,41	kN
střední trakční výkon na obvodu kol	590	kW
vstupní výkon	860	kW
spotřeba motorové nafty	3,50	litr/km
měrná spotřeba motorové nafty	5,00	litr/1000tkm
spotřeba nafty	1 152	litr
náklady na motorovou naftu	88	Kč/km
celkové náklady na energii	<b>28 807</b>	Kč
celkové náklady na palivo za 20 let provozu	<b>210 138 896,4</b>	Kč

zdroj: kalkulátor „Efektivnost nákladní železniční dopravy“, interní materiál

Obdobně je výpočet proveden i pro řadu ER20:

Tabulka 16 - Výpočet spotřeby paliva lokomotivy řady ER20

Skupina	Parametr	Hodnota	Jednotka
Lokomotiva	hmotnost lokomotivy	80	t
	ekvivalent rotačních hmot lokomotivy	8	t
	čelní plocha lokomotivy	12	m <sup>2</sup>
	činitel tvaru lokomotivy	0,60	
	účinnost pohonu	88	%
	poměrný příkon pomocných pohonů	8	%
	poměrné ztráty chodem na prázdnou	8	%
	účinnost vstupních obvodů	95	%
	měrná spotřeba paliva	0,195	kg/kWh
	měrná hmotnost paliva	0,83	kg/litr
	podíl rekuperace	1	%
	úspěšnost rekuperace	100	%
	Vozy	hmotnost loženého zboží	50
součinitel naložení		0,2	%
využitá ložná hmotnost		10,0	t
počet vozů vlaku		10	
vlastní hmotnost vozu		20	t

	Parametr	Hodnota	Jednotka
	celková hmotnost vozu	70	t
	součinitel táry	29	%
	ekvivalent rotačních hmot vozu	2	t
	čelní plocha vozu	3	m <sup>2</sup>
Vlak	činitel tvaru vozu	0,60	
	cena motorové nafty	25	Kč/litr
	součinitel rotujících hmot	1,04	
	součinitel valivého odporu	1,3	N/kN
	poloměr oblouku	400	m
	odpor z oblouku	1,86	N/kN
	poměrná délka oblouků	10	%
	střední odpor z oblouku	0,19	N/kN
	sklon	8	N/kN
	přírůstek odporu sklonem	2,71	N/kN
	poměrná délka sklonu	20	%
	střední přírůstek odporu sklonem	0,54	N/kN
	traťový odpor	0,73	N/kN
	měrná hmotnost vzduchu	1,2	kg/m <sup>3</sup>
	poměr efektivní a cestovní rychlosti	1,4	-
	efektivní rychlost	84	km/h
	efektivní plocha	25,60	m <sup>2</sup>
	měrný jízdní odpor - kvadratický člen prázdný	0,00043	N/kN/(km/h) <sup>2</sup>
	střední měrný jízdní odpor prázdný	4,34	N/kN
	měrný jízdní odpor - kvadratický člen ložený	0,00015	N/kN/(km/h) <sup>2</sup>
	střední měrný jízdní odpor ložený	2,39	N/kN
	měrný jízdní odpor - kvadratický člen výsledný	0,00015	N/kN/(km/h) <sup>2</sup>
	střední měrný jízdní odpor výsledný	2,39	N/kN
	vzdálenost zastávek	20	km
	poměr zábrzdě a cestovní rychlosti	1,4	-
	zábrzdě rychlost	84	
	střední měrný odpor zrychlujících sil	1,44	N/kN
	střední trakční odpor	4,56	N/kN
	střední tažná síla	34,88	kN
	střední trakční výkon na obvodu kol	581	kW
	vstupní výkon	770	kW
	spotřeba motorové nafty	3,02	litr/km
	měrná spotřeba motorové nafty	4,31	litr/1000tkm
spotřeba nafty	993	litr	
náklady na motorovou naftu	75	Kč/km	
celkové náklady na palivo za den provozu	<b>24 814</b>	Kč	
celkové náklady na palivo za 20 let provozu	<b>181 013 645,3</b>	Kč	

zdroj: kalkulátor „Efektivnost nákladní železniční dopravy“, interní materiál

V případě řady ER20 uvažují rekuperaci do výše vlastní spotřeby pro pokrytí příkonu pomocných pohonů a dobíjení lokomotivních baterií. Lokomotiva 753.7 toto neumožňuje.

Samozřejmě je problém odhad budoucího nasazení lokomotivy a tedy i parametrů modelového vlaku. Např. ČD Cargo v současnosti nasazuje svoje lokomotivy řady 753.7 na vozbu manipulačních vlaků v okolí Kralup nad Vltavou. Tyto vlaky bývají velmi krátké, mají třeba i jen jeden vůz; v tomto případě tedy je odhad spotřeby paliva nadhodnocen (nehledě

na to, že se na takové vlaky hodí spíše jiná, výkonově slabší lokomotiva). Naopak firma Railtransport nasazuje lokomotivy ER20 na dlouhých, těžkých nákladních vlacích; v tomto případě je výpočet podhodnocen. Záleží tedy na reálném budoucím nasazení lokomotiv. Parametry modelového vlaku jsou navrženy jako kompromisní mezi zmíněnými dvěma možnostmi, s přihlédnutím k parametrům tratí, na kterých by měly být lokomotivy provozovány (sklony, oblouky...). Z výpočtu však jasně vyplývá, že při vozbě stejných vlaků za stejných podmínek má řada ER20 spotřebu paliva nižší. Praktický příklad: Při vozbě kontejnerových vlaků pro společnost Metrans, a.s. (dopravce Railtransport, s.r.o) v trati Praha – München dosahuje řada ER20 spotřeby paliva cca 3100 litrů. Starší řada V100 s nižším výkonem (1100 kW) spotřebuje na stejných vlacích 4200 litrů.

Výpočet v tabulce vychází ze vzorce pro celkovou spotřebu paliva B, který je uveden v části 2.4.6 této práce, resp. navazujících vzorců.

Výrobce motoru lokomotivy řady ER20 udává spotřebu motorového oleje v maximální výši 0,975g/kWh. Cenu jednoho litru motorového oleje uvažuji 80 Kč. V případě uvažovaného modelového vlaku tak činí měrná spotřeba oleje 0,022 l/1000 hrtkm, tedy na jeden km jízdy takového vlaku 1,2 Kč. Za 20 let provozu vycházejí v tomto modelu (maximální!) náklady na olej 2 896 218 Kč. Tento údaj je opět značně závislý na charakteru provozu, ve skutečnosti budou tyto náklady zřejmě o něco nižší. Přesto tuto částku zahrnuji do kalkulace s předpokladem, že s rezervou obsáhne i náklady na jiné provozní hmoty.

Pro řadu 753.7 tyto náklady kalkuluji ve výši 2 555 712 Kč.

### **3.2.8 Osobní náklady personálu**

V této položce uvažuji osobní náklady strojvedoucích při plánovaném ročním proběhu lokomotivy 120 000 km ročně, tj. 329 km denně. Odhadovaná průměrná úseková rychlost nákladního vlaku s řadou 753.7 je 25 km/h, doba průměrného denního proběhu činí 13,15 hodiny. Tato doba je násobena sazbou osobních nákladů ve výši 350 Kč/hod. Za rok tedy činí osobní náklady na obsluhu 1 680 000 Kč, za 20 let 33 600 000 Kč. Lokomotiva ER20 umožňuje díky svému vyššímu výkonu a adhezní hmotnosti proti řadě 753.7 vyšší zrychlení a z toho plynoucí úspory jízdních dob. To se pak může pozitivně promítnout do zkrácení doby denních oběhů a tím pádem placení personálu za kratší časový fond (vlak bude v cíli dříve). Počítám tedy v tomto případě s průměrnou úsekovou rychlostí nákladního vlaku 26 km/h, doba průměrného denního proběhu činí 12,64 hodiny. Tomu odpovídají roční osobní náklady na obsluhu 1 615 385 Kč, za 20 let 32 307 692 Kč. Přestože je rychlost o pouhý jeden km/h vyšší, snížení denní doby oběhu je značné. Při ostřejších rozjezdech však

motory vykonají více trakční práce, samozřejmě s dopadem na zvýšení spotřeby pohonných hmot (zohledněno ve výpočtu spotřeby).

V reálném provozu ale více než výkony lokomotiv ovlivňují celkovou dobu jízdy nutné interakce s ostatními vlaky na síti (křížování, předjíždění...). Vzhledem k charakteru části české železniční sítě, na které jsou a budou lokomotivy převážně provozovány (jednokolejky s nutností křížování s relativně často jezdícími osobními vlaky, ve střednědobém výhledu při zachování současného, zastaralého ZZ s dlouhými staničními intervaly a bez dispečerského dálkového ovládání) pokládám tyto faktory za nejvíce omezující dosažitelné jízdni doby. V realitě se tedy může stát, že jízdni doba vlaku o stejných parametrech, jen s rozdílem použité lokomotivy (753.7 vs. ER20), bude na dané trati zcela identická.

### **3.2.9 Náklady za použití dopravní cesty**

Náklady za použití DC nejsou uvažovány. Výpočet má smysl jen pro celý vlak, ne pro samotnou lokomotivu. Na ni by šla přepočítat podle její váhy jen složka Zajištění provozuschopnosti, cena za Provozování DC by se maximálně dala přepočítat vhodnou metodikou dle počtu vozů modelového vlaku; výsledek by byl v každém případě realitě velmi vzdálený. Problém by bylo také provozování vozidla na zahraničních infrastrukturách, kde jsou ceny stanoveny jinými způsoby a v jiné výši (započtení těchto cen – která infrastruktura použita, v jakém poměru ČR vs. cizina). Ceny i způsoby výpočtu bývají stanoveny politicky a odhad jejich budoucí výše je značně komplikovaný (o čemž svědčí např. nedávné „náhlé“, neočekávané snížení cen za použití DC v ČR). Z toho důvodu se o tento výpočet ani nepokouším, pro porovnání, která lokomotiva je z hlediska LCC výhodnější, to vlastně ani není potřeba. Uvedu jen, že cena za Zajištění provozuschopnosti DC by byla nižší u lokomotiv 753.7 z důvodu jejich nižší hmotnosti (76 t vs. 80 t u ER20).

### **3.2.10 Poplatky za prostoj a odstavení**

Tyto náklady nejsou kalkulovány, protože v ČR není provozovatelem dráhy veřejné železniční sítě toto zpoplatnění provedeno. Teoreticky by šlo započítat poplatky za odstavení v depu, ale raději zjednodušeně předpokládám, že vozidlo je zde pouze po dobu své údržby (již kalkulováno v položce Údržba) a jinak jezdí, nebo je odstaveno na (nezpoplatněné) odstavné koleji. V zahraničí odstavení zpoplatněno bývá, pro účely této práce je však obtížné rozlišit budoucí nasazení lokomotivy a tedy i počet odstavení a dobu jejich trvání. Výsledek výpočtu by byl v každém případě realitě velmi vzdálený.

### **3.2.11 Poplatky za úklid a čištění**

Předpokládám mytí ve strojní myčce při každém přistavení do údržby (po 10 000 km). Cena jednoho mytí je 2800 Kč, počet mytí za 20 let životnosti 240, celkové náklady na mytí 672 000 Kč.

### **3.2.12 Režijní a správní náklady**

V rámci správních nákladů jsou v případě řady ER20 kalkulovány náklady na provoz opraven (odpisy budov, energie...), 753.7 jsou již v ceně stupňů údržby. Režijní náklady nejsou pro účely porovnání LCC obou typů důležité a proto nejsou kalkulovány. Opět, jejich stanovení by bylo když ne nemožné, tak alespoň velmi obtížné a výsledek reality velmi vzdálený.

### **3.2.13 Náklady na likvidaci**

Náklady na likvidaci po ukončení životnosti vozidla jsou u řady 753.7 odhadnuty na 420 700 Kč, u řady ER20 na 436 600 Kč.

### **3.2.14 Zohlednění zbytkové životnosti**

V případě ER20 po dvaceti letech nedochází k ukončení životnosti, lokomotiva může ještě minimálně 10 let sloužit. Tato skutečnost je zohledněna odečtením zůstatkové hodnoty lokomotivy, která je rovna třetině její pořizovací ceny (uplynutí třetiny účetní odpisové doby 30 let), tedy 21 666 666 Kč. Tato částka je do kalkulace započítána zvlášť odečtením od LCC.

### 3.2.15 Shrnutí výpočtu LCC

Shrnutí výpočtů celkových LCC za dvacet let životnosti vozidla shrnuje tabulka:

Tabulka 17 – Souhrn nákladů životního cyklu

Název	753.7	ER20 MIN	ER20 MAX
Požizovací cena lokomotivy	34 000 000 Kč	65 000 000 Kč	
Suma úroků z úvěru	9 781 901 Kč	15 570 691 Kč	
Cena pořízení (cena loko+úvěr)	43 781 901 Kč	80 570 691 Kč	
Zohlednění disponibility	8 756 380 Kč	5 075 954 Kč	
Cena za lokomotivu celkem	52 538 281 Kč	85 646 644 Kč	200 880 000 Kč
Reko po výrobě, uložení TM	3 460 000 Kč		
Náklady na strojevedoucího	33 600 000 Kč	32 307 692 Kč	32 307 692 Kč
Údržba preventivní	106 414 605 Kč	50 027 480 Kč	
Údržba korektivní	3 966 178 Kč	10 602 900 Kč	
Palivo	210 138 896 Kč	181 013 645 Kč	181 013 645 Kč
Ostatní provozní hmoty	2 555 712 Kč	2 896 218 Kč	2 896 218 Kč
Revize elektrika	11 150 Kč		
Revize českého ZZ	11 160 Kč	11 160 Kč	
Revize tlakových nádob	45 900 Kč		
Provozní revize tlakových nádob	39 600 Kč		
Likvidace	420 700 Kč	436 600 Kč	
Mytí	672 000 Kč	672 000 Kč	
<b>CELKEM</b>	<b>413 874 183 Kč</b>	<b>363 614 340 Kč</b>	<b>417 097 556 Kč</b>
Zohlednění zbytkové životnosti	0 Kč	21 666 666 Kč	21 666 666 Kč
<b>CELKEM vč. zbytkové životnosti</b>	<b>413 874 183 Kč</b>	<b>341 947 674 Kč</b>	<b>395 430 890 Kč</b>

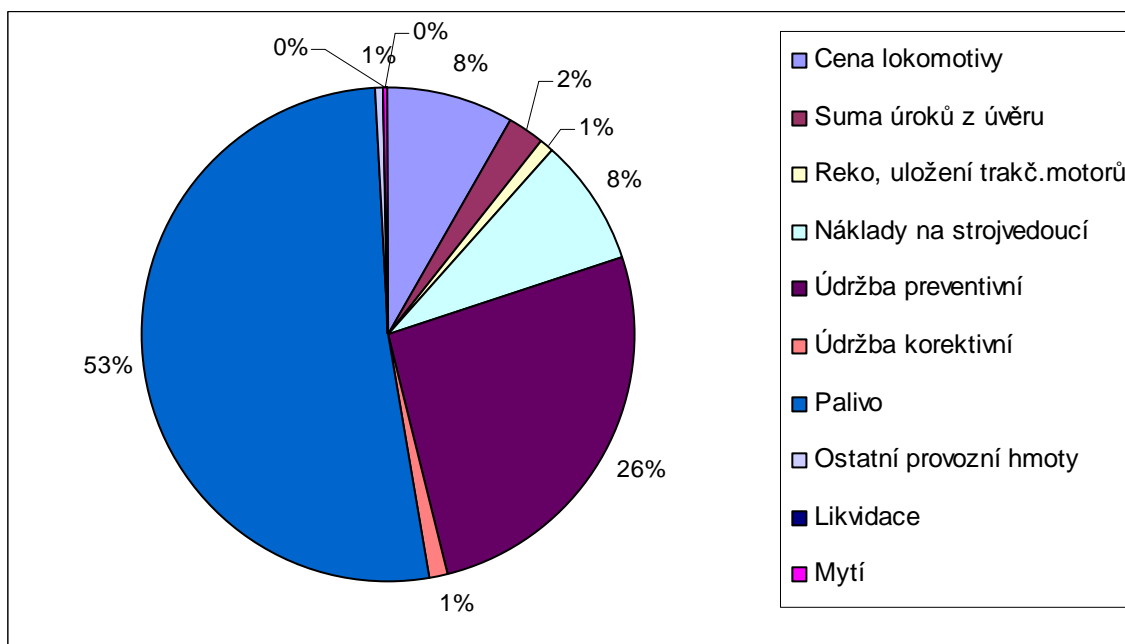
zdroj: výpočet autor

Z výpočtu je patrné, že nejnižší náklady na životní cyklus dvaceti let má řada ER20, pokud bude pořízena za podmínek stanovených ve variantě MIN. Řada 753.7 za podmínek a s cenou ze zakázky pro ČD Cargo následuje až jako druhá a ER20 ve variantě MAX (nájem od Dispoloku) se umístila jako poslední. Takový výsledek může být překvapivý, ale ve skutečnosti jde jen o potvrzení skutečnosti, že moderní stroje s vyššími pořizovacími cenami mají nižší provozní náklady, což sráží celkové náklady směrem dolů. Rozhodně tedy nelze uvažovat, že při koupi moderního stroje zůstanou všechny nákladové položky v původní úrovni a k tomu se navýší o odpisy.

### 3.3. Analýza LCC

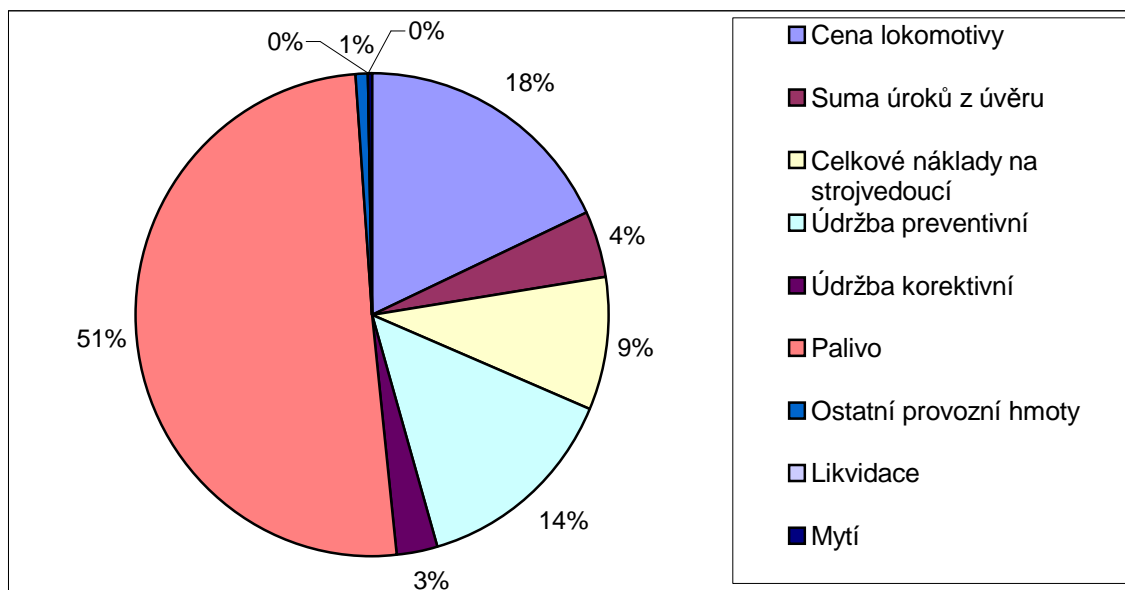
Rozdělení celkových nákladů na jednotlivé položky kalkulačního vzorce pro obě řady uvádí následující grafy. U varianty ER20 MAX tento graf neuvádím, protože se všechny položky „schovávají“ pod nájemné pronajímateli. Procentuální analýza vychází z celkových nákladů před zohledněním zbytkové životnosti vozidel:

Obrázek 6 – Rozbor jednotlivých položek LCC pro řadu 753.7



zdroj: výpočet autor

Obrázek 7 – Rozbor jednotlivých položek LCC pro řadu ER20, varianta MIN



zdroj: výpočet autor

Náklady je vhodné rozpočítat na vhodnou poměrovou jednotku, např. kilometr:

Tabulka 18 – Rozpočet LCC na kilometr

Položka/varianta	753.7	ER20 MIN	ER20 MAX
Celkové náklady na km	169 Kč	149 Kč	174 Kč
Náklady na lokomotivu na km	18 Kč	34 Kč	84 Kč
Náklady na údržbu na km	46 Kč	25 Kč	

zdroj: výpočet autor

Náklady na lokomotivu se v tomto případě rozumí cena pořízení plus finanční náklady.

### 3.3.1 Cash flow

Důležité je pro dopravce cash flow. Celkem musí vydat majitel strojů ER20 ve variantě MIN za první dva roky 23 210 975 Kč. V případě řady 753.7 za dva roky musí zaplatit provozovatel 11 981 459 Kč. Nižší výdaje za modernizovanou lokomotivu jsou způsobeny splácením menšího úvěru. Nižší náklady na údržbu moderní lokomotivy bohužel nedokáží vyvážit vysoké splátky úvěru. Pořízení modernizované lokomotivy tak volí především dopravci, kteří nedisponují dostatečnými příjmy k uhrazení moderní lokomotivy. Ještě závažnějším důvodem je pro ně ale nejistá budoucnost; z úvěru, z nějž půjčí na nižší částku, eventuálně na kratší dobu splácení se lze snadněji vyvázat. Takto vypadá situace v prvních letech, kdy dochází ke splácení úvěru.

Po splacení úvěru se situace obrátí: levnější je provoz moderní lokomotivy s nižšími provozními náklady. Životnost nového stroje je přitom vyšší, než u strojů modernizovaných (30+ vs. 20 let), takže dopravce může z této výhody těžit déle. Z tržeb z provozu odepsané, ale plně provozuschopné lokomotivy přitom může uhrazovat odpisy za nově pořízenou, moderní lokomotivu.

V případě ER20 je navíc možné optimalizovat parametry finančního produktu prostřednictvím prodloužení doby jeho splácení. Majitel lokomotivy tak sice v absolutním vyjádření zaplatí více, výše splátek se ale snižuje. Lokomotiva tak může být pro mnoho dopravců dostupnější. V případě úvěrů s dobou splácení nad cca 10 let ale nelze počítat s fixací výše úvěru na celou dobu jeho trvání, úroková míra by v takovém případě byla nastavena jen na určité omezené období. V dalším období splácení by byla dodatkem ke smlouvě stanovena sazba jiná. V případě řady 753.7 je delší splácení, vzhledem ke kratší životnosti, nereálné.

### 3.3.2 Srovnání LCC obou typů

Řada ER20 nabízí svému provozovateli tyto ekonomické výhody:

- **Velmi nízké náklady na údržbu**, oproti řadě 753.7 jsou náklady na preventivní údržbu o více než 50 % (!) nižší, provozovatel za ni zaplatí za dvacet let životnosti stroje o cca 56 milionů Kč méně.
- **Nízkou spotřebu paliva** oproti starším lokomotivám z produkce ČKD, LEW či jiného výrobce. Ve srovnání s modernizovanou řadou 753.7 je měrná spotřeba paliva o cca 5% nižší. V modelovém případě zaplatí provozovatel za dvacet let životnosti stroje za pohonné hmoty o přibližně 30 milionů korun, tj. necelých 14% méně (při



konstantních cenách uhlovodíkových paliv – trendem ale bude spíše jejich růst) – způsobeno lepším konstrukčním řešením stroje (aerodynamika, vyšší účinnost).

- **Vyšší proběhy mezi opravami** s možností operativnějšího využití stroje i optimalizace opravárenských kapacit.
- **Vyšší dostupibilita.**
- **Možnost odstavovat lokomotivu mimo vytápěné haly** s možností tyto opustit.
- **Nižší doba jízdy s možností zkrátit čas přepravy (uhrazování odpisů!)** díky vyššímu výkonu s možností ostřejších rozjezdů.
- **Interoperabilita**, zde ve významu použití vozidla ve více zemích bez nutnosti přepřahů na hranicích přináší operativnější a vyšší využití vozidla.
- **Vyšší norma zátěže, nebo zkrácení doby přepravy** při zachování stávajících hmotností vlaků.
- **Jednodušší logistika a snazší dostupnost náhradních dílů** díky použití standardizovaných konstrukčních uzlů, které jsou stále vyráběny.
- **Delší životnost** oproti modernizovaným nebo starším lokomotivám. Lokomotiva má vyšší zůstatkovou hodnotu.

Na straně řady 753.7 stojí v podstatě jen jediná výhoda:

- **Výrazně nižší cena** proti řadě ER20, což činí lokomotivu dostupnější pro mnohé české dopravce.

Celkově se dá řada ER20 zhodnotit jako progresivnější a dopravci, kteří chtějí provozovat mezinárodní dopravu směrem do SRN a Rakouska, představuje ER20 v současnosti jediný typ lokomotivy, který může v těchto směrech operovat. Pro mnohé české dopravce však stále představuje 753.7 a obdobné lokomotivy, vzhledem ke své ceně (a bohužel i jisté setrvačnosti v myšlení) obvyklou cestu, jak přijít k vhodným strojům.

## 4. Návrh koncepce obnovy parku motorových lokomotiv

### 4.1. *Podoba vypracování*

V této části práce budou uvedeny některé skutečnosti, vyplývající z analýzy LCC, provedené v předchozí kapitole. Jedná se o aplikaci těchto poznatků do praxe, s cílem dosáhnout vylepšení (změny) dnešního stavu.

Koncepce obnovy parku motorových lokomotiv je zde sledována primárně z pohledu dopravce, nikoli výrobce, z pohledu sice ekonomicko-technického, ale ne konstrukčního. Konstrukci lokomotiv se věnuje na DFJP Katedra dopravních prostředků, ne Katedra dopravního managementu, marketingu a logistiky a tato práce tuto skutečnost respektuje.

Kapitola se věnuje obnově vozidlového parku motorových lokomotiv obecně, v celém odvětví, ne jen u jednoho dopravce. Je řešena v kontextu obnovy parku vozidel v celém odvětví. Jen v oblasti provozu manipulačních vlaků je zaměřena na společnost ČD Cargo, a.s., jako většinového provozovatele vlaků tohoto druhu. Vzhledem k nevyjasněné koncepci v oblasti objednávky osobní dopravy zároveň neprovádím návrhy na obnovu parku motorových lokomotiv v osobní dopravě.

### 4.2. *Obecné předpoklady*

Při obnově vozidlového parku je dobré dodržovat následující podmínky či postupy:

- Před vlastním nákupem strojů stanovit několik možných variant nákupu lokomotiv (modernizace, nové stroje) a provést u nich analýzu LCC. To provést jak u jednotlivých variant, tak při návrhu vybavení jednotlivých strojů (pro zodpovězení otázky, zda se vyplatí pořídit některá přídatná zařízení či nikoli).
- Provádět případové studie na téma zajištění trakce pro jednotlivé přepravy, které dopravce provozuje. Tyto studie umožní zvolit vhodný typ vozidla a optimalizovat jejich počet. Příklad této studie je uveden v této kapitole.
- Nenakupovat vozidla na základě politických vlivů. České silniční dopravce nezajímá, zda při nákupu vozidel ze zahraničí přijde o zakázky továrna na automobily např. v Kopřivnici či Vysokém Mýtě. Důležité je, aby výrobci vyráběli moderní vozidla, vyhovující požadavkům uživatelů, a ne aby dopravce musel nakupovat vozidla, která vyrábí preferovaný domácí výrobce a která třeba vůbec nevyhovují jeho požadavkům. Taková preference je na škodu i „vyvolenému“ výrobcu, protože způsobuje jeho zaostávání za vývojem.

- Dbát na soulad s moderními trendy, uvedenými v první kapitole této práce. Železniční vozidlo má životnost zhruba třikrát převyšující životnost soudobého moderního automobilu, a tak v okamžiku výroby by mělo být na úrovni doby, aby za třicet let bylo ještě konkurenceschopné.

### **4.3. Případová studie: Přeprava vápence Nučice - Kadaň**

Pro potřeby odsíření uhelných elektráren Tušimice a Prunéřov nedaleko Chomutova je přepravován vápenec z lomů u Mořiny. Vápenec je nakládán v areálu Lomů Mořina, a.s. (u Karlštejna) a odtud je přepravován vlastními náležitostmi po vlečce (bývalá trať Kladensko-Nučické dráhy) do stanice sítě SŽDC Nučice. Zde je vlak předán dopravci, který jej přepraví po veřejné síti do předávací stanice vlečky společnosti SD-KD (Severočeské doly – Kolejová doprava, a.s.) Březno u Chomutova či Kadaň. Zde vlak přebírá tato společnost a veze jej v koncovém úseku do elektráren, kde také zajistí jeho vykládku a přistavení do předávací stanice pro cestu zpět.

#### **4.3.1 Traťové parametry**

V úseku Nučice – Rudná u Prahy (trať 520 SŽDC, linka 173 ČD) je rozhodný spád / třída sklonu trati 0/VIII<sup>25</sup>, max. délka nákladní soupravy 330 m; v žst. Rudná u Prahy se směrem na Hostivici musí jet úvratí. V úseku Rudná u Prahy – Hostivice (trať 520 SŽDC, linka 122 ČD) je rozhodný spád / třída sklonu trati 19/IX<sup>26</sup>, max. délka nákladní soupravy 340 m; v žst. Hostivice je směrem na Kladno a Březno u Chomutova nutné jet úvratí. V úseku Hostivice – Březno u Chomutova (tratě 528 a 531 SŽDC, linky 120 a 124 ČD) je rozhodný spád / třída sklonu trati 10/VII<sup>27</sup>, max. délka nákladní soupravy 450 m; v žst. Hostivice se směrem na Kladno a Březno u Chomutova musí jet úvratí. Rozhodující třída traťového zatížení je C2, elektrizace se nachází v úseku Žatec – Březno, nejvyšší traťová rychlost 80 km/h s řadou místních omezení.

#### **4.3.2 Technologie dopravy**

V období mimo topnou sezónu (přibližně od dubna do října) je od pondělí do soboty veden jeden vlak, skládající se ze dvou částí, každá o 16 vozech, celkem 32 vozů. Jedna část je tvořena vozy typu Faccs, druhá Falls s podvozky 26.2-8. V období topné sezóny přibývá k tomuto ještě posilový vlak (třetí část) o šestnácti vozech. Tato část není v následujícím rozboru uvažována. Majitelem vozů jsou společnosti Transportservis, s.r.o. Beroun, Diamo,

<sup>25</sup> Tabulky traťových poměrů (TTP), interní materiál SŽDC, s.o.

<sup>26</sup> Tabulky traťových poměrů (TTP), interní materiál SŽDC, s.o.

<sup>27</sup> Tabulky traťových poměrů (TTP), interní materiál SŽDC, s.o.

s.p. Stráž pod Ralskem a ČD Cargo, a.s. Dopravcem vlaků je ČD Cargo, a.s., které je i poskytovatelem trakce. Nasazeny jsou zde lokomotivy z depa Kralupy nad Vltavou. Dříve byly na tyto výkony nasazovány výhradně lokomotivy řady 751, od roku 2005 i lokomotivy řady 755 a nově od letošního roku také 753.7. Vlak je nejprve v Nučicích rozdělen na dvě poloviny, které jsou postupně dvěma lokomotivami, spojenými ve vícečlenné řízení, odvezeny do Hostivice. Hmotnost jedné části vlaku vč. lokomotiv je cca 1250 tun. Odtud je spojený vlak o celkové hmotnosti přibližně 2500 t odvezen do Kladna, kde je připojen postrk (celkem 2550 t). Takto vlak jede do Milostína, kde je postrk odvěšen a jede jako nezavěšený do traťového km 73,5, zde končí svou činnost a vrací se zpět do Kladna. Souprava dále pokračuje do Března. Vyrovňávkový vlak jede v celé trase se dvěma lokomotivami, opět s púlením soupravy v Hostivici.

Norma zátěže pro dvojici lokomotiv řady 753.7 v rozhodujícím úseku trati Hostivice – Březno při jízdním odporu T4 je 1700 t a pro postrkovou samostatnou 753.7 850 t (spolu 2550 t). V trati Nučice – Hostivice je rozhodující normativ 1250 tun pro dvojici lokomotiv řady 753.7 (hmotnost jedné části vlaku), navíc nelze celý vlak přepravit kvůli omezení maximální délky vlaku.

### **4.3.3 Přínos ER20**

Alternativně je možné uvažovat o nasazení lokomotiv řady ER20 na tento vlak. Podle zátěžových tabulek a parametrů trati jej bude možné táhnout jen dvěma lokomotivami, opět s dělením vlaku na dvě poloviny v Hostivici. V nejvíce omezujících úsecích Rudná u Prahy – Hostivice a Nové Strašecí – km 51,3 (směrem na žst. Řevničov), resp. Milostín – km 71,5 (směrem na Hl. Deštnice) to znamená rychlostní omezení v prvním případě na 60 km/h, v druhém na 32 km/h. To ovšem nevadí, neboť rozsah osobní i nákladní dopravy v prvním úseku je veskrze symbolický a v druhém i třetím případě je kapacita dostatečná, nehledě na to, že vlak s 3x753.7 zde nepojede o mnoho rychleji. Vlak s dříve nasazovanou trojicí lokomotiv řady 751 by jel naopak ještě znatelně pomaleji.

K použití řady ER20 se váží úspory v těchto nákladech:

- Je možné použít jen dvě lokomotivy ER20 namísto třech starších. Třetí se může použít jinde, nebo se vůbec nepořídí a dopravce ušetří. Úspora se rovná ceně jedné lokomotivy, tedy od cca 65 mil. Kč výše. Taktéž odpadají náklady na její údržbu.
- Odpadají náklady na třetího strojvedoucího v postrkové lokomotivě.
- Taktéž odpadají náklady za DC při návratu postrku.

Jak vidno, v daném případě má jednoznačně smysl pořídit moderní silnou lokomotivu místo doslova za každou cenu modernizovat staré nevyhovující stroje. Dále je možné vymyslet i další zlepšení, např. odvézt vlak v celém úseku z Hostivice přes Nučice a po vlečce až do areálu Lomů Mořina, a.s. a nahradit tak dvojici starších posunovacích lokomotiv řady 740, které tato firma používá k přistavování souprav k předávce ČD Cargo, a.s. Této podnikatelské příležitosti se může chopit i flexibilní soukromý dopravce, míst pro provozní ošetření lokomotiv se najde po trase dost, namátkou v koncových bodech přepravy (areál v Mořině, depo SD-KD v Prunéřově) či po trase (např. OKD Doprava, a.s středisko Vlečkový provoz Kladno).

#### **4.3.4 Zhodnocení případové studie**

Možnost ušetřit minimálně 65 milionů korun jen pořízením vhodnějšího typu lokomotivy, přitom univerzálně využitelného, je velmi dobrým příkladem dobré úspory. Pokud by si např. ČD Cargo udělalo takovou studii při nákupu svých strojů řady 753.7, tak mohlo místo 30 strojů koupit 29. Přepravy, kde by se dala ušetřit díky vyššímu výkonu další lokomotiva, by se jistě daly najít i další, např. vlaky s kerosinem na letišti v Ruzyni. Teoreticky lze uvažovat, že by šlo díky vyšší tažné síle ER20 (180 kN) proti 753.7 (120 kN) pořídit v sérii při zachování trakčních schopností celého parku (180 vs. 120 kN) až o jednu třetinu lokomotiv méně. V případě zakázky ČD tak mohlo být v ideálním případě pořízeno jen 20 strojů, samozřejmě s nižšími pořizovacími náklady i LCC celé série.

#### **4.4. *Obnova celého vozidlového parku***

Obnovu parku motorových lokomotiv pochopitelně nelze vyjmout z kontextu obnovy celého parku vozidel. Vzhledem k rozsahu elektrizované sítě v ČR by dopravci měli preferovat pořizování elektrických lokomotiv, ti zavedení by měli nahrazovat na svých výkonech, realizovaných celou cestu na elektrizované síti, své starší elektrické lokomotivy (případ ČD Cargo) či dieselelektrické lokomotivy (alternativní dopravci) za moderní výkonné interoperabilní stroje. Problém nastává ve dvou případech – pokud není celá trasa přepravy elektrizována či není na celé trase zajištěna dostatečná interoperabilita pro možnost provozu elektrických lokomotiv.

V prvním případě volí dopravci logické řešení, spočívající v nasazení lokomotivy nezávislé trakce na celou trasu přepravy, přestože může neelektrizovaný úsek tvořit jen jednotky procent z celé délky přepravy. Bývá to levnější řešení, než „držet“ posunovače v přeprahacích stanicích, nebo mít dva stroje se dvěma strojvůdci, příp. se nelze spoléhat na dodržení času příjezdu do přeprahací stanice, kde výměnu lokomotiv provedou oba

strojvedoucí. Vzhledem k tomu, že ve středně- a dlouhodobém hledisku je třeba brát současný rozsah elektrizace (3060 km z celkové délky sítě 9487 km)<sup>28</sup> za v podstatě neměnný, je nutné brát tento nákladově úsporný postup dopravců za správný, přestože nedochází k využití na trase vybudovaných trakčních zařízení infrastruktury. Samozřejmě je třeba přesvědčit správce infrastruktury či řídicí politický orgán (v případě ČR Ministerstvo dopravy) k vybudování elektrizace ve směrech silných přepravních proudů, nelze se však domnívat, že se pro tyto investice vždy nalezne dostatek finančních prostředků, nehledě na to, že takto nelze pokrýt z důvodu neefektivity všechny relace.

V druhém případě (nedostatečná interoperabilita) je ovšem situace zcela jiná. V podmínkách ČR se přitom jedná o velice aktuální problém, protože kvůli problémům s proudovou kompatibilitou kolejových obvodů (KO) a moderních třífázových pohonů elektrických lokomotiv je značná část elektrizované sítě pro tyto lokomotivy nesjízdná, čímž ovšem dochází k zásadnímu popření myšlenky interoperability v „evropské“ dimenzi. Např. v tranzitu severozápad – jih/jihozápad existuje překážka v podobě nesjízdného úseku Děčín Východ – Ústí nad Labem Střekov – Hoštka a uzlů Nymburk a Kutná Hora. Celá situace je navíc komplikována přístupem SŽDC, která se staví odmítavě k zpracování analýz kompatibility ve vlastní režii, takže vlastně ani není znám rozsah sjízdné sítě (zpracovány jsou analýzy pro typy ES64U4 a ES64F4, a to jen pro 1. a 2. koridor a objízdné trasy). V tomto případě je třeba přistoupit k urychlené úpravě KO na elektrizovaných tratích s cílem zvýšení jejich odolnosti proti cizím vlivům. Důsledkem těchto omezení se může stát rozšíření rozsahu nezávislé vozby i na elektrizované tratě, s těmito důsledky:

- Nevyužití trakčních zařízení infrastruktury, vybudovaných z veřejných prostředků,
- ohrožení ekonomiky přeprav s dopadem na možný další pokles objemu po železnici přepravovaného zboží,
- vyšší ekologická náročnost dieselové vozby proti elektrické,
- větší orientace dopravců na pořizování lokomotiv nezávislé trakce.

Poslední bod je důležitý pro tuto práci. Neinteroperabilní síť znamená vyšší počet pořizovaných strojů nezávislé trakce. Dopravci by se orientovali především na pořizování lokomotiv nezávislé trakce nejvyšší výkonové třídy, jako je např. již zmíněná Voith Maxima.

---

*Statistická ročenka ČD 2007*[online]. Praha:ČD, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2009-05-05]. Dostupný na WWW: <[http://www.ceskedrahy.cz/assets/skupina-cd/fakta-a-cisla/statisticka-rocenka/cd\\_rocenka\\_\\_2007.pdf](http://www.ceskedrahy.cz/assets/skupina-cd/fakta-a-cisla/statisticka-rocenka/cd_rocenka__2007.pdf)>

V případě modernizace KO bude (potenciální) zájem o lokomotivy nezávislé trakce nižší, v elektrické trakci se již dnes realizuje cca 90% nákladní dopravy. Charakter železničního provozu se přitom stále mění: Rozhodně nelze počítat, že obnova bude probíhat stylem jedné nové nakoupené lokomotivy za jednu starou vyřazenou. V osobní dopravě se dopravci budou místo lokomotivou tažených vlaků orientovat na jednotky, v nákladní dopravě zapůsobí efekt rušení staničních záloh a útlumu provozu manipulačních vlaků.

#### **4.5. Cíle, aspekty a souvislosti obnovy vozidlového parku motorových lokomotiv**

V této práci již mnohokrát zaznělo, že cílem zavádění nových technologií (nejen) v oblasti vozby by měla být optimalizace nákladů. Moderní technologie nabízejí širokou škálu nástrojů, kterak tohoto cíle dosáhnout. V rámci této kapitoly budou uvedeny některé takové technologie i s návrhem jejich implementace do praxe. Stěžejní myšlenkou je, že v případě obnovy parku se pořizují nejen stroje, ale musí dojít ke změnám v celé oblasti lokomotivního hospodářství.

##### **4.5.1 Změny pracovišť údržby a úspory z jejich optimalizace**

Delší intervaly mezi údržbovými stupni u moderních lokomotiv přímo vybízejí ke snížení počtu pracovišť údržby; v opačném případě by zůstala kapacita mnoha dep využitá jen z části. Pokud budu uvažovat odpisy a údržbu za m<sup>2</sup> plochy depa 75 Kč za měsíc, tak při ploše depa 20 000 m<sup>2</sup> vychází náklady na 1 500 000 Kč plus energie v odhadované výši 1 200 000 Kč, celkem 2 700 000 Kč měsíčně. Už tato čísla, navíc ještě bez osobních nákladů personálu, správní a personální režie, jsou dostatečným argumentem pro optimalizaci.

Optimalizace je úkol pro technology dopravy: Za pomoci znalosti statistik přepravních proudů vypočítat pomocí metod operačního výzkumu rozmístění dep na síti. Existující depa ležící v blízkosti vypočítaných optimálních poloh následně modernizovat. Depo pro údržbu moderních dielelektrických lokomotiv by mělo být vybaveno alespoň výfukovým odsávacím zařízením, pohyblivými zvedáky, jeřáby (demontáž motoru), hříží, montážní jámou, podúrovňovým soustruhem a myčkou s odlučovačem olejů. Mnohá depa českých dopravců takto vybavena nejsou. To je další důvod pro jejich zrušení a nahrazení několika dostatečně vybavenými pracovišti.

##### **4.5.2 Odstavování lokomotiv**

Starší lokomotivy bylo nutné odstavovat v období mrazů do vytápěných hal, jinak by došlo ke zamrznutí a popraskání vodního okruhu chlazení. Odstavením mimo haly lze ušetřit

prostředky na jejich provoz, k tomu je ale nutné vozidla i infrastrukturu přizpůsobit. Nové lokomotivy jsou vybaveny dobře těsnícími chladícími okruhy, ve kterých je užita nemrznoucí chladící kapalina. I přes to je vhodné lokomotivu dále vybavit temperováním chladícího okruhu (studené starty příliš namáhají motor), napájením z vnější sítě 400 V (a na straně infrastruktury vybudovat napájecí zásuvky) a vybavit vozidlo zařízením pro automatickou diagnostiku při odstavení s rádiovým spojením do centrály (tzv. Telerail, v případě potíží – např. technická závada, vloupání – si vozidlo samo přivolá pomoc). V případě napájecích zásuvek 380 V se dají očekávat administrativní problémy s určením vlastnictví majetku infrastruktury jakožto následek „transformačního“ zákona 77/2002 Sb. Je na místě umožnit i jednotlivým dopravcům možnost vybudovat na pozemcích správce infrastruktury na vlastní náklady tyto zásuvky i jen pro vlastní potřebu.

#### **4.5.3 Řízení povelovou radiostanicí (RC řízení)**

Velmi užitečné je vybavit lokomotivy pro Mn vlaky a posunovací službu povelovou radiostanicí, kterou strojvedoucí ovládá lokomotivu při posunu z druhého konce vlaku (tj, na tom konci, kde není lokomotiva, ta přitom soupravu tlačí před sebou). Zařízení umožňuje ušetřit na Mn vlacích posunovače, vlak obsluhuje pouze strojvedoucí.

#### **4.5.4 Tankovací stanice**

V SRN je běžné, že DB poskytuje volný přístup (za úplatu) do svých dep, spravovaných skupinou šesti dceřinných společností DB Services (DB Services Nord, West, Südwest, Nordost, Südost, Süd; společnosti patří do Geschäftsfeld DB Dienstleistungen), kde poskytuje i možnost doplnění paliva. Za tím účelem je každému zájemci poskytnuta čipová karta, která opravňuje k výdeji pohonných hmot z tankovacího stojanu, vyúčtování pak přijde dopravci fakturou. I takové služby patří k fungujícímu železničnímu trhu. V ČR taková možnost neexistuje, ČD/ČDC si dokonce nechaly převést depa do svého vlastnictví v podobě vleček, aby do nich zabránily přístup konkurenci. Soukromí dopravci tak řeší doplňování paliva objednáváním cisteren na předem domluvená místa (problém koordinace, možných úkapů při stáčení, prodražení). Jistě je tento způsob obrany proti konkurenci legislativně možný, ale funkční trh železniční dopravy tím nevybudujeme, natož aby mohla s takovými podmínkami železnice úspěšně konkurovat jiným druhům dopravy.

### **4.6. *Obnova vozidlového parku motorových lokomotiv***

Uvažování o obnově bude rozděleno podle jednotlivých výkonových tříd lokomotiv.



#### 4.6.1 Lokomotivy malých výkonů

V tomto případě se jedná o dvounápravové stroje s výkonem do cca 400 kW, určených pro posun v depech, seřaďovacích stanicích či lehkou traťovou službu na Mn vlacích. U ČD/ČDC jsou zastoupeny lokomotivami řad 700 – 704, 708, 709 a 799. Poslední čtyři jmenované typy byly vyráběny od konce osmdesátých let, jsou tedy poměrně nové, početně jsou u ČD/ČDC zastoupeny taktéž dostatečně, proto není třeba uvažovat o jejich náhradě. Tato společnost i jiní dopravci mají výběr ze širokého spektra nabídek takových lokomotiv různých výrobců.

#### 4.6.2 Lokomotivy výkonové třídy do 1 MW

Jde o lokomotivy, určené pro vozbu Mn vlaků a posun (větší část výkonů), okrajově též traťovou službu. Dnes jsou u ČD/ČDC zastoupeny řadami 742, 743, 730 a 731, vyráběnými v letech 1977 – 1992. Lokomotiva by měla být vybavena:

- Zásuvkami napájení 380 V 50 Hz z veřejné napájecí sítě
- Teplovodním agregátem chladicího okruhu s nemrznoucí směsí
- Telerailem
- RC řízením (jen stroje pro Mn vlaky a vybrané posunovací)
- EDB
- Vícečlenným řízením, umožňujícím spojení s lokomotivami těžé řady i s 2MW typy lokomotiv

Konstrukční rychlost lokomotivy uvažují 100 km/h (odpovídá rychlosti ložených nákladních vozů v režimu „s“), v případě modernizací lze zachovat 90 km/h. Výkon nové lokomotivy uvažují cca 1 MW, v případě modernizací lze v případě, kdy by zvýšení výkonu bylo spojeno s výrazným zvýšením nákladů na modernizaci, ponechat výkon o maximálně 15% nižší. Hmotnost na nápravu max. 18 t a 5 t na běžný délky lokomotivy (traťová třída dovoleného zatížení B1), u rekonstrukcí lze zachovat 16 t na nápravu.

Částečně otevřenou zůstává otázka, jak takové stroje pořídit, zda modernizací či nákupem nových strojů. Nemám bohužel k dispozici dostatek podkladových materiálů, abych mohl vypočítat LCC jako v případě ER20/753.7. Na základě předchozích výpočtů a znalosti tržních cen se ale dá uvažovat, že náklady na pořízení nových strojů se budou pohybovat ve výši 2 – 2,5 milionu € za kus, zatímco modernizace řady 742 při zachování stávající lokomotivní skříně, s novým řídicím systémem, motorem, trakčním alternátorem, usměrňovačem, EDB a příslušenstvím, to vše při instalaci v této práci požadovaného vybavení se dá odhadnout na cca 25 milionů Kč. To by sice ukazovalo na stejný scénář, jako

v případě výpočtu výhodnosti ER20 vs. 753.7 (nižší cena druhého vs. nižší LCC prvního typu), jenže pokud má lokomotiva nízké denní proběhy (případ lokomotiv pro posun a vozbu Mn vlaků), tak není potřeba na nich vykonávat prohlídky tak často a je tedy možné dosáhnout u modernizovaného stroje nižších LCC a přistoupit i k rušení stávající rozsáhlé soustavy dep a opravárenských základen (lokomotiva může stát venku a do vzdálené opravy si dojede, opravna po dobu údržby poskytne náhradní stroj stejného typu).

V neprospěch nových strojů hovoří především vysoké náklady na pořízení, které by mohly ohrozit již tak napnutou ekonomiku Mn vlaků. Způsob obsluhy sítě sběrnými vlaky je sice z důvodu vysokých nákladů v útlumu, rozhodně ho ale nelze označit za zcela neperspektivní. Např. v SRN došlo sice ke značnému omezení provozu takových vlaků, ale rozhodně ne k úplnému rušení. Navíc i zde se šlo v případě zajištění trakce pro tyto vlaky cestou modernizace starších strojů, jen u DB jde (resp. má jít) o cca 398 vozidel řady 290/291 a 200, resp. až 400 vozidel řad 360 – 365<sup>29</sup>. Alternativou pořízení modernizací přitom nemusí být pořízení lokomotivy nové, ale lokomotivy žádné (resp. výrazně nižšího počtu lokomotiv nových), protože to ekonomické podmínky jednoduše nedovolí. Ani životnost modernizací však není věčná, proto je v průběhu druhé části jejich životního cyklu, tedy po deseti letech (po splacení úvěru) vhodné nakupovat nové stroje, které modernizace nahradí a zároveň budou financovány z „chybějících“ odpisů původních modernizací. Po dalších deseti letech je pak možné další nově pořizované lokomotivy financovat z již „chybějících“ odpisů již zaplacených nových strojů.

Nové stroje musí splňovat všechny TSI, platné v době schvalování. V případě modernizací to není nutné; jednak by to u některých částí/parametrů vozidel nebylo možné (např. nedodržení EN15227 - TSI Crash), jednak to evropská směrnice 57/2008 u modernizací (článek 20) nevyžaduje.<sup>30</sup> Proto se kloním spíše k modernizacím současné řady 742.

### **4.6.3 Lokomotivy výkonové třídy do 2 MW**

Jde o lokomotivy určené pro vozbu středních a těžkých nákladních vlaků po neelektrizovaných tratích, např. Pn vlaků s rozvozem zátěže pro Mn vlaky. Taková lokomotivy by měla být vybavena:

- Zásuvkami napájení 380 V 50 Hz z veřejné napájecí sítě
- Teplovodním agregátem chladícího okruhu s nemrznoucí směsí

---

<sup>29</sup> VALENT, Ivo: Modernizace motorových lokomotiv DB. *Železniční magazín*, 2004, roč. 11, č. 2, s. 22- 25

<sup>30</sup> Směrnice 2008/57/ES *O interoperabilitě železničního systému ve Společenství* (přepracované znění, text s významem pro EHP), 17. 7. 2008

- Telerailem
- RC řízením (jen stroje pro Mn vlaky a vybrané posunovací)
- EDB
- Vícečlenným řízením, umožňujícím spojení s lokomotivami téže řady i s 1MW typy lokomotiv

Požadovanou rychlost lokomotivy uvažují minimálně 120 km/h (odpovídá rychlosti ložených nákladních vozů v režimu „ss“, příp. prázdných v režimu „s“). Tuto rychlost lze využít v průvozu na hlavních tratích, příp. při provozu v SRN, kde je i na regionálních tratích tato rychlost běžným standardem. Uvažují max. 20 t hmotnosti na nápravu a 6,4 t na běžný metr délky stroje (traťová třída dovoleného zatížení C2). Lokomotiva by měla být každopádně způsobilá ke schválení vyjma ČR minimálně ve všech okolních státech a Maďarsku, nejlépe však v celé EU; interoperabilita je pro dopravce nutností. Z toho důvodu musí bezpodmínečně vyhovovat všem TSI, platným v době schválení. Dopravce by měl zároveň dbát na to, aby LCC nových lokomotiv byly nižší než u starších strojů a lokomotiva měla vyšší dovolené proběhy mezi prohlídkami.

Dopravci by proto měli nakupovat moderní 2MW lokomotivy místo setrvávání na standardu modernizovaných 1,5 MW strojů (typ 753.7). Řada ER20 všechny tyto podmínky splňuje a nabízí tak v ČR schválenou možnost tento standard opustit.

#### **4.6.4 Lokomotivy výkonové třídy nad 2 MW**

Tyto lokomotivy by neměly být preferovány, místo nich je vhodné nakupovat elektrické lokomotivy s lepšími výkonovými charakteristikami ( $P_{max}$  nejvýkonnější dieselové lokomotivy 3,6 MW, elektrické lokomotivy až 6,4 MW, viz text předchozích kapitol) a úsporností. Takové lokomotivy mají opodstatnění pouze na přepravách, kde nahradí 1,5 lokomotivy výkonové třídy 2 MW. Nevelké množství neelektrizovaných tratí s provozem těžkých vlaků je ale možné efektivně obsloužit i pomocí 2MW lokomotiv, spojených do vícečlenného řízení, příp. spojenou trakcí 1MW a 2MW lokomotiv (zde je ovšem třeba uvažovat případné rozdíly v kritických rychlostech).

## Závěr

V rámci třetí kapitoly práce jsem provedl výpočet nákladů životního cyklu (LCC) za dvacet let provozu modernizovaných lokomotiv řady 753.7 a nových lokomotiv typu ER20. V případě prvního jmenovaného typu vycházejí tyto náklady na 413 874 183 Kč, v případě druhého typu ve výpočetní variantě MIN na 341 947 674 Kč, ve variantě MAX na 395 430 890 Kč. Výsledek porovnání je očividný a možná až překvapivý: Přibližně dvakrát dražší nová lokomotiva (ER20) nejenže nemá proti modernizovanému typu (753.7) výrazně vyšší LCC, ale ve variantě MIN tyto dokonce dosahují výrazně nižší hodnoty. Důvodem jsou nižší provozní náklady moderních lokomotiv. Provozovatel strojů ER20 tedy ušetří za dvacet let provozu skoro 50 milionů Kč(!), navíc bude mít k dispozici moderní, celoevropsky interoperabilní lokomotivu s nižší spotřebou paliva a výrazně vyššími proběhy mezi jednotlivými stupni údržby, tedy s možností větší operativnosti provozu. Díky vyššímu instalovanému výkonu (2 000 kW u ER20 proti 1 455 kW u 753.7) je možné buď zkracovat jízdní doby, nebo při zachování stávajících jízdních dob vozit těžší vlaky. Eventuálně je také možné za vhodných podmínek nasadit na vybrané vlaky jen jednu lokomotivu ER20 místo dvou lokomotiv 753.7, ev. nebude potřeba postrk; aplikaci této možnosti do praxe uvádí případová studie ve čtvrté části práce. V této části navíc uvádím některé aspekty, doporučení a zlepšovací návrhy, využitelné při obnově vozidlového parku:

Dopravce by měl při úvahách o pořízení nových lokomotiv vždy provádět analýzu LCC, která má za účel vyloučit situace, kdy je pořízeno levné vozidlo, které je následně provozně drahé, nebo je pořízeno drahé vozidlo, jehož nízké provozní náklady však nevyváží jeho vysokou pořizovací cenu. Důležité je také nenakupovat vozidla na základě politických vlivů a dbát na to, aby bylo nové vozidlo technologicky na výši doby. V závislosti na předpokládaném provozním nasazení je vhodné vozidlo vybavit těmito zařízeními: Telerailem (dálkovou diagnostikou vozidla), agregátem temperování chladicího okruhu vozidla s nemrznoucí chladicí směsí a vybavit infrastrukturu o napájecí zásuvky 3x400 V. Takto vybavené vozidlo není nutné odstavovat do vytápěných hal, které lze následně zrušit a ušetřit náklady na jejich provoz.

V rámci koncepce obnovy vozidlového parku uvažuji s pořizováním dvounápravových lokomotiv malých výkonů (do 400 kW) a strojů výkonové třídy 1 MW a 2 MW. První lze získat modernizací starších strojů (např. řady 742), druhé musí být nové, moderní stroje splňující TSI. U modernizovaných strojů nelze takových parametrů dosáhnout, a proto by neměly být nakupovány.

## Použitá literatura

- [1] RÁKOSNÍK, Jakub: *Nákladová analýza železniční dopravy, bakalářská práce*, Pardubice: Univerzita Pardubice, DFJP, 2007, 48 s.
- [2] ŠTÁHLAVSKÝ, Petr: *Vznikne ČD CARGO*, tisková zpráva ČD, a.s., 5.11. 2007
- [3] MELICHAR, Vlastimil; JEŽEK, Jindřich. *Ekonomika dopravního podniku*. 2. přeprac. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001. ISBN 80-7194-359-2.
- [4] KADERÁVEK, Petr: Podíly dopravců na nákladních přepravách na SŽDC a ŽSR. *Železniční magazín*, 2008, roč. 15, č. 11, s. 11
- [5] KRÁL, Jaroslav. *Elektrická zařízení hnacích vozidel*. 1. vydání, Praha: NADAS, 1987.
- [6] POHL, Jiří: Rychlá železniční osobní doprava, díl devátý: Nákladní doprava. *Železniční magazín*, 2008, roč. 15, č. 10, s. 15 – 19
- [7] POHL, Jiří: Homologace vozidel v evropském pojetí. *Železniční magazín*, 2004, roč. 11, č. 7, s. 30 – 31
- [8] PERNIČKA, Jaromír; KADERÁVEK, Petr: ČD Cargo v prvním roce samostatnosti. *Železniční magazín*, 2008, roč. 15, č. 9, s. 13 – 21
- [9] ŠTÁHLAVSKÝ, Petr: *Obnova vozidel ČD CARGO, a.s.*, tisková zpráva ČD Cargo, a.s z 8.1. 2008
- [10] PERNIČKA Jaromír, KADERÁVEK, Petr: Herkules. *Železniční magazín*, 2002, roč. 9, č. 2, s. 11- 14
- [11] *EN 60300-3-3:2004 Management spolehlivosti – Analýza nákladů životního cyklu*. Oborová norma, Strassbourg: CENELEC, 2004.
- [12] POHL, Jiří: *Náklady životního cyklu*, koncept přednášky ČVUT Praha
- [13] JANSÁ, František. *Vozidla elektrické trakce*. 2. vydání, Praha: NADAS, 1985.
- [14] EISLER, Jan; KOSINA, Ivan. *Kalkulace nákladů v dopravě*. 2. přeprac. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. ISBN 80-7194-246-4.
- [15] Řada 755, interní materiál
- [16] Nabídka společnosti Catterpillar, interní materiál
- [17] Údržba ER20, interní materiál
- [18] Kalkulátor „Efektivnost nákladní železniční dopravy“, interní materiál
- [19] TTP, interní materiál SŽDC
- [20] VALENT, Ivo: Modernizace motorových lokomotiv DB. *Železniční magazín*, 2004, roč. 11, č. 2, s. 22- 25
- [21] Směrnice 2008/57/ES *O interoperabilitě železničního systému ve Společenství* (přepracované znění, text s významem pro EHP), 17. 7. 2008

## Elektronické dokumenty

- [22] *Komutátor* [online]. Wikipedia, datum aktualizace 18.12.2008, [cit. 2008-12-25]. Dostupný na WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Komut%C3%A1tor\\_\(elektrotechnika\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Komut%C3%A1tor_(elektrotechnika))>.
- [23] *Maxima Lokfamilie* [online]. Kiel:Voith Turbo, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2008-12-25]. Dostupný na WWW: < <http://www.voithturbo.de/lokomotivtechnik-maxima-de.htm>>.
- [24] *ČD Cargo neplní podnikatelský plán, vydělává jen polovinu* [online]. Teplice:Želpage, datum aktualizace 9.12. 2008, [cit. 2008-12-28]. Dostupný na WWW: < <http://www.zelpage.cz/zpravy/6713>>.
- [25] *Lokomotivy řady 753* [online]. Atlas lokomotiv.cz, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2008-12-28]. Dostupný na WWW: < <http://www.atlaslokomotiv.cz/loko-753.html>>.
- [26] *Lokomotivní řada 753.7* [online]. CZ LOKO, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2008-12-28]. Dostupný na WWW: [http://www.czloko.cz/index.php?page\\_id=56](http://www.czloko.cz/index.php?page_id=56)>.

- [27] *Cenový výměr MF ČR č. 1/2009, příloha D* [online]. Praha:MF ČR, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2009-05-05]. Dostupný na WWW: <[http://www.szdc.cz/SZDC\\_soubory/Prohlaseni/2008-2009/Pr-D.pdf](http://www.szdc.cz/SZDC_soubory/Prohlaseni/2008-2009/Pr-D.pdf)>.
- [28] *Finanční zajištění a modernizaci 30 lokomotiv na řadu 753.7, údaje o zadání veřejné zakázky na Centrální adrese* [online]. Praha:Česká pošta, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2008-12-28]. Dostupný na WWW: <<http://www.isvzus.cz/usisvz/usisvz01009Prepare.do?znackaForm=6001616405001&priloha=0&poradi=0&tisk=1>>.
- [29] *Statistická ročenka ČD 2007* [online]. Praha:ČD, datum aktualizace není uvedeno, [cit. 2009-05-05]. Dostupný na WWW: <[http://www.ceskedrahy.cz/assets/skupina-cd/fakta-a-cisla/statisticka-rocenka/cd\\_rocenka\\_\\_2007.pdf](http://www.ceskedrahy.cz/assets/skupina-cd/fakta-a-cisla/statisticka-rocenka/cd_rocenka__2007.pdf)>

## Seznam tabulek

Tabulka 1 – Podíly dopravců na výkonech železniční nákladní dopravy v ČR.....	10
Tabulka 2 – Lokomotivy ČD Cargo, a.s.....	17
Tabulka 3 – Přehled dodaných lokomotiv ER20 evropského provedení .....	30
Tabulka 4 – Poplatek za použití dopravní cesty, složka provozování dopravní cesty .....	46
Tabulka 5 – Poplatek za použití dopravní cesty, složka zajištění provozuschopnosti dopravní cesty .....	46
Tabulka 6 – Finanční náklady pořízení řady 753.7 .....	50
Tabulka 7 – Finanční náklady pořízení řady ER20 .....	51
Tabulka 8 – Stupně preventivní údržby řad 755 a 753.7.....	52
Tabulka 9 – Počet prohlídek řad 755 a 753.7 za 20 let životnosti.....	52
Tabulka 10 – Údržba motoru řad 755 a 753.7 .....	52
Tabulka 11 – Souhrn nákladů na preventivní údržbu.....	53
Tabulka 12 - Stupně preventivní údržby řady ER20 .....	53
Tabulka 13 – Údržbový plán ER20 pro prvních 240 000 km provozu .....	54
Tabulka 14 – Souhrn nákladů životního cyklu řady ER20.....	55
Tabulka 15 – Výpočet spotřeby paliva lokomotivy řady 753.7 .....	56
Tabulka 16 - Výpočet spotřeby paliva lokomotivy řady ER20 .....	57
Tabulka 17 – Souhrn nákladů životního cyklu .....	62
Tabulka 18 – Rozpočet LCC na kilometr.....	63

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Typické panorama lokomotivního depa ČD/ČD Cargo.....	18
Obrázek 2 – Lokomotiva řady 753.7 .....	24
Obrázek 3 – Lokomotiva typu ER20.....	27
Obrázek 4 - Etapy životního cyklu .....	34
Obrázek 5 - Grafické znázornění četnosti poruch v průběhu životnosti zařízení.....	41
Obrázek 6 – Rozbor jednotlivých položek LCC pro řadu 753.7 .....	63
Obrázek 7 – Rozbor jednotlivých položek LCC pro řadu ER20, varianta MIN .....	63



## Seznam zkratk

LCC	Life cycle costs, náklady životního cyklu
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice, oborová organizace
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
ČSD	Československé státní dráhy
ČD	České dráhy, a.s.
ČDC	České dráhy Cargo, a.s.
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen AG, Rakouské spolkové dráhy, a.s.
DB	Deutsche bahn AG, Německá dráha, a.s.
OKD	Ostravsko-karvinské doly
EDB	Elektrodynamická brzda
TSI	Technické specifikace interoperability, celoevropské oborové normy v železniční dopravě
ETCS	European train control system, evropský vlakový zabezpečovač
UIC	Union International des Chemins de Fer, Mezinárodní železniční unie, oborová organizace
LEW	VEB Lokomotivbau und Elektrotechnische Werke Hans Beimler Hennigsdorf, výrobce lokomotiv z bývalé NDR
Nh	Normohodina
hrtkm	Hrubý tunový kilometr
TEN	Trans European Network, transevropská síť, síť určených komunikací, spojujících jednotlivé regiony EU
DC	Dopravní cesta
moth	Motorhodina
SO	Střední oprava
GO	Generální oprava
KO	Kolejový obvod
Hl.	Hláška, doprava bez kolejového rozvětvení na tratích se zabezpečovacím zařízením 1.kategorie
SD-KD	Severočeské doly – kolejová doprava, a.s.

Lv	Lokomotivní vlak
SRN	Spolková republika Německo
RC	Radio command, rádiové povelové řízení
ČVUT	České vysoké učení technické
NDR	Německá demokratická republika
ŽM	Železniční magazín
Mn	Manipulační nákladní vlak, vlak pro místní obsluhu žel. stanic
Pn	Průběžný nákladní vlak

## **Seznam příloh**

Příloha 1: Přehled parku motorových lokomotiv ČD, a.s a ČD Cargo, a.s

## PŘÍLOHA 1 – Přehled parku motorových lokomotiv ČD, a.s a ČD Cargo, a.s

České dráhy v srpnu 2008 vlastnily celkem 1937 hnacích a řídicích vozidel. Přehled motorových lokomotiv udávají tabulky na této a další stránce:

**Tabulka – Přehled motorových lokomotiv ČD, a.s.**

Řada (řady)	700 – 703	704	714	742	749	751
Provozní určení:	Posun v depech	Lehký posun	Posun, lehká traťová služba s osobními vlaky	Posun, lehká traťová služba	Traťová služba	Traťová služba
Uspořádání náprav:	B	B0	B0´B0´	B0´B0´	B0´B0´	B0´B0´
Výkon:	121 -169 kW	250 kW	600 kW	883 kW	1103 kW	1103 kW
Tažná síla:	53 - 80 kN	68 kN	190 kN	153 kN	185 kN	185 kN
Nejvyšší rychlost:	40 km/h	65 km/h	80 km/h	90 km/h	100 km/h	100 km/h
Hmotnost ve službě:	22 - 24 t	28 t	60 t	64 t	75 t	75 t
Délka přes nárazníky:	7220 - 7240 mm	7500 mm	14 240 mm	13600 mm	16500 mm	16500 mm
Roky výroby:	1955 - 1979	1989	1995 – 1997, 2004	1977-1986	1964-1971	1964-1971
Počet u ČD:	31	15	59	73	44	7
Poznámka:					Vlakové napájení 3 kV =	

zdroj: [www.spz.logout.cz](http://www.spz.logout.cz)

**Tabulka – Přehled motorových lokomotiv ČD, a.s. (pokračování tabulky z předchozí strany)**

Řada (řady)	750	754	799	
Provozní určení:	Traťová služba	Traťová služba	Posun v depech	V této tabulce jsou uvedeny motorové lokomotivy, které ČD využívají v pravidelném provozu. Vyjma toho vlastní ČD ještě některé typy, které jsou ale vedeny jako historické či čekající na zrušení či zrušené. Ty nejsou, vzhledem ke svému minimálnímu provoznímu významu, uvedeny. Celkem je v této tabulce uvedeno 337 kusů motorových lokomotiv.
Uspořádání náprav:	B0´B0´	B0´B0´	B	
Výkon:	1325 kW	1460 kW	37kW (dieselmotor)/ 19,5 kW (akumulator)	
Tažná síla:	185 kN	180 kN	62 kN	
Nejvyšší rychlost:	100 km/h	100 km/h	10km/h (dieselmotor)/ 5 km/h (akumulator)	
Hmotnost ve službě:	74 t	74,4 t	24 t	
Délka přes nárazníky:	16500 mm	16500 mm	7240 mm	
Roky výroby:	1968-1977	1968-1977	1992 – 2000	
Počet u ČD:	23	57	28	
Poznámka:	Vlakové napájení 3 kV =	Vlakové napájení 3 kV =		

**zdroj: [www.spz.logout.cz](http://www.spz.logout.cz)**

ČD Cargo, a.s. v srpnu 2008 vlastnilo celkem 983 lokomotiv. Jejich přehled udávají tabulky na této a další stránce:

**Tabulka – Přehled motorových lokomotiv ČD Cargo, a.s.**

Řada (řady)	700 – 703	704	708	709	730	731
Provozní určení:	Posun v depech	Posun a lehká traťová služba	Posun a lehká traťová služba	Posun a lehká traťová služba	Posun a traťová služba	Posun a traťová služba
Uspořádání náprav:	B	B0	B0	B0	B0´B0´	B0´B0´
Výkon:	121 -169 kW	250 kW	300 kW	403 kW	600 kW	600 kW
Tažná síla:	53 - 80 kN	68 kN	97 kN	108 kN	165 kN	170 kN
Nejvyšší rychlost:	40 km/h	65 km/h	80 km/h	80 km/h	80 km/h	80 km/h
Hmotnost ve službě:	22 - 24 t	28 t	34 t	34 t	70 t	68 t
Délka přes nárazníky:	7220 - 7240 mm	7500 mm	9450 mm	9450 mm	14 000 mm	15280 mm
Roky výroby:	1955 - 1979	1989	1995-1997	2007	1978, 1985-1988	1988-1992
Počet u ČD:	31	5	13	2	18	51
Poznámka:						

zdroj: [www.spz.logout.cz](http://www.spz.logout.cz)

**Tabulka – Přehled motorových lokomotiv ČD Cargo, a.s. (pokračování tabulky z předchozí strany)**

Řada (řady)	742	743	750, 753	751	755	771
Provozní určení:	Posun a traťová služba	Posun a traťová služba	Traťová služba	Traťová služba	Traťová služba	Posun a traťová služba
Uspořádání náprav:	B0`B0´	B0`B0´	B0`B0´	B0`B0´	B0`B0´	C0`C0´
Výkon:	883 kW	800 kW	1325 kW	1103 kW	1455 kW	993 kW
Tažná síla:	153 kN	153 kN	185 kN	185 kN		240 kN
Nejvyšší rychlost:	90 km/h	90 km/h	100 km/h	100 km/h	100 km/h	90 km/h
Hmotnost ve službě:	64 t	64 t	74 t	75 t	75 t	116 t
Délka přes nárazníky:	13600 mm	13600 mm	16500 mm	16500 mm	16500 mm	17240 mm
Roky výroby:	1977-1986	1987, 1988	1968-1977	1964-1971	Reko 2005	1968-1971
Počet u ČD:	266	10	38+23	53	2	9
Poznámka:						

zdroj: [www.spz.logout.cz](http://www.spz.logout.cz)