

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2008

Bc. Jiří Janík

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Náklady na provoz kolejových vozidel

Bc. Jiří Janík

Diplomová práce

2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří JANÍK**

Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**

Studijní obor: **Dopravní prostředky-Kolejová vozidla**

Název tématu: **Náklady na provoz kolejových vozidel.**

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

Cílem práce je analýza a optimalizace nákladů na provoz kolejových vozidel v osobní železniční dopravě a to v relaci s výnosy. V práci se zaměřte na:

1. Strukturu a analýzu nákladů na provoz kolejového vozidla.
2. Náklady na nákup vozidla a na jeho financování.
3. Náklady na údržbu a obsluhu vozidla.
4. Náklady na dopravní cestu, energie a provozní hmoty.
5. Výnosy z provozování vozidla.
6. Kritéria ziskového využití vozidla.

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího DP
Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná
Seznam odborné literatury:


- [1] Zákon o dráhách 266/1994 Sb.
- [2] Cenový věstník 15/2006.
- [3] Statistická ročenka ČD 2006.
- [4] Výroční zpráva ČD 2006.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jiří Pohl
Siemens, Kolejová vozidla, s.r.o.

Datum zadání diplomové práce: 18. února 2008
Termín odevzdání diplomové práce: 26. května 2008


prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.


doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

dne

Poděkování

Můj dík patří všem, kteří mi vytvořili vhodné podmínky pro napsání bakalářské práce.

Mé manželce a dětem, kteří mi vytvořili klidné zázemí.

Ing. Jiřímu Pohlovi, mému vedoucímu práce a ing. Františkovi Kozlovi za cenné rady, podněty a připomínky.

Ústí nad Labem, květen 2008

Bc. Jiří Janík

Anotace:

Diplomová práce se zabývá problematikou nákladů a výnosů na provoz železničních kolejových vozidel se zaměřením na osobní dopravu. Analyzuje jednotlivé druhy nákladů a výnosů. Též je navrženo možné snížení nákladů na provozování osobní dopravy a zároveň i zvyšování výnosů ve vztahu k dotacím.

Klíčová slova:

železniční kolejové vozidlo, náklady, výnosy, dotace, osobní doprava

Title:

The Transport Costs of Railway Vehicles

Annotation:

The dissertation deals with the costs and revenues questions and their influence on railway vehicle's operation with intent to passenger transport. It analysis particular kinds of costs and revenues. Certain reduction of costs is suggested in the passenger transport operation and simultaneously also increase of revenues in relation to subsidies.

Keywords:

railway (track) vehicle, costs, revenues, subsidies, passenger transport

1. OBSAH

1.	OBSAH	6
2.	ÚVOD.....	9
3.	STRUKTURA A ANALÝZA NÁKLADŮ NA PROVOZ KOLEJOVÉHO VOZIDLA	10
3.1.	PODNIKÁNÍ.....	10
3.1.1.	Hospodaření	10
3.1.2.	Náklad	11
3.1.3.	Výnos.....	11
3.2.	PODNIKÁNÍ V DOPRAVĚ	13
3.3.	CÍLE PODNIKÁNÍ V DOPRAVĚ	17
3.4.	ZÁKLADNÍ POŽADAVKY TRHU	18
3.4.1.	Komfort	18
3.4.2.	Služby	18
3.4.3.	Rychlost	18
3.4.4.	Návaznost na ostatní dopravní systémy	18
3.4.5.	Bezpečnost a spolehlivost	19
3.4.6.	Ekonomická efektivnost	19
3.4.7.	Šetrnost k životnímu prostředí	19
3.4.8.	Energetická spotřeba.....	19
3.5.	ŽIVOTNÍ CYKLUS KOLEJOVÉHO VOZIDLA.....	19
3.6.	REŽIM KOLEJOVÉHO VOZIDLA A JEHO CHARAKTERISTIKY.....	21
3.7.	SLOŽKY NÁKLADŮ NA PROVOZ KOLEJOVÉHO VOZIDLA	23
3.8.	NÁKLADY ÚMĚRNÉ ČASU	23
3.9.	NÁKLADY ÚMĚRNÉ UJETÉ DRÁŽE	24
3.10.	NÁKLADY ÚMĚRNÉ ZATÍŽENÍ.....	24
3.11.	VLIV RYCHLOSTI NA NÁKLADY	25
4.	NÁKLADY NA NÁKUP VOZIDLA A JEHO FINANCOVÁNÍ	29
4.1.	ZPŮSOBY POŘÍZENÍ VOZIDLA	29
4.2.	ZPŮSOBY FINANCOVÁNÍ VOZIDLA.....	30
4.3.	ANALÝZA CENY KOLEJOVÉHO VOZIDLA.....	31
4.4.	JEDNORÁZOVÉ A KUSOVÉ NÁKLADY KOLEJOVÝCH VOZIDEL	32
4.5.	MĚRNÉ A KILOGRAMOVÉ CENY KOLEJOVÝCH VOZIDEL	33
5.	NÁKLADY NA ÚDRŽBU A OBSLUHU VOZIDLA	35
5.1.	SYSTEMATIKA A STRUKTURA ÚDRŽBY KOLEJOVÉHO VOZIDLA.....	35
5.2.	NÁKLADY NA PREVENTIVNÍ ÚDRŽBU	35
5.3.	NÁKLADY NA KOREKTIVNÍ ÚDRŽBU	37
5.4.	NÁKLADY NA ÚKLID A UDRŽOVÁNÍ ČISTOTY	39
5.5.	NÁKLADY NA ODSTRAŇOVÁNÍ NÁSILNÝCH A ZÁMĚRNÝCH POŠKOZENÍ	40
5.6.	NOVÉ FORMY ÚDRŽBY.....	40

UNIVERZITA PADUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana - 7 -
--	------------------------	---------------------

5.6.1.	Princip programu RCM údržby.....	40
5.6.1.1.	Stanovení cílů údržby	41
5.6.1.2.	Porucha funkce ovlivňující bezpečnost, životní prostředí	42
5.6.1.3.	Porucha funkce má významný dopad na provoz	42
5.6.1.4.	Porucha funkce má významný ekonomický dopad	42
5.6.2.	Určení obsahu údržby.....	43
5.6.2.1.	Preventivního programu údržby vycházející z analýzy objektů FSI	43
5.6.2.2.	Skupina neplánovaných úkolů údržby	44
5.6.3.	Předpoklady zavedení RCM údržby	44
5.6.3.1.	Systém prohlídek a oprav	44
5.6.3.2.	Provozní ošetření.....	44
5.6.3.3.	Intenzita poruch	44
5.6.3.4.	Údržba a oprava	45
5.6.3.5.	Řízení opraven	45
5.7.	NÁKUP ÚDRŽBY	45
5.8.	POJIŠTĚNÍ.....	46
5.9.	SPRÁVA A REŽIE	46
5.10.	PŘÍMÉ MZDY	47
6.	NÁKLADY NA DOPRAVNÍ CESTU, ENERGII A DOPRAVNÍ HMOTY	49
6.1.	STRUKTURA A VÝŠE POPLATKU ZA POUŽITÍ DOPRAVNÍ CESTY	50
6.1.1.	Podmínky přístupu na železniční dopravní cestu.....	50
6.1.2.	Cena za přidělení kapacity železniční dopravní cesty	50
6.1.3.	Maximální cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty.....	51
6.2.	SPOTŘEBA ENERGIE PRO TRAKCI A PRO DALŠÍ ÚČELY.....	53
6.3.	NÁKLADY NA ELEKTRICKOU ENERGII.....	56
6.4.	REKUPERACE BRZDOVÉ ENERGIE	56
6.5.	NÁKLADY NA KAPALNÁ PALIVA.....	58
6.6.	NÁKLADY NA OSTATNÍ PROVOZNÍ HMOTY.....	61
6.7.	KVALITA PŘEPRAVY	62
7.	VÝNOSY Z PROVOZOVÁNÍ VOZIDLA	63
7.1.	TRŽBY Z PRODEJE JÍZDENEK	63
7.2.	DOTACE OD STÁTU A OD KRAJŮ	64
7.3.	VÝNOSY Z REKLAMY	65
8.	KRITÉRIA ZISKOVÉHO VYUŽITÍ VOZIDLA.....	66
8.1.	VLIV OBSAZENÍ VOZIDLA NA NÁKLADY.....	66
8.2.	VLIV OBSAZENÍ VOZIDLA NA VÝNOSY	67
8.3.	ČASOVÁ PROMĚNNOST POPTÁVKY PO PŘEPRAVĚ, SEZÓNNÍ VLIVY ..	67
8.4.	OBSAZENÍ VOZIDEL V PŘÍMĚSTSKÉ A REGIONÁLNÍ DOPRAVĚ.....	68
8.5.	REÁLNÉ OBSAZENÍ VOZIDEL V DÁLKOVÉ DOPRAVĚ	69
8.6.	VÝPOČET POTŘEBNÉHO OBSAZENÍ VOZIDLA	70
8.7.	STRATEGIE ZVLÁDNUTÍ SEDEL A ŠPIČEK	71

UNIVERZITA PADUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana - 8 -
--	------------------------	---------------------

8.8. OPTIMALIZACE TYPU A VELIKOSTI VOZIDEL.....	73
9. VÝPOČET NÁKLADŮ A VÝNOSŮ.....	75
10. ZÁVĚR.....	78
11. POUŽITÁ LITERATURA	80
12. PŘÍLOHY	81

2. ÚVOD

Diplomová práce „Náklady na provoz kolejových vozidel“ se zaměřením na osobní dopravu se zabývá problematikou ekonomiky provozu osobní železniční dopravy.

Železniční osobní doprava a hlavně regionální osobní doprava v současné době provozně i ekonomicky nevyužívá své možnosti a kapacity. Navíc se touto tematikou v České republice zabývá pouze úzký okruh odborníků. Přestože vlaková nádraží bývají většinou ve velkých městech a centrech průmyslových aglomerací umístěna poblíž centra (Praha, Brno, Ústí nad Labem atd.), je možné se denně setkat při ranní a odpolední špičce se zácpami na příjezdových cestách do těchto měst, a přitom vlaky nejsou plně využité. Nabízená železniční přeprava totiž ne zcela odpovídá tomu, co od ní potenciální zákazníci očekávají. Je tedy potřeba zvýšit její kvalitu. Zároveň je ovšem nutné pečlivě střežit její náklady, aby cestující neodradila vysoká cena jízdného. Proto je potřeba znát všechny složky jejich nákladů.

Na rozdíl od individuální automobilové dopravy, kde se většina lidí spokojí se znalostí nákladů na pohonné hmoty a ostatní složky nákladů nevnímá, je u veřejné dopravy znalost nákladů výchozím bodem pro řešení technických i provozních otázek.

Práce je zaměřena na strukturu a analýzu nákladů na provoz kolejových vozidel, náklady na nákup vozidel a způsoby jejich financování. Mezi další náklady patří náklady na údržbu a obsluhu vozidel, energii a provozní hmoty.

Oproti nákladům na provoz kolejových vozidel jsou postaveny výnosy z provozování vozidla a kritéria ziskového využití vozidel.

Cílem diplomové práce je analýza a optimalizace (minimalizace), respektive řízení nákladů na provoz kolejových vozidel v osobní železniční dopravě v relaci s výnosy.

3. STRUKTURA A ANALÝZA NÁKLADŮ NA PROVOZ KOLEJOVÉHO VOZIDLA

Podnikání je soustavně vykonávaná činnost za účelem tvoření zisku. Jakákoliv činnost podniku je však spojena s hospodářským rizikem. Jak velké hospodářské riziko na podnik čeká záleží na tom, v jakém oboru podnik podniká, jaká je jeho konkurence a jaká je situace na trhu práce.

Právní formy podnikání v České republice je možné rozdělit na živnosti, státní podniky, družstva a obchodní společnosti. Každé podnikání se musí řídit základní normou, zákonem o státním podniku, živnostenským zákonem, obchodním zákonem a ostatními zákony a předpisy, které upravují zvláštní druhy podnikání.

3.1. PODNIKÁNÍ

Podnikání, jak v dopravě, tak i v jiných oborech, se řídí stejnými pravidly a zákony. Hrozí mu také stejná rizika. Nezáleží totiž na tom, v jakém oboru podnik podniká, ale hlavně na tom, jak se dokáže udržet na trhu a jak je konkurence schopný. V dnešní době jsou v každém oboru podobné podmínky, proto záleží pouze na každém podniku, jeho vedení, pracovnících, produktivitě práce a jak zajistí správné fungování podnikání a jeho hospodaření. Důležitým faktorem každého podniku je také práce managementu a marketingu, jak dokáží prodat své výrobky a služby.

3.1.1. Hospodaření

Hospodaření je správné skloubení výrobního procesu a produktivity práce.

a.) výrobní proces:

- postupná přeměna surovin ve výrobek uspokojující lidské potřeby
- nejnižší částí výrobního procesu je operace, což je souvisle vykonávaná práce jedním pracovníkem (četou) na jednom pracovišti při výrobě jednoho (několika výrobků)

b.) produktivita práce závisí na:

- přírodních podmínkách (klimatu, nerostném bohatství)
- organizaci práce
- technice a technologii
- obyvatelstvu (věk, vzdělání, schopnost pracovat)

- množství vyrobených výrobků za stanovenou jednotku času a za čas na jeden výrobek

3.1.2. Náklad

Náklad je peněžní vyjádření všeho, co vchází do hodnoty výrobků. Je to vše, co podnik vynakládá na dosažení příjmů (zisků).

3.1.3. Výnos

Výnos je peněžní vyjádření veškerých činností podniku za určité období. Je to tedy peněžní ekvivalent prodaných výkonů podniku (výrobků, zboží, služeb).

Při podnikání je vždy nutné vždy porovnávat vložené náklady a získané výnosy. Smyslem každého podnikání je vytvářet zisk:

$$Z = V - N \quad (1)$$

kde:

Z	.....	zisk
V	.....	výnosy
N	.....	náklady

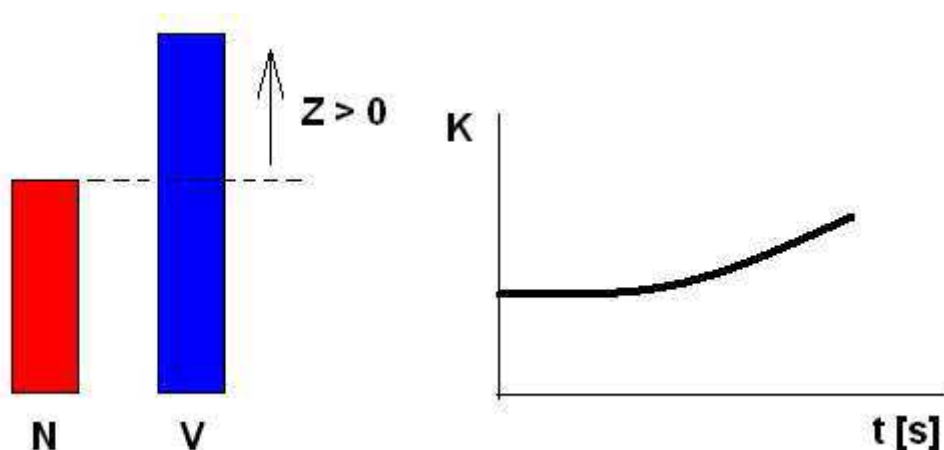
V praxi nastávají tři možnosti.

a.) Podnikání se ziskem.

Výnosy jsou větší než náklady podniku (**Obr. 1**). V tomto případě má podnik dobrou organizaci práce, má potřebný počet zaměstnanců, kteří plní výrobní plán. Pokud podnik bude mít zisk i nadále, je velká pravděpodobnost, že se do budoucna bude rozvíjet. S tím souvisí případně i vznik nových pracovních míst.

Zisk musí být v určité proporcii ke kapitálu, jinak by se nevyplatilo investovat do živnosti a výhodnější by bylo kapitál vložit do banky, kde by bylo možné inkasovat bezpracně úroky.

$$V > N \Rightarrow Z > 0$$

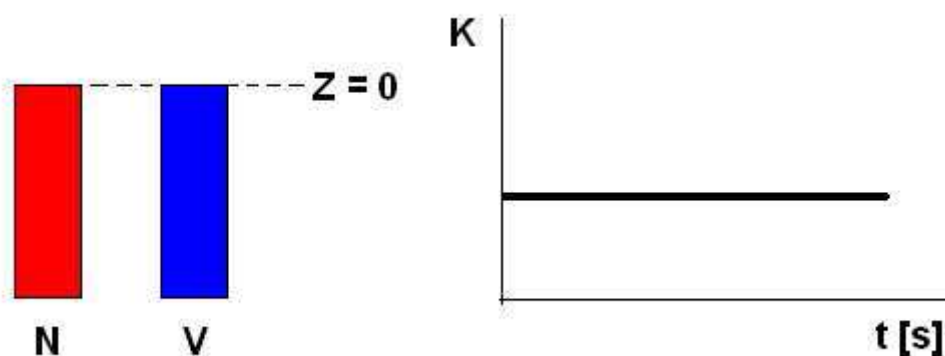


Obr. 1 Podnikání se ziskem

b.) Podnikání bez zisku .

Výnosy jsou stejné jako náklady podniku (**Obr. 2**). Podnikání je na mezi existence, živnost stagnuje, ale v konkurenčním prostředí to nestačí, protože ostatní (kteří mají zisky) jdou vpřed. V tomto případě potřebuje podnik nějaké zlepšení. Nejprve by se měl nechat provést audit, při kterém se zjistí slabé a silné stránky podniku. Na základě zjištěných skutečností se pak může navrhnout zlepšení, které by mělo vést k zisku.

$$V = N \Rightarrow Z = 0$$



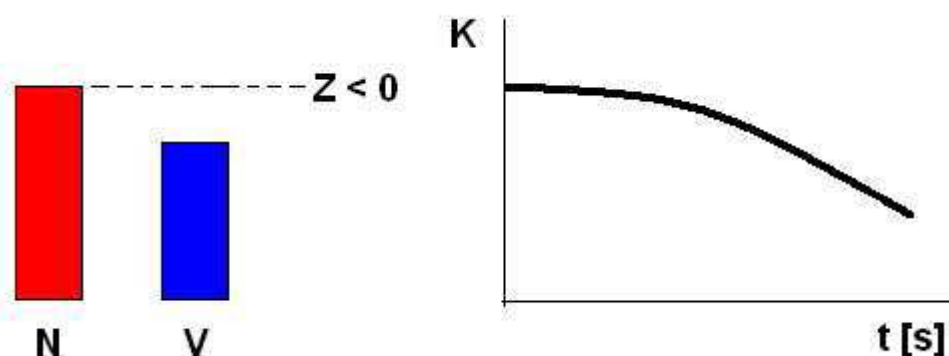
Obr. 2 Podnikání bez zisku

c.) Podnikání se ztrátou.

Náklady jsou větší jak výnosy podniku (**Obr. 3**). Dochází k poklesu její hodnoty (kapitálu) a tím se zhoršuje pozice do budoucích let. Podnikání ztrácí smysl, neboť není efektivní. Velký podíl na ztrátě může mít velká a vlivná konkurence

a zároveň dražší a konkurence neschopné ceny služeb nebo výrobků. Ztráta u tohoto podniku může vést ke krachu či propouštění pracovníků.

$$V < N \Rightarrow Z < 0$$



Obr. 3 Podnikání se ztrátou

3.2. PODNIKÁNÍ V DOPRAVĚ

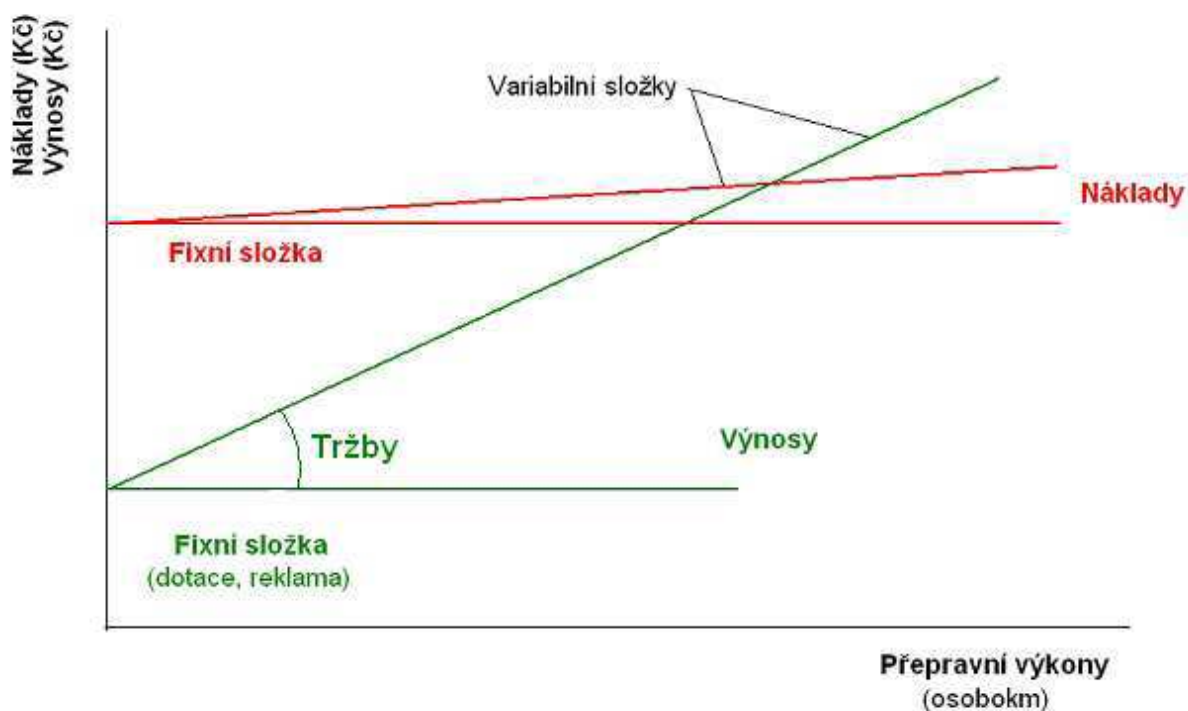
Základním produktem dopravy je přeprava zboží nebo lidí z určitého místa na určité místo. Přeprava je v dnešní době dobrým a konkurence schopným předmětem podnikání.

Aby byl podnik, který se chce zabývat dopravou, úspěšný, musí na dopravním trhu nabídnout konkurence schopnou nabídku. S tím souvisí jak způsob dopravy, tak nabízené služby a jejich ceny. Každému podniku, který začíná či je už delší dobu na trhu, záleží na dobrém jménu. I toto dobré jméno může zlepšit konkurence schopnost.

Dobré jméno se dá vytvořit pomocí spokojených pracovníků, způsoby jednání se zákazníky či rychlost dodávky zboží.

Povinnosti dopravce určuje zákon. V případě drážní dopravy se jedná zejména o Zákon o drahách, Dopravní řád a Přepravní řád drah. Navíc je to obchodní a hospodářská činnost, která se řídí příslušnými zákony a předpisy.

Každý dopravce musí vydat na svoje podnikání určitý kapitál, který mu může pomoci k zisku. Starost každého podniku je, aby jeho výnosy byly vyšší než náklady. Jak výnosy, tak i náklady mají své fixní i variabilní složky. Rozdělení nákladů a výnosů na fixní a variabilní je závislé na tom, co je považováno za proměnnou veličinu (Obr. 4). Mohou jí být například přepravní výkony (osobokilometry).



Obr. 4 Fixní a variabilní složky nákladů a výnosů

Je zřejmé, že náklady jsou převážně fixní a jsou úměrné přepravní kapacitě vozidla, respektive systému. Vlaky jezdí v dohodnutém období podle jízdního řádu nezávisle na tom, jak jsou obsazeny. Míra obsazení vlaku cestujícími má na náklady jen nepatrný vliv a v podstatě ji lze zanedbat.

Oproti tomu výnosy z tržeb za přepravu jsou variabilní a jsou úměrné počtu přepravovaných osob, kdežto dotace jsou zpravidla dohodnuty jako fixní.

Můžeme zjednodušeně říci, že čím je dopravní prostředek více využit, tím je podnikání více ziskové.

Dalším možným údajem při hodnocení rentability veřejné přepravy osob může být poměrné obsazení:

$$k = \frac{\sum N_i \cdot L_i}{N \cdot L} = \frac{N_{\text{stř}}}{N} \quad (2)$$

kde:

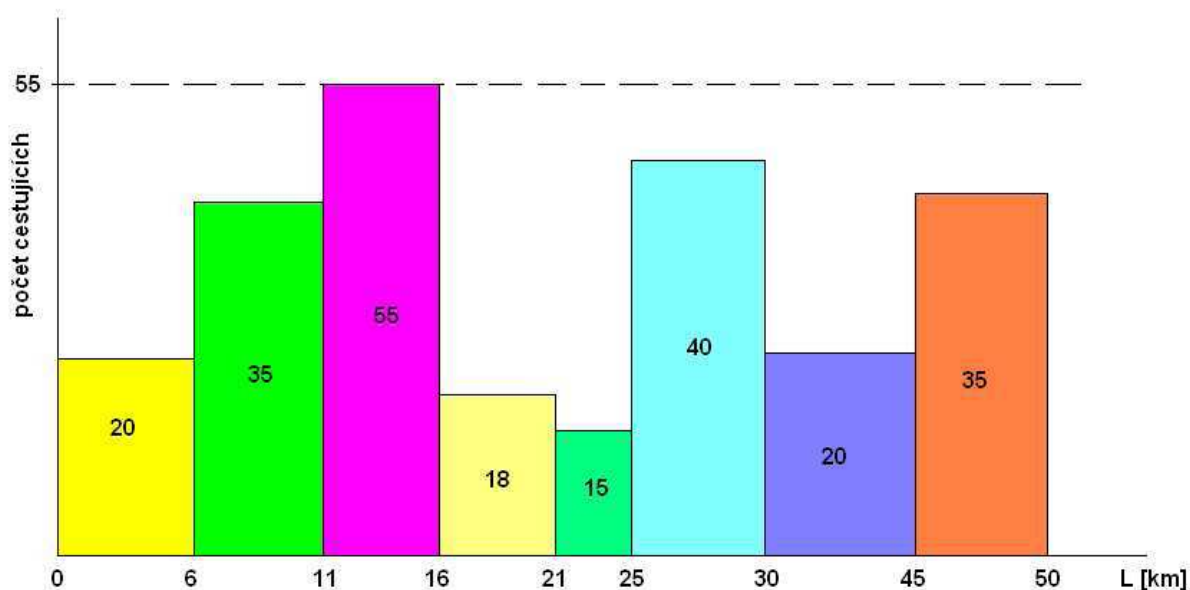
k poměrné obsazení

N_i počet cestujících mezi dvěma stanicemi

- N přepravní kapacita
 $N_{stř}$ střední počet přepravovaných osob
 L_i dráha ujetá cestujícími mezi dvěma stanicemi
L celková dráha

Tento vzorec je možné vysvětlit na jednoduchém příkladu.

Je dána trasa v celkové délce 50 km, po které jede motorový vůz s 55 místy k sezení (**Obr. 5**).



Obr. 5 Počet přepravených cestujících na jednotlivých úsecích

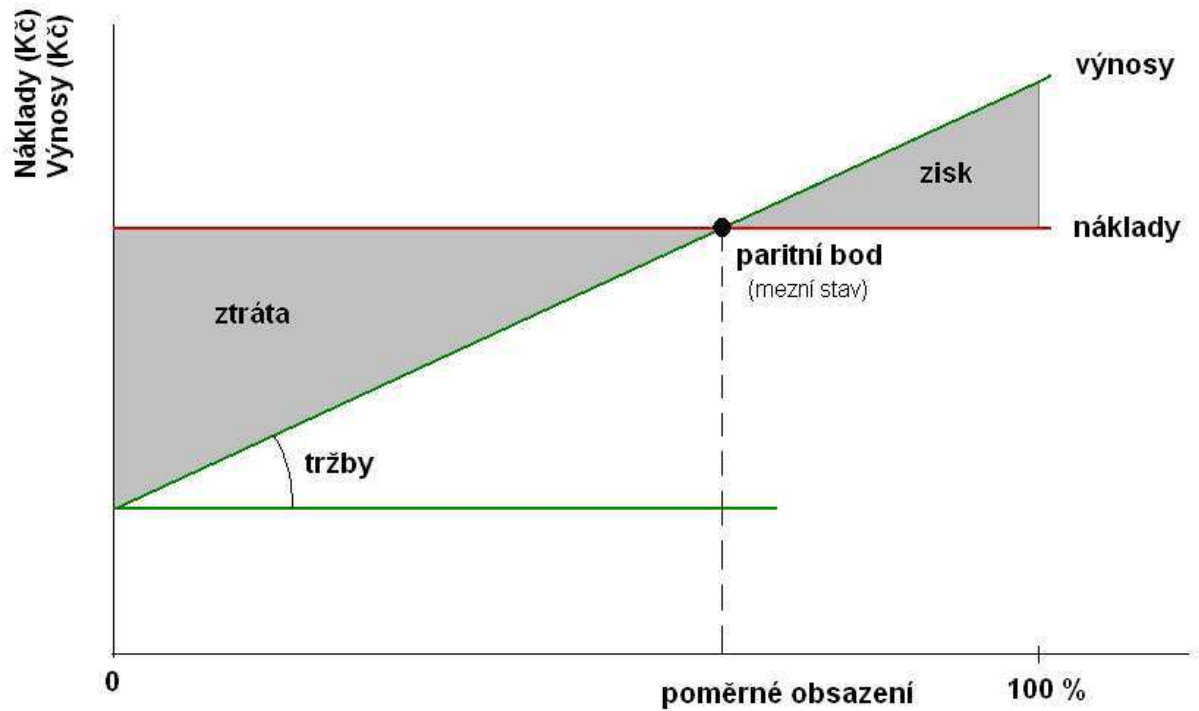
$$N \cdot L = 55 \cdot 50 = 2750 \text{ [místokm]}$$

$$\sum_{i=1}^8 N_i \cdot L_i = 20 \cdot 6 + 35 \cdot 5 + 55 \cdot 5 + 18 \cdot 5 + 15 \cdot 4 + 40 \cdot 5 + 20 \cdot 5 + 35 \cdot 5 = 1095 \text{ [osobokm]}$$

$$k = \frac{\sum N_i \cdot L_i}{N \cdot L} = \frac{N_{stř}}{N} = \frac{1095}{2750} = 0,39$$

Z předcházejícího výpočtu je patrné, že motorový vůz je na celém úseku vytížen na 39 %.

Jak už bylo zmíněno v předcházejících kapitolách, určujícím kritériem rentability je ziskovost, respektive určení paritního bodu (**Obr. 6**). Je zřejmé, že paritní bod (mezní bod) říká, kdy je podnikání v dopravě ještě ziskové, a kdy už rozdíl výnosů a nákladů (hospodářský výsledek) přechází do ztráty.



Obr. 6 Rentabilita veřejné přepravy osob

$$z = 0$$

$$N = V \quad \dots \text{ paritní bod}$$

$$N = F_N$$

$$V = F_V + n \cdot c \quad (3)$$

$$n = \frac{M_{\text{cest}}}{M_{\text{míst}}} \quad (4)$$

N náklady

V výnosy

F_N fixní náklady

F_V fixní výnosy

n poměrné obsazení

M_{cest} počet cestujících

$M_{\text{míst}}$ počet míst

c cena jízdného

$$F_N = F_V + n_p \cdot c \quad (5)$$

Pro výpočet poměrného obsazení pro paritní bod je možné použít vzorec:

$$n_p = \frac{F_N - F_V}{c} \quad (6)$$

$$n_{\text{skut}} > n_p \quad \dots \quad z > 0$$

$$n_{\text{skut}} < n_p \quad \dots \quad z < 0$$

Je zřejmé, že skutečné poměrné obsazení n_{skut} udává rentabilitu, která je podmíněna tím, že vozidlo musí být v pohybu (musí denně ujet dostatečný počet kilometrů) a musí být patřičně obsazeno.

Náklady a výnosy lze vyjádřit:

- za celou životnost (dopravní společnost) a za účetní období (rok) – používá se ve výročních zprávách
- na vozidlo a jeho život – používá se při výpočtu LCC
- na vlakový kilometr (N) – používá se pro posouzení jednotlivých typů vozidel srovnatelné přepravní kapacity
- na místový kilometr (n) – používá se pro posouzení různých přepravních kapacit
- na osobový kilometr – kompletní ukazatel společenské výhodnosti

Veškeré tyto náklady jsou podmíněny tím, že vozidlo musí být v pohybu a obsazené platícími cestujícími.

3.3. CÍLE PODNIKÁNÍ V DOPRAVĚ

Postupující integrace evropských zemí vede k rozvoji národního hospodářství v jednotlivých zemích a růstu objemů nákladní přepravy. Růst životní úrovně a mobilita pracovních sil přináší i rozvoj přepravy osob. Zvyšují se především požadavky na komfort a zkracování jízdních dob u osobní dopravy a komplexnost služeb a zaručení přepravních dob u dopravy nákladní při zajištění plné bezpečnosti přepravy.

Prudký rozvoj především individuální silniční dopravy a dopravy letecké od druhé poloviny dvacátého století vede k vyčerpání kapacit hlavních silničních komunikací a v okolí velkých leteckých terminálů západní Evropy k přehučení vzdušného prostoru. Důsledkem je i snížená spolehlivost přepravy, prodlužování cestovních časů a zhoršování životního prostředí.

Z řady studií v průmyslově rozvinutých státech vyplynul závěr že řešením tohoto rozporu je rozvoj hromadné železniční dopravy. Podmínkou ovšem je dosažení kvalitativně vyšších technických a provozních parametrů. V přepravě osob na dlouhé vzdálenosti vede toto úsilí k budování vysokorychlostních železničních systémů, na kratší vzdálenosti k modernizaci tratí a inovaci vozidel pro výrazné zvýšení rychlosti a zkvalitnění přepravy [8].

3.4. ZÁKLADNÍ POŽADAVKY TRHU

Základní požadavky trhu jsou pro železniční systémy v současném a budoucím období následující:

3.4.1. Komfort

Vlaky pro rychlou přepravu osob musí být konstruovány tak, aby komfort jízdy byl plně srovnatelný s komfortem letecké přepravy a individuální automobilové přepravy z hlediska vybavení prostorů pro cestující klidností chodu, hlukových parametrů a tepelné pohody případně je předčil.

3.4.2. Služby

Poskytované služby musí být úrovní požadavků na pohodlné cestování, musí zabezpečit kvalitní informovanost, možnost vnitřní a vnější komunikace včetně komplexního rezervačního systému. Ve vlacích musí být možnost zajištění rychlého a kvalitního občerstvení a příjemného diferencovaného trávení doby cesty.

3.4.3. Rychlost

Rychlost jízdy vlaku je parametrem odvozeným. Podstatná je cestovní doba nebo ještě přesněji doba z počátečního místa přepravy cestujícího do jeho ukončení. Z hlediska jeho koexistence a konkurenceschopnosti s ostatními druhy dopravy je nezbytné, aby pro cestovní vzdálenost od 200 do 800 km pro něž se tyto systémy zpravidla budují, byly celkové cestovní časy kratší než u ostatních dopravních systémů. Ze znalosti přepravních a cestovních časů lze odvodit pro jednotlivé přepravní vzdálenosti požadované rychlosti jízdy. Ty se pohybují v rozmezí 160 až 300 km/h.

3.4.4. Návaznost na ostatní dopravní systémy

V železničních stanicích systému je nezbytná návaznost na další železniční spoje dálkového, regionálního i příměstského systému, městskou dopravu a pokud možno i návaznost na autobusové a letecké terminály. Nezbytné je i kapacitní parkoviště pro osobní automobily a půjčovna osobních automobilů.

3.4.5. Bezpečnost a spolehlivost

Jde o kategorický a splnitelný požadavek pro jednotlivé části vysokorychlostních železničních systémů. Železniční doprava, ať již na nově budovaných nebo modernizovaných tratích, při zachování žádoucí hierarchie vlaků k tomu dává ve srovnání s ostatními druhy přepravy ideální předpoklady.

3.4.6. Ekonomická efektivnost

Nejvýznačnějšími položkami pro posouzení ve stádiu rozhodování i vlastního využívání dané části systému je stanovení a sledování celkových nákladů za celou dobu životnosti jednotlivých komponentů včetně zvážení přírůstku počtu cestujících z jiných druhů dopravy a dalších ekonomicky vyjádřitelných vlivů po uvedení dané části systému do provozu.

3.4.7. Šetrnost k životnímu prostředí

Tento aspekt je významný především u nově budovaných systémů a jeho částí. Jde o problematiku minimalizace zásahů do krajiny při budování infrastruktury i o požadavek vlivu na okolní prostředí v tomto případě u elektrické trakce je nejvýznamnějším kategorickým požadavkem dodržení přípustných hladin vnějšího hluku popřípadě vibrací.

3.4.8. Energetická spotřeba

I při znalosti faktu, že energetická spotřeba na osobokilometr je ve srovnání se silniční dopravou zhruba třetinová a s leteckou dopravou čtvrtinová, je nutno energetické spotřebě zvláště u rychlých vlaků věnovat značnou pozornost, jak při projektování trasy, tak především při konstrukci vozidel. Je to dáno tím, že vlivem jízdnicích odporů, především odporu vzduchu a kinetické energie mařené při zastavování, roste spotřeba energie v závislosti na rychlosti zhruba kvadraticky [8].

3.5. ŽIVOTNÍ CYKLUS KOLEJOVÉHO VOZIDLA

Jedním z výrazných trendů v podmínkách současného tržního hospodářství je snaha dosáhnout snížení nákladů. To se týká rovněž oblasti kolejové dopravy, ačkoli se může klamně zdát, že železnice je za aktuálním vývojem ve světě jakoby zpět.

Současné dění v Evropě, a postupem času k tomu dochází i v rámci České republiky, směřuje k postupné liberalizaci železničního trhu, tedy k volnému přístupu nově vznikajících železničních dopravců k železničním tratím, které donedávna

patřily výhradně jednotlivým národním železničním podnikům. Tento trend vede k potřebě a následně požadavkům jednotlivých dopravních společností na nová a spolehlivá vozidla. Jejich zájmem je znát kromě pořizovacích nákladů na nové vozidlo i náklady na jeho provoz a údržbu. Míra celkové spolehlivosti vozidla a náročnost údržby, hodnocená provozovatelem z hlediska pracnosti a vynaložených nákladů, významně ovlivňuje úspěšnost jeho podnikání a konkurenceschopnost vůči ostatním dopravcům [1].

Moderní kolejová vozidla musí splňovat nejen náročné technické a bezpečnostní parametry, ale musí být také hospodárná po celou dobu své životnosti, spolehlivá a s co nejnižšími pořizovacími náklady. Pro posuzování a navrhování nových vozidel se proto začaly používat optimalizační metody, které vycházejí z metod používaných v ekonomii. Postupně se tak dospělo k metodě označované LCC z anglického life cycle cost, což v překladu znamená náklady životního cyklu. Obecně se tento obor činnosti nazývá spolehlivostní inženýrství.

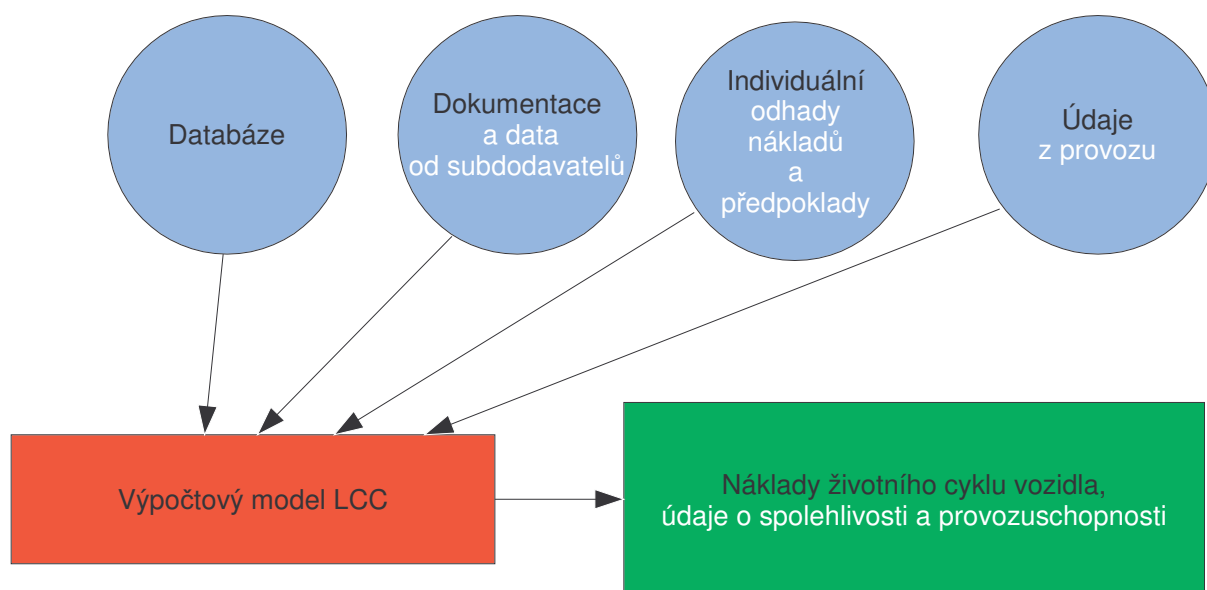
V rámci tohoto přístupu nelze jednotlivé požadavky posuzovat zvlášť. Bere se v ohled celý život vozidla a to od projektu až po konečnou ekologickou likvidaci. Proto je žádoucí spolupráce výrobců a provozovatelů při předávání potřebných vstupních dat.

Cílem metody je dosáhnout v užité fázi života vozidla vysoké spolehlivosti a bezpečnosti při konstantních udržovacích nákladech a celkové hospodárnosti vozidla. Podstatným požadavkem je zvládnutí a realizace toku informací mezi zúčastněnými subjekty, zejména průběh nákladů na údržbu.

Úkolem je tedy dosažení praktických výsledků na základě solidních vědeckých metod (statistika, spolehlivost). V popředí přitom nestojí výrobní fáze, nýbrž užitečná část života vozidla.

Základním krokem, který předchází každou LCC analýzu, je tzv. dekompozice vozidla. Ta spočívá v rozčlenění vozidla na jednotlivé konstrukční skupiny a celky, jako jsou např. prvky konstrukce skříně, táhlové a narážecí ústrojí, brzdový systém vozu, komponenty vnitřního vybavení včetně sedadel a zavazadlových polic, okna, dveře, zařízení určená pro imobilní cestující, systém WC, vytápěcí a klimatizačně-technické zařízení, elektrická zařízení, řídicí systémy, podvozek, hnací ústrojí, vodní hospodářství vozu apod. Cílem je určit jednotlivé konstrukční skupiny a položky tak, aby byla umožněna pozdější efektivní evidence v databázi týkající se výpočtu základních LCC parametrů a nákladů. Vzhledem ke složitosti vozidla obsahující velké množství technicky složitých subsystémů, je

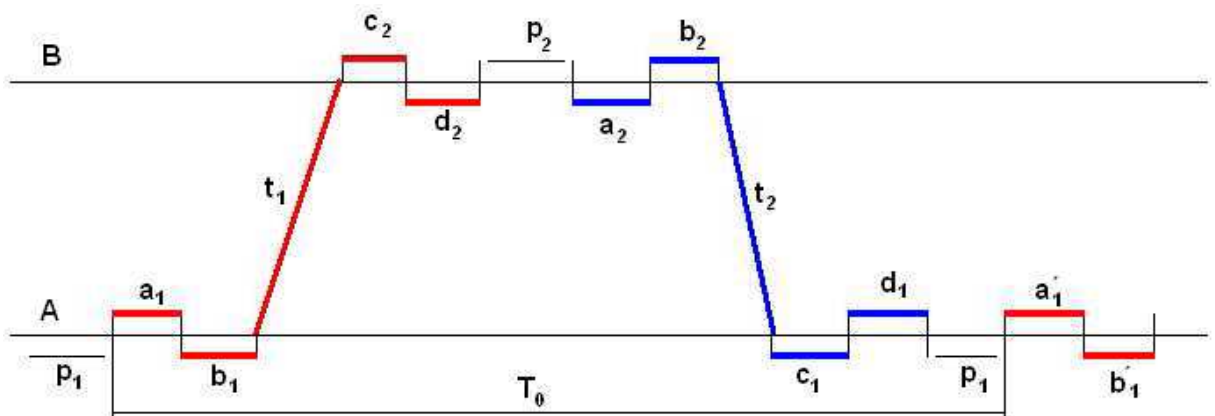
v tomto případě nutno vytvářet tzv. položky „vyššího řádu“ v LCC databázi. Výhodou je zjednodušení a zpřehlednění celé LCC databáze. Tato položka pak v sobě zahrnuje údržbové náklady a spolehlivostní charakteristiky podřízených položek nižší úrovně. Jako příklad lze uvést různá elektrická zařízení vozu, která se skládají z velkého množství prvků, jako jsou např. ovládací a spínací prvky, měřicí a jisticí komponenty, zdroje energie apod. [1]. Schematicky je celý proces znázorněn na **Obr. 7**.



Obr. 7 Schéma postupu tvorby LCC analýzy

3.6. REŽIM KOLEJOVÉHO VOZIDLA A JEHO CHARAKTERISTIKY

Provoz železničních vozidel je možné ilustrovat na příkladu jednoduchého schématu tzv. plného obratu kolejového vozidla. Předpokládá se, že vozidlo provozně zajišťuje jízdy vlaků na jednoramenném úseku železniční tratě mezi dvěma železničními stanicemi (výchozí stanice a stanice obratu). Ve výchozí stanici se nachází domovské lokomotivní depo kolejového vozidla. Plný obrat kolejového vozidla se skládá z jednotlivých časových fází provozního nasazení hnacího vozidla (**Obr. 8**).



Obr. 8 Plný obrat hnacího vozidla

Z obrázku vidíme, že kromě časů jízd vlaků t_1 a t_2 je zde několik dalších úseků představujících následující technologické úkony:

T_0 – celková doba obratu

a_1, a_2 – doba přípravy hnacího vozidla v depech na provozní výkon,

b_1, b_2 – doby jízdy na vlak v železničních stanicích,

c_1, c_2 – doby jízdy od vlaku v železničních stanicích,

d_1, d_2 – doba odstavení hnacího vozidla v depech,

p_1, p_2 – doby pracovní přestávky mezi dvěma traťovými výkony [7].

V době přípravy zkontroluje lokomotivní četa funkční části hnacího vozidla, příprava končí vystavením hnacího vozidla na tzv. hranice depa. V okamžiku, kdy hnací vozidlo převezme pod svoji dopravní kontrolu železniční stanice, začíná se naplňovat doba jízdy hnacího vozidla na vlak. V této časové etapě provádí hnací vozidlo posun v obvodu železniční stanice, připojí se na vlakovou soupravu, naplní se vzduchem a odzkouší brzda vlaku, v zimním období se provádí předtápění vlaku. Návěstí pro odjezd vlaku začíná časový úsek jízdy vlaku z výchozí stanice do stanice obratu (cílové stanice vlaku). Po příjezdu vlaku do stanice obratu začíná pro hnací vozidlo doba jízdy od vlaku, která je svojí náplní reciproká k době jízdy na vlak a končí příjezdem hnacího vozidla na hranice depa ve stanici obratu. Následuje doba odstavení hnacího vozidla spojená s posunem, umístěním a zajištěním hnacího vozidla na příslušném stanovišti v depu. V pracovní přestávce se na hnacím vozidle provádí údržba nutná k zajištění jeho připravenosti pro další provozní výkon. Po skončení přestávky, jejíž součástí často bývá i neproduktivní prostoj hnacího vozidla, vzniklý nedokonalou organizací činností na železnici, začíná celý cyklus výše popsaných úkonů až do odstavení hnacího vozidla v domovském depu.

Podobným způsobem bychom mohli popsat provoz osobních vozů a v obou případech, jak u hnacích vozidel, tak u osobních vozů, musíme konstatovat, že se jedná o velmi pestrý soubor provozních činností, které jistě mají silný poškozující účinek na jednotlivé části výše zmíněných železničních vozidel. V souvislosti s uvedenými odlišnostmi provozu hnacích vozidel, osobních a nákladních vozů jsou i zařízení sloužící k provoznímu ošetření, údržbě a opravám jednotlivých skupin vozidel do jisté míry odlišná, i když např. u ČD jsou v souvislosti s probíhajícími organizačními změnami vytvořena tzv. depa kolejových vozidel, pod která jsou organizačně začleněna všechna kolejová vozidla.

V současné době je snaha, aby neprovozní výkony (a, d, p) byly minimální popřípadě aby byly úplně nulové. I z tohoto důvodu se stále více začínají dopravci orientovat na ucelené jednotky, s kterými je minimální nebo žádný posun a minimálně zajíždí do depa.

3.7. SLOŽKY NÁKLADŮ NA PROVOZ KOLEJOVÉHO VOZIDLA

Celkové náklady na životní cyklus LCC:

$$N = \sum N = N_p + N_u + N_c + N_d + N_e + N_c + N_s \quad (7)$$

kde:

N_p	..... náklady na pořízení (nákup, pronájem)
N_u	..... náklady na údržbu (preventivní, korektivní)
N_c	..... náklady na čištění (vnitřní, vnější)
N_d	..... náklady na doprovodný personál (strojvedoucí, průvodčí)
N_e	..... náklady na energii
N_c	..... náklady na dopravní cestu
N_s	..... náklady na správu a režii

Jednotlivými druhy zmíněných nákladů se bude diplomová práce zabývat v následujících kapitolách.

3.8. NÁKLADY ÚMĚRNÉ ČASU

Náklady úměrné času jsou základní částí nákladů na provoz kolejového vozidla.

- náklady na pořízení vozidla (splátky úvěru, odpis investic, pronájem atd.)
- náklady na doprovodný personál (časová mzda)
- část nákladů na údržbu (chátrání časem)
- část nákladů na úklid („zaprášení“)

$$N_T = A \cdot T \quad (8)$$

N_T náklady úměrné času

A náklady závislé na čase

T čas

3.9. NÁKLADY ÚMĚRNÉ UJETÉ DRÁZE

Závislost na ujeté dráze osahuje menší část nákladů

- náklady na energii
- poplatek za použití dopravní cesty
- údržba
- čištění

$$N_L = B(v) \cdot L \quad (9)$$

N_L náklady úměrné ujeté dráze

$B(v)$ náklady závislé na rychlosti a ujeté dráze

L ujetá dráha

3.10. NÁKLADY ÚMĚRNÉ ZATÍŽENÍ

Měrný trakční odpor a měrná spotřeba energie či paliva jsou vztaženy k celkové tíze, respektive hmotnosti vozidel. Smyslem dopravy však není přepravovat vozidla, resp. jejich hmotnost, ale jimi převáženou užitečnou zátěž. Záleží proto na tom, jak se na celkové hmotnosti obsazených vozidel podílí jejich přepravní kapacita, tedy místa pro cestující, respektive ložná hmotnost. Vykonaná trakční práce, a tedy i spotřeba elektrické energie, respektive paliva vztažená na jedno sedadlo závisí na součinu výsledného celkového měrného trakčního odporu a na hmotnosti připadající na jedno sedadlo.

Cílem osobní dopravy není přepravovat tuny vozidel, ale nabídnout cestujícím místa k sezení a tato místa využít.

U konvenčních vlaků tažených lokomotivou připadá zhruba 800 kg na sedadlo v případě krátkých vlaků při nabídce kolem 200 míst a přibližně 600 kg na sedadlo u delších vlaků při nabídce přes 600 míst. Nejen z důvodu úspor energie,

ale i pro úsporu poplatků za použití dopravní cesty a pro snížení ceny vozidel, panuje trend snížení hmotnosti železničních vozidel v přepočtu na jedno sedadlo. To vede k používání lokomotiv jen k dopravě náležitě dlouhých vlaků a k preferenci užívání ucelených jednotek v téměř celém spektru osobní dopravy.

Starší přípojné a motorové vozy s nízkým standardem kultury cestování sice dosahují hmotnosti jen kolem 250 kg, respektive 350 kg na sedadlo, avšak nenabízejí konkurenceschopné služby.

Východiskem pro příměstskou a regionální dopravu jsou moderní nízkopodlažní elektrické a motorové jednotky, jež i při náležitě vysokých trakčních parametrech a patřičném cestovním komfortu dosahují hmotnosti na sedadlo okolo 550 kg.

Technicky náročné jednotky s naklápěcími skříněmi dosahují nepříliš příznivé hmotnosti na sedadlo kolem 1000 – 1100 kg. To je též dáno redukcí počtu míst v důsledku zúžení interiéru z důvodu dodržení obrysu i při náklonu skříně. Hmotnost zhruba 1000 kg na jedno sedadlo mají i vysokorychlostní jednotky, což vyplývá z jejich vysokého měrného výkonu (kolem 20 kW/t), z pohonu 50 % dvojkolí, z tlakotěsnosti vozidla a vysokého cestovního komfortu. Energetická náročnost vozidel jezdících rychlostmi 300 – 350 km/h je však z rozhodující části určena aerodynamikou a hmotnost ji prakticky neovlivňuje [3].

3.11. VLIV RYCHLOSTI NA NÁKLADY

Při přepočtu nákladů na ujetou dráhu má vyšší rychlost jízdy vliv na snížení složky nákladů plynoucích s časem:

$$N = N_T + N_L \quad (10)$$

$$N = A \cdot T + B(v) \cdot L \quad (11)$$

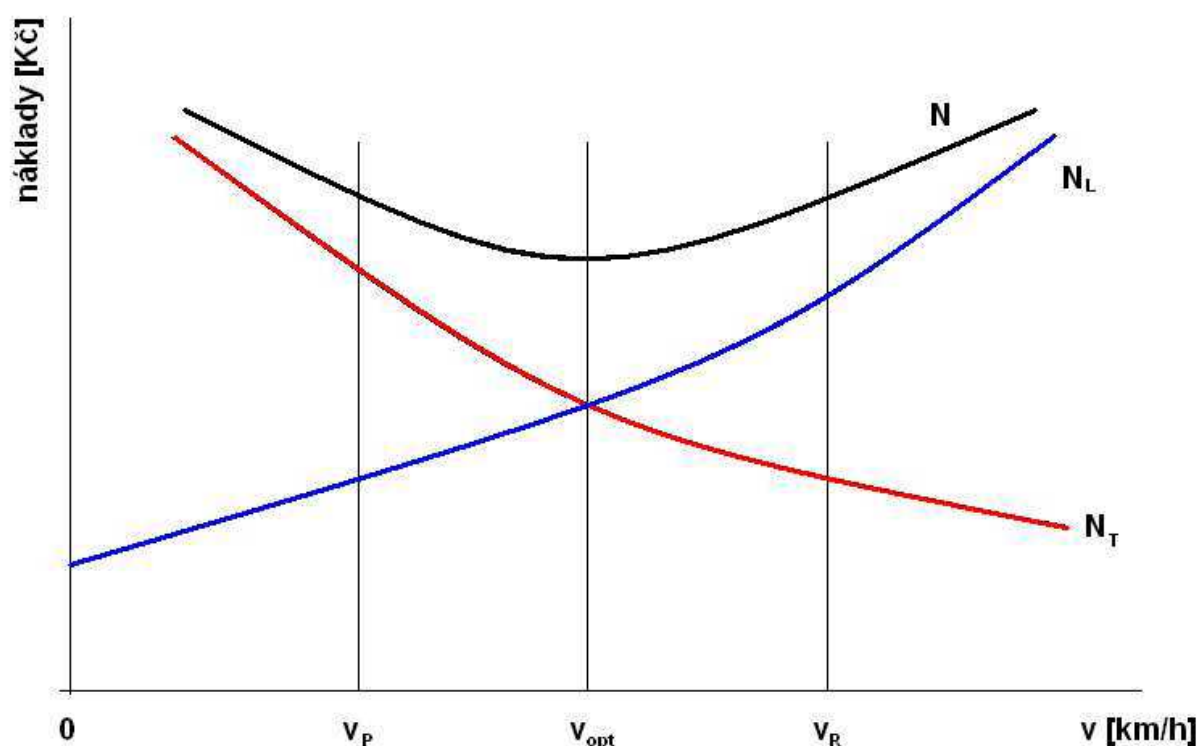
$$n = \frac{N}{L} = \frac{A \cdot T + B(v) \cdot L}{L} = A \cdot \frac{T}{L} + B(v) = \frac{A}{v} + B(v) \quad (12)$$

Oproti těmto nákladům dochází ke zvýšení složky nákladů na energii. Musí se dodat více energie, aby vlak dosáhl vyšší rychlosti, musí se překonávat i aerodynamický odpor vzrůstající s kvadrátem rychlosti (**Obr. 9**).

Při jízdě rychlostí menší než je rychlost optimální $v_P < v_{opt}$ je drahý provoz, protože splátky za vozidlo, mzdy obslužného personálu a další běží s časem, po který vozidlo jede po určeném úseku.

Při jízdě rychlostí vyšší než je rychlost optimální $v_R > v_{opt}$ sice klesají náklady závislé na rychlosti, ale zase zvyšují se aerodynamické ztráty. Je proto nutné najít optimální rychlost, při které superponování (součet) závislostí nákladů na čase a ujeté dráze budou minimální.

Na železnici je velkou výhodou schopnost tvořit vlak, tedy v zákrytu za jedinou čelní plochou dopravovat početnou skupinu vozidel. Aerodynamický odpor roste s druhou mocninou rychlosti a proto je při vyšších rychlostech tato vlastnost pro železnici přínosnější než valivý odpor. Starší kolejová vozidla často na aerodynamiku příliš nedbala, četné dosud na železnici používané lokomotivy i vozy jsou toho dodnes dokladem. Soudobá železniční vozidla již zpravidla mají velmi dobře řešenou aerodynamiku. Zejména ucelené jednotky pro dopravu osob, od regionálních až po vysokorychlostní, jsou příkladem správného technického myšlení.



Obr. 9 Vliv rychlosti na náklady

Kvadratický průběh způsobuje, že již v oblasti středních rychlostí se aerodynamická složka stává pro jízdní odpor rozhodující:

$$p_0 = a + b \cdot v + c \cdot v^2 \quad [\text{N}] \quad (13)$$

Za c můžeme dosadit:

$$c = \frac{0,5 \cdot \rho \cdot C_x \cdot S}{3,6^2 \cdot m \cdot g} \quad (14)$$

kde:

c kvadratický člen jízdního odporu

C_x tvarový index vozidla

ρ součinitel odporu vzduchu

S čelní plocha vozidla

m hmotnost vlaku

g gravitační zrychlení

Kvadratický člen jízdního odporu je závislý na tvaru vozidel a podílu velikosti průřezu čelní plochy a hmotnosti vlaku. U kolejových vozidel, ale i silničních vozidel nabývá značného rozptylu – nejnižší hodnoty mají aerodynamicky řešená štíhlá těžká vozidla, naopak hranatá lehká vozidla mají kvadratický člen jízdního odporu značně vysoký. Aerodynamika se u nich již v relativně nízkých rychlostech stává rozhodujícím faktorem energetické náročnosti. Typické hodnoty vybraných typů vozidel jsou přibližně následující:

- $c \approx 1 \cdot 10^{-4}$ N/kN(km/h)² dlouhé pečlivě aerodynamicky řešené ucelené jednotky,
- $c \approx 2 \cdot 10^{-4}$ N/kN/(km/h)² dlouhé těžké nákladní vlaky,
- $c \approx 3 \cdot 10^{-4}$ N/kN/(km/h)² dlouhé rychlíky tažené lokomotivou,
- $c \approx 4 \cdot 10^{-4}$ N/kN/(km/h)² krátké ucelené jednotky,
- $c \approx 8 \cdot 10^{-4}$ N/kN/(km/h)² těžké nákladní automobily,
- $c \approx 18 \cdot 10^{-4}$ N/kN/(km/h)² autobusy,
- $c \approx 24 \cdot 10^{-4}$ N/kN/(km/h)² osobní automobily.

Se zvyšující rychlostí stoupají i náklady na údržbu vlivem zvýšeného namáhání jednotlivých součástí.

V důsledku mnoha podob železničních vozidel (trakční vozy, ucelené jednotky, vlaky osobní či nákladní přepravy tvořené lokomotivou a jednotlivými vozy) je výsledná hodnota celkového trakčního odporu velmi různá a navíc silně závislá na rychlosti. U pomalu jedoucích dlouhých vlaků rozhoduje valivý odpor a naopak u rychle jedoucích a krátkých vlaků má dominantní vliv aerodynamika.

V nerovném terénu zvyšuje výsledný střední měrný trakční odpor sklon, a to v případě, převyšuje-li jízdní odpor a je tedy důvodem spádového brzdění. U často zastavujících vozidel je jejich celkový střední trakční odpor velmi nepříznivě zvyšován působením brzdících sil. Jejich vliv roste s druhou mocninou zábrzdě vzdálenosti zastávek. Zejména u městských a příměstských vozidel hromadné osobní dopravy zvyšuje působení brzdících sil výsledný celkový střední trakční odpor oproti stavu při jízdě rovnoměrnou rychlostí na několiknásobek.

Konkrétní hodnoty vzájemného poměru výsledných středních hodnot celkových měrných trakčních odporů (měrné energetické náročnosti) v železniční dopravě kolísají v širokých mezích, neboť jsou závislé na typu vlaku, provozních podmínkách i na rychlosti a technice jízdy. Vždy je pochopitelně nutno srovnávat vozidla stejného určení, při stejné rychlosti s ohledem na kvadratickou závislost aerodynamického odporu i ztrát kinetické energie při brzdění, ve stejném provozním režimu (plynulá jízda nebo zastávkový režim) a ve stejném charakteru terénu.

Velmi hrubě lze říci, že u železničních vozidel je střední výsledný měrný odpor v rozmezí od 20 % (u rovnoměrně jedoucích dlouhých vlaků na rovině) do 50 % (u krátkých vlaků s častými zastávkami) středního výsledného měrného odporu silničních vozidel.

4. NÁKLADY NA NÁKUP VOZIDLA A JEHO FINANCOVÁNÍ

Dopravce podnikající v železniční dopravě má více možností, jak si pořídit vozidla pro osobní dopravu. Vozidla buď již vlastní, nebo si je koupí, popřípadě pronajme.

4.1. ZPŮSOBY POŘÍZENÍ VOZIDLA

Pořízení nových kolejových vozidel je možné uskutečnit několika způsoby. Z hlediska výše finančních nákladů je optimální formou nákup za volné vlastní prostředky neboli z vlastních zdrojů. V takovém případě může dopravce vynaložené náklady postupně umořovat po celou dobu životnosti vozidla a roční odpis investice je velmi nízký.

Dopravci však mnohdy (zejména na začátku svých obchodních aktivit) nemají přebytek volného kapitálu, aby mohli naráz nakoupit nová vozidla v potřebných počtech. Proto bývá vedle přímého nákupu za vlastní prostředky volen nákup za prostředky z cizích zdrojů, mezi které patří úvěr nebo finanční leasing. Velmi často je volen i pronájem vozidel. V těchto dvou případech (prostředky z cizích zdrojů a pronájem) je nutné, aby byla společnost provozující dopravu schopna umořovat splátky. Krátce řečeno, musí být schopna si provozem vozidel na jejich splátky vydělat.

Finanční náklady s tím spojené vozidlo poněkud zdražují, ale mnohdy jde o jedinou reálnou formu, jak nákup vozidel provést i bez počátečního kapitálu. Na druhou stranu lze takto bez prodlení nabídnout cestujícím atraktivní přepravní služby.

Nákup nového kolejového vozidla pro osobní přepravu je možné provést v současné době u tuzemských nebo zahraničních výrobců.

Nová vozidla vyráběná v České republice:

- jednotka řady 471 / 071 / 971,
- vícesystémová elektrická lokomotiva řady 380.

Rekonstruovaná vozidla:

- motorový vůz řady 814,
- motorový vůz řady 854.

Nová vozidla homologovaná v České republice:

UNIVERZITA PADUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana - 30 -
--	------------------------	----------------------

- motorová jednotka BR 654 RegioSprinter,
- motorová jednotka BR 642 Desiro,
- dieselelektrická lokomotiva 2016 EuroRunner (2000 kW),
- vícesystémová elektrická lokomotiva 1216 EupoSprinter (6400 kW),
- elektrická jednotka řady 680 Pendolino.

Orientace na jiná než v ČR homologovaná vozidla je problematická, neboť v takovém případě musí výrobce nést náklady spojené s tímto procesem a už musí počítat s jeho časovou náročností.

4.2. ZPŮSOBY FINANCOVÁNÍ VOZIDLA

Jednou z možností dopravce, jak si pořídit nové kolejové vozidlo pro regionální dopravu, je využití Programu pořízení a obnovy železničních kolejových vozidel v regionální osobní dopravě, který byl 14.04. 2005 schválen ministrem dopravy a v září 2005 byl program schválen Ministerstvem financí.

Cílem programu je podpora obnovy vozidlového parku železniční regionální osobní dopravy, která povede ke zlepšení kultury a kvality cestování ve veřejné dopravě a tím řešení tíživé dopravní situace na komunikacích především na hlavních tazích a ve městech. Snížení průměrného stáří vozidlového parku přispívá ke zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti systému veřejné dopravy a taktéž ke snižování emisí škodlivin do ovzduší. V rámci obnovy vozidel je prioritou přístupnost vozidel pro osoby se zdravotním a pohybovým postižením. Zvláštní podporu pak mají vozidla s ekologickým pohonem. Podpora je poskytována formou systémové investiční dotace na nákup nebo modernizaci vozidla pro regionální železniční osobní dopravu. Podpora na obnovu vozidel bude poskytována do výše 30% pořizovací ceny vozidla bez DPH a dále může být zvýšena o dalších až 20 % pořizovací ceny u vozidel závislé trakce.

Další varianta, jak zajistit částečné financování nákupu těchto vozidel, je využít strukturální fondy EU a Společný regionální operační plán (SROP). V rámci SROP bude poskytována podpora formou nevratné přímé pomoci (dotace). Výhodou tohoto programu by mělo být pořízení vozidel za finance mimo oficiální rozpočet ČR, resp. kraje. Dle pravidel, která v současné době platí, pořídí vlastník vozidla na svoje náklady a následně, po splnění všech podmínek vypisovatele dotačního programu, bude část nákladů vlastníkovy vrácena zpět. Žadatelem - konečným příjemcem,

případně konečným uživatelem mohou být obce (svazky obcí), kraje, organizace zřizované nebo zakládáné obcemi či kraji. Nesmí jimi být soukromé společnosti.

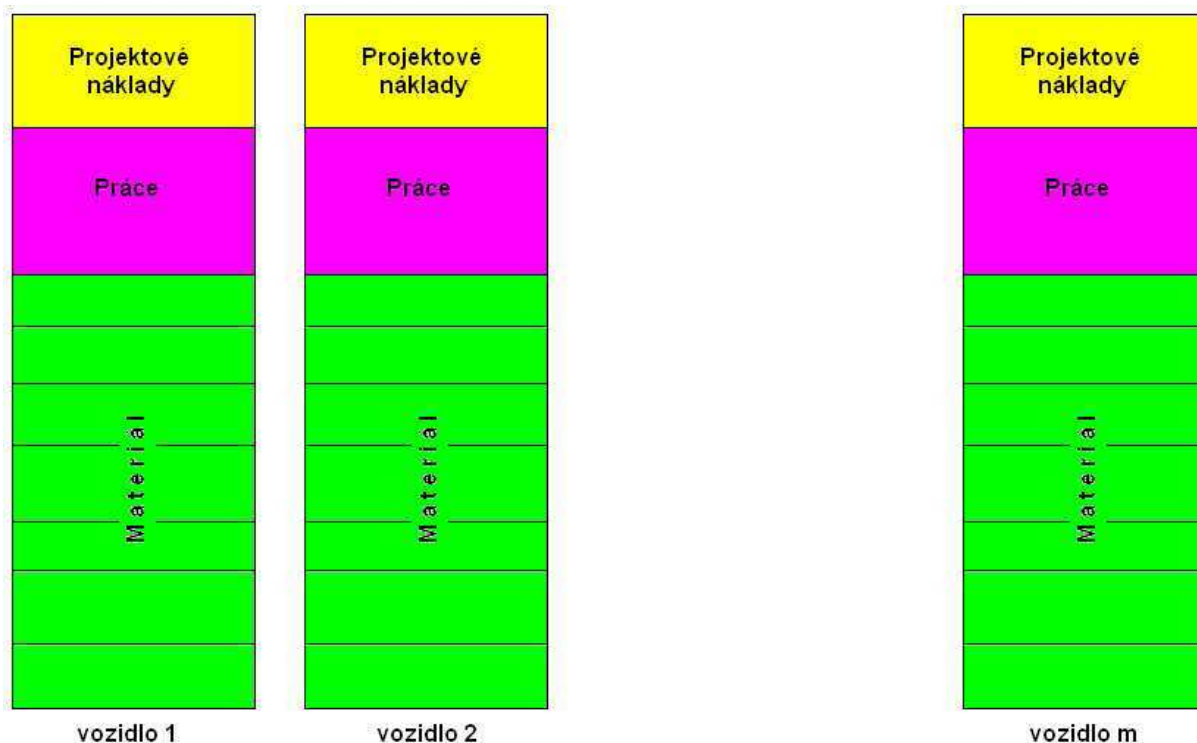
V tomto případě si musí vozidlo pořídit „nesoukromý“ subjekt (kraj, svazek obcí, obec, apod.) Toto vozidlo bude za stanovených podmínek dopravci pronajímat a smlouvy o závazku veřejné služby by měly být uzavírány na dobu minimálně 5 let. Za tuto dobu by měl být dopravce schopen dokázat, že dopravu provozuje podle představ objednavatele dopravy (kraje), a měl by být schopen předvést i něco navíc.

Zmíněný model je již uplatňován na regionálních drahách Šumperk - Kouty nad Desnou a Petrov - Sobotín, kde mimo infrastrukturu regionálních drah vlastní „Svazek obcí údolí Desné“ i drážní vozidla, která pronajímá dopravci Connex [9].

4.3. ANALÝZA CENY KOLEJOVÉHO VOZIDLA

Cena vozidla se skládá ze dvou (**Obr. 10**) základních složek:

- jednorázové náklady – projektová příprava,
- přímé (kusové) náklady – práce a materiál.



Obr. 10 Složení ceny vozidel v sériové výrobě

4.4. JEDNORÁZOVÉ A KUSOVÉ NÁKLADY KOLEJOVÝCH VOZIDEL

Jednorázové náklady obsahují veškeré náklady, které se při výrobě vozidla určitého typu projeví pouze jednou. Jsou to náklady na výzkum, vývoj, zkoušení, schvalovací proces, jakost, technologie a další. Čím více vozidel se vyrobí, tím jsou jednorázové náklady v přepočtu na jedno vozidlo nižší.

$$N_J = \frac{\sum N_{\text{proj}}}{m} \quad (15)$$

N_J jednorázové náklady

N_{proj} projektové náklady

m počet vyrobených vozidel

Kusové náklady (přímé) náklady, obsahují cenu práce nebo-li mzdy dělníků a cenu materiálu, potřebné k výrobě jednoho vozidla. Cena práce je daná počtem normohodin a sazbou za jednu hodinu práce.

$$N_K = c_{\text{pr}} \cdot s + c_{\text{mat}} \quad (16)$$

N_K kusové náklady

c_{pr} cena práce

s sazba

c_{mat} cena materiálu

Už při navrhování vozidla je nutné určit, zda se bude používat materiál od jiných výrobců, nebo se bude postupovat cestou vlastních zdrojů. Každé vozidlo má hlavní celky, které je možné opět rozdělit do stejných nákladových spekter. Vezme-li se v úvahu, že vozidlo se skládá z pojezdu, hnacího soustrojí, elektroinstalace, vzduchotechniky a dalších, je zřejmé, že pokud se budou tyto komponenty připravovat ve vlastní režii, opět cena těchto komponentů se skládá z jednorázových a kusových nákladů.

Celková cena železničního kolejového vozidla je taktéž navýšena o přiměřený zisk:

$$C = N_J + N_K + Z = N \cdot (1 + \beta) \quad (17)$$

Z zisk

β koeficient zisku

N celkové náklady

4.5. MĚRNÉ A KILOGRAMOVÉ CENY KOLEJOVÝCH VOZIDEL

Měrné a kilogramové ceny železničních kolejových vozidel (**Tab. 1**) jsou zajímavým ukazatelem posuzování ceny vozidel při uvažovaném nákupu vozidla.

Aby bylo možné porovnat různé typy vozidel, ale i různé způsoby jejich vzniku (novovýroba – rekonstrukce), je potřeba hodnotit i jejich předpokládanou životnost. Z hlediska hodnocení efektivnosti investic do kolejových vozidel pro osobní dopravu je rozhodující parametr „cena na sedadlo a na rok“, neboť ta je nejlépe porovnatelná s výnosy.

Cena vozidla je vázána na konkrétní dodací podmínky (rok dodání, způsob financování, záruka, technické provedení, vybavení, náhradní díly atd.), které u jednotlivých příkladů v tabulce nejsou úplně stejné – jde tedy o směrné hodnoty.

	471/071/971 CityElefant	814/914 Regionova	854/954	BR 654 RegioSprinter	BR 642 Desiro
Druh	nové	reko	reko	nové	nové
Cena (tisíc Kč)	217 000	30 000	27 000	47 000	78 000
Životnost (roky)	30	10	10	25	30
Hmotnost (t)	155,4	39,6	90,5	31,9	68,2
Míst k sezení	300	84	119	86	123
Délka (m)	79,2	28,44	49,29	25,17	41,7
Výkon (kW)	2000	242	588	456	550
cena/hmotnost (tisíc Kč/kg)	1,4	0,76	0,298	1,47	1,14
cena/sedadlo (tisíc Kč)	723,3	357,1	226,9	546,5	634,1
Cena/sedadlo/čas (tisíc Kč/ rok)	24,1	35,7	22,7	21,9	21,1
cena/délku (tisíc Kč/ m)	2 739,9	1 054,8	547,8	1 867,3	1 870,5
cena/výkon (tisíc Kč / kW)	108,5	123,9	45,9	103	141,8
Hmotnost/sedadlo (kg / sedadlo)	518	471	760,5	370,9	554,5
Hmotnost/délku m / kg	1962,1	1392,4	1836,1	1267,4	1635,5
Měrný výkon (kW/kg)	0,013	0,006	0,006	0,014	0,008

Tab. 1 Měrné a kilogramové ceny vozidel

5. NÁKLADY NA ÚDRŽBU A OBSLUHU VOZIDLA

V zájmu zajištění bezporuchového provozu jsou kolejová vozidla po vykonání určitého provozního výkonu přistavována k provoznímu ošetření, respektive k některému z předepsaných stupňů údržby. Provozní ošetření i údržbové práce jsou odstupňované podle počtu ujetých kilometrů kolejových vozidel, nebo podle počtu vykonaných provozních hodin. V lokomotivních depech se většinou provádí provozní ošetření a nižší stupně údržby vozidel. Vyšší stupně údržby a složité opravy vozidel se provádí v železničních opravárnách, které jsou k tomuto účelu lépe vybaveny technickými prostředky a zařízeními.

5.1. SYSTEMATIKA A STRUKTURA ÚDRŽBY KOLEJOVÉHO VOZIDLA

Opravy železničních vozidel se provádějí v pravidelných časových intervalech (periodách) – preventivní údržba. V provozu se ovšem vyskytují případy, kdy objeví poškození nebo závady na vozidlech, které je nutno opravit mimo rámec periodických oprav. Takové opravy se nazývají korektivními neplánovanými a podle rozsahu poškození vozidel se uskutečňují buď v depech nebo železničních opravárnách, při malém rozsahu poškození může být neplánovaná oprava na vozidle provedena bez přerušení provozu.

Preventivní údržba – slouží k udržení vozidla v provozuschopném stavu.

Korektivní údržba – slouží k navrácení vozidla do provozuschopného stavu.

5.2. NÁKLADY NA PREVENTIVNÍ ÚDRŽBU

Společným rysem periodických oprav nebo také je možno říci preventivní údržby všech typů železničních vozidel je (kromě toho, že se vykonávají v určitých časových cyklech) to, že jejich obsahy jsou určeny příslušnými předpisy pro opravy. Protože však právě obsahem a také délkou period se od sebe periodické opravy jednotlivých typů železničních vozidel podstatně odlišují, je dále stručně uvedeno základní rozdělení těchto oprav podle toho, jestli se týkají osobních vozů, nákladních vozů, nebo hnacích vozidel .

Periodická udržovací soustava hnacích vozidel se člení na:

- a.) provozní ošetření
- b.) periodické prohlídky
- c.) periodické opravy

Každá preventivní (periodická) oprava, prohlídka nebo provozní ošetření se skládá z určitého počtu a rozsahu opravárenských a údržbových úkonů, které se aplikují na kolejovém vozidle vždy po určitém počtu ujetých km [11]. V **Tab. 2** je uveden příklad pro železniční motorový vůz pro regionální dopravu.

Název opravy (prohlídky)	Označení	Interval prohlídky (km)	Provádí
Provozní ošetření	O	2 000	Lokomotivní depo
Periodická prohlídka malá	M	16 000	Lokomotivní depo
Periodická prohlídka velká	V	150 000	Lokomotivní depo
Periodická oprava vyvazovací	VY	350 000	Železniční opravna
Periodická oprava hlavní	H	800 000	Železniční opravna

Tab. 2 Příklad cykličnosti periodické opravy (prohlídky) železničního motorového vozu

Rozsah periodických oprav a prohlídek je vypracován přímo jako technologický postup s časovým sledem jednotlivých prací.

Při výpočtu nákladů na celý provoz vozidla je nutno počítat s tím, že provádí-li se prohlídka vyššího stupně, zároveň se provádí i práce obsažené v prohlídce všech nižších stupňů.

$$P_H = \frac{L_{\check{z}}}{L_H} \quad (18)$$

$$P_{VY} = \frac{L_{\check{z}}}{L_{VY}} - \frac{L_{\check{z}}}{L_H} \quad (19)$$

$$P_V = \frac{L_{\check{z}}}{L_V} - \frac{L_{\check{z}}}{L_{VY}} - \frac{L_{\check{z}}}{L_H} \quad (20)$$

$$P_M = \frac{L_{\check{z}}}{L_M} - \frac{L_{\check{z}}}{L_V} - \frac{L_{\check{z}}}{L_{VY}} - \frac{L_{\check{z}}}{L_H} \quad (21)$$

$$P_o = \frac{L_z}{L_o} - \frac{L_z}{L_m} - \frac{L_z}{L_v} - \frac{L_z}{L_{vy}} - \frac{L_z}{L_h} \quad (22)$$

kde:

- $P_{o,M,\dots,H}$ počet jednotlivých prohlídek
 L_z ujetá dráha za dobu životnosti
 $L_{o,M,\dots,H}$ ujetá dráha mezi prohlídkami

Předpokládá-li se, že ujetá dráha železničního kolejového vozidla za celou dobu jeho života je například 3 500 000 km, vyjdou hodnoty (**Tab. 3**), ze kterých je potom možné dostat celkové náklady na údržbu na jeden kilometr.

<i>Prohlídka</i>	<i>Pracnost (Normohodiny)</i>	<i>Cena práce (tis. Kč)</i>	<i>Materiál (tis. Kč)</i>	<i>Náklady (tis. Kč)</i>	<i>Počet prohlídek</i>	<i>Náklady/km (Kč)</i>
O	5	2	1,5	3,5	1532	1,53
M	100	40	10	50	195	2,79
V	500	200	50	250	13	0,93
VY	1 250	500	1 000	1 500	6	2,57
H	2 000	800	2 200	3 000	4	3,42
Celkové náklady / km (Kč)						11,25

Tab. 3 Náklady na preventivní údržbu

5.3. NÁKLADY NA KOREKTIVNÍ ÚDRŽBU

V provozu se vyskytují případy, kdy se objeví poškození nebo závady na vozidlech, které je nutno opravit mimo rámec periodických oprav. Takové opravy se nazývají korektivními (neplánovanými) a podle rozsahu poškození vozidel se uskutečňují buď v depech nebo železničních opravárnách, při malém rozsahu poškození může být neplánovaná oprava na vozidle provedena přímo v provozu.

Při korektivních opravách se většinou opravují závady na železničních vozidlech, které vznikly v důsledku chybné obsluhy, únavového poškození určité součástky nebo celku nebo v důsledku mimořádných událostí (vykolejení, srážka vozidel, apod.). Souhrnně se dá říci, že neplánované opravy jsou všechny opravy, vykonávané mezi periodickými opravami.

Rozeznáváme následující typy korektivních (neplánovaných) oprav u tažených vozidel:

- neplánované opravy bez odvěšení vozu z vlakové soupravy
- neplánované opravy s odvěšením vozu z vlakové soupravy (oprava je lehčího charakteru), ale k jejímu provedení jsou potřebné určité mechanizační prostředky; provádí se na určené koleji stanice technických prohlídek nebo v opravně vozů vozového depa
- těžké neplánované opravy (vzhledem k potřebě náročnějších opravárenských prostředků se provádějí zásadně v železničních opravnách)

U hnacích vozidel registrujeme ve všeobecnosti obdobný způsob rozdělení neplánovaných oprav s tím, že rozsah oprav bez odvěšení hnacího vozidla je do značné míry na technické zdatnosti strojní čety, obsluhující hnací vozidlo. Ostatní neplánované opravy se realizují v lokomotivních depech nebo železničních opravnách.

Zpravidla se při neplánovaných opravách uskutečňují opravárenské zásahy na těchto částech vozidel:

- pojezd (oprav je většinou spojena s vývazem; většinou se jedná o závady po vykolejení: poškození ložiskových skříní, poškození dvojkolí)
- tahadlové a narážecí
- rámy podvozků a skříně vozidel (vesměs jde o deformace a trhliny, způsobené nějakou mimořádnou událostí)
- brzda (nejčastěji jde o zadření mechanického převodu brzdy, výměnu nefungujícího rozvaděče, výměnu hadiových spojek tlakové brzdy apod.)
- elektrická výzbroj (opravují se poruchy elektromotorů, dynam, akumulátorových baterií, osvětlení, vytápění atd.)
- u hnacích vozidel je typickým důvodem neplánované opravy porucha hnacího agregátu nebo závada na pomocných pohonech.

Aby bylo možné zjistit náklady na korektivní údržbu, je potřeba železniční kolejové vozidlo rozdělit na jednotlivé konstrukční uzly, u kterých se provede na základě zkušeností odhad středního proběhu mezi opravami (MDBF). K jednotlivým uzlům se přiřadí předpokládané náklady na jejich opravu a z toho se opět určí celkové náklady na kilometr (**Tab. 4**). Podkladem k těmto hodnotám jsou dlouhodobě vedené statistické přehledy poruchovosti vozidel a nákladů na jejich odstranění (materiál + mzdy).

<i>Uzly</i>	<i>MDBF (tis. km)</i>	<i>Počet uzlů</i>	<i>Náklady (tis. Kč)</i>	<i>Náklady / ujetá dráha (Kč/km)</i>
Dvojkolí	200	4	250	5,0
Spalovací motor	100	1	100	1,0
Kompresor	250	2	50	0,4
Budič	300	1	20	0,07
Nabíjecí dynamo	300	1	20	0,07
akumulátor	50	1	150	3,0
Celkové náklady / km (Kč)				9,54

Tab. 4 Náklady na korektivní údržbu (opravu) konstrukčních uzlů

5.4. NÁKLADY NA ÚKLID A UDRŽOVÁNÍ ČISTOTY

Úklid a udržování čistoty se dělí na vnější a vnitřní.

Vnější očista obsahuje čištění skříně a provádí se v určitých intervalech, obvykle po 14 dnech.

Vnitřní očista se zaměřuje na úklid vnitřních prostor a obvykle se provádí každý den.

Při ročním proběhu 175 000 km je možné dojít k následujícím (**Tab. 5**) nákladům na čištění.

<i>Údržba</i>	<i>Počet mytí/rok</i>	<i>Normohodiny (hod)</i>	<i>Cena práce (Kč/hod)</i>	<i>Náklady/čas (tis. Kč/rok)</i>	<i>Náklady/ujetou dráhu (Kč/km)</i>
vnitřní	365	3	500	219	3,13
vnější	25	5	500	40	0,36
Čisticí prostředky	-	-	-	50	0,29
Náklady na čištění / km					3,78

Tab. 5 Náklady na čištění

5.5. NÁKLADY NA ODSTRAŇOVÁNÍ NÁSILNÝCH A ZÁMĚRNÝCH POŠKOZENÍ

Náklady na odstraňování násilných a záměrných poškození se určují velmi složitě. Násilná poškození jsou nehody a při záměrných poškození jde o vandalismus.

Jde o poškození, která se mohou a nemusí stát. Vychází se pouze z odhadů a z nákladů, které byly uplatněny za určité statistické období. Častěji dochází k vandalismu, přitom grafitti a poškození sedaček je v největším měřítku, ale toto poškození je v celkové míře méně nákladné, než náklady na odstraňování následků nehod (**Tab. 6**). Tyto náklady, respektive jejich část, mohou být kryty pojistkou.

<i>Nehody (tis. Kč)</i>	<i>Vandalismus (tis. Kč)</i>	<i>Celkové náklady (tis. Kč)</i>	<i>km / rok (tis. km)</i>	<i>Náklady / km (Kč)</i>
100	50	150	175	0,85

Tab. 6 Náklady na násilné a záměrné poškození

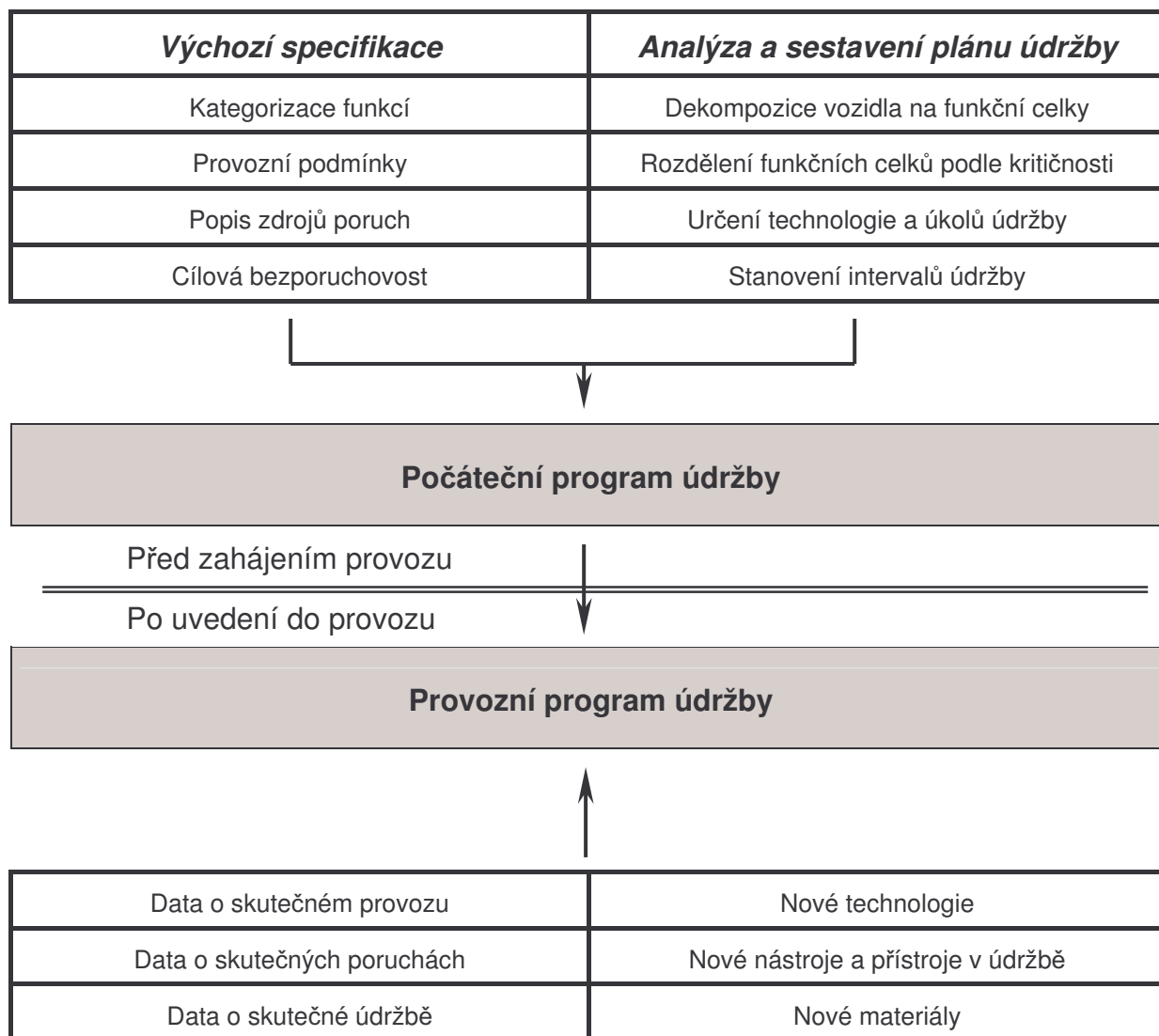
5.6. NOVÉ FORMY ÚDRŽBY

V etapě provozního využívání vozidel se zdůrazňuje potřeba dynamického (vyvíjejícího se) údržbového systému, schopného reagovat na změny provozních, ekonomických i technologických podmínek údržby. Této podmínce velmi dobře vyhovuje systém údržby orientovaný na bezporuchovost (RCM – Reliability Compagnes Model – Model bezporuchového systému). Byl vyvinut počátkem šedesátých let dvacátého století pro civilní letecký průmysl a postupně se osvědčil v dalších průmyslových odvětvích.

5.6.1. Princip programu RCM údržby

Program údržby RCM se skládá z počátečního programu údržby, na který navazuje neustále se vyvíjející program údržby. Počáteční program údržby je zpravidla definován před uvedením nových vozidel do provozu, je vypracován ve spolupráci mezi dodavatelem a provozovatelem vozidla. Provozní program údržby je vypracován s použitím počátečního programu údržby, je inicializován provozovatelem a vychází z dat a zkušeností o skutečném průběhu opotřebení, poruchách a technologickém vývoji. Počáteční program RCM může být uplatněn i po zavedení vozidel do provozu, s cílem obnovit a zlepšit existující program údržby, zejména pokud je stávající program údržby navržen pouze na základě zkušeností

nebo doporučení výrobce. Vztah počátečního a provozního programu RCM (*Obr. 11*).



Obr. 11 Schéma programů údržby RCM

V efektivním programu údržby jsou plánovány pouze takové údržbové zásahy, které jsou nutné ke splnění cílů. Ze zkušeností je zřejmé, že bezporuchovost se snižuje při provádění nepřiměřených nebo zbytečných údržbových zásahů, vlivem kterých se zvýší výskyt poruch vyvolaných opravářem.

5.6.1.1. Stanovení cílů údržby

Stanovení cílů údržby se provede rozdělením vozidla na funkční celky a jejich kategorizaci do třech základních skupin. Postup začíná identifikací celků, dále podskupin celků případně až na úroveň součástí, s cílem identifikovat funkčně

významné celky (FSI – Functional Significant Integral – Funkčně významný celek). Selky FSI jsou takové celky, jejichž předvídatelné důsledky poruch funkcí mohou způsobit:

- poruchu ovlivňující bezpečnost, životní prostředí,
- poruchu s významným dopadem na provoz,
- poruchu s významným ekonomickým dopadem.

5.6.1.2. Porucha funkce ovlivňující bezpečnost, životní prostředí

Funkčně významný celek, jehož porucha ovlivní bezpečnost je jakýkoliv detail, součást, sestava nebo celek, který významně přispívá k zachycení provozního, gravitačního, tlakového, řídicího zatížení, jehož porucha by mohla ovlivnit bezpečnostně kritickou konstrukci vozidla. Typickým příkladem je dvojkolí, systém vedení dvojkolí a vypružení, rám podvozku, mechanická i pneumatická část brzdy vozidla, tlakové nádoby. Pokud není možné zajistit dosažení cíle údržby (**Tab. 7**), je nutné celek přepracovat (navrhnout jeho konstrukci znovu), protože neexistuje způsobit zajištění bezpečného provozu.

5.6.1.3. Porucha funkce má významný dopad na provoz

V důsledku poruchy celku je nutné zavedení provozní omezení, úpravy provozu nebo obsluha musí použít postupy pro mimořádné případy. Důsledkem je přímý vliv na prodloužení jízdní doby vlaku, neschopnost vozidla vést vlak, nutnost odstranění poruchy mimo plánovanou údržbu vozidla. Je žádoucí vypracovat strategii údržby snižující pravděpodobnost poruchy na přijatelnou úroveň. Pokud není možné navrhnout tuto strategii, použije se systém údržby po poruše, v případě příliš velkých provozních sankcí je žádoucí přepracovat konstrukci celku.

5.6.1.4. Porucha funkce má významný ekonomický dopad

Důsledek poruchy celku nebrání provozu vozidla, ale spočívá v ekonomických ztrátách. Strategie údržby proto vychází z hodnocení nákladů a přínosů, program plánované údržby musí mít nižší náklady než odstranění důsledků vzniklé poruchou. Pokud není možné navrhnout vhodnou strategii údržby, použije se systém po poruše, v případě velkých ekonomických ztrát je možné požadovat změnu konstrukce celku.

V současnosti mají konstrukční celky vazbu na počítačovou diagnostiku. Závažnost poruchy se kategorizuje a zobrazuje na displeji spolu s jejím hlášením (druh závady označené např. A1, A3, B2,...).

Skupina	Specifikace celku	Cíl údržby
Porucha ovlivňující bezpečnost, životní prostředí	S velkou bezpečnostní rezervou pevnosti nad očekávaným zatížením	Zabránit první poruše
	S omezenou dobou života, predikovanou zkoušením	
	Rychlost šíření lomu (poruchy) je dostatečně malá, aby poskytla dobu k detekci	Detekovat začínající poruchu
	Vícenásobné přenášení zatížení, zatížení je přenášeno redundací	
Porucha s významným dopadem na provoz	Porucha způsobí neschopnost vozidla	Snížit pravděpodobnost poruchy na přijatelnou úroveň
	Porucha způsobí provozní omezení	
Porucha s významným ekonomickým dopadem	Porucha nebrání v provozu vozidla	Náklady na plánovanou údržbu musí být menší, než náklady na odstranění důsledků poruchy

Tab. 7 Cíle plánované údržby

5.6.2. Určení obsahu údržby

Obsah programu údržby zahrnuje plánování úkolů údržby v předem stanovených intervalech s cílem identifikovat degradační procesy a zabránit tomu, aby degradace snížila bezpečnost a bezporuchovost pod inherentní úroveň. Program údržby musí obsahovat všechny objekty FSI a skládá se ze dvou skupin.

5.6.2.1. Preventivního programu údržby vycházející z analýzy objektů FSI

Ve skupině se uvažuje použití následujících prostředků:

- Mazání, čištění, ošetřování.
- Provozní, vizuální, automatická kontrola.
- Prohlídka, zkouška funkce, monitorování stavu.
- Obnova objektu FSI.
- Vyřazení objektu FSI a nahrazení novým.

5.6.2.2. Skupina neplánovaných úkolů údržby

Cílem druhé skupiny úkolů je udržet vozidlo v přijatelném technickém stavu nebo jej obnovit do stavu, v němž může plnit svoji funkci. Úkoly se stanovují:

- Ze závěrů preventivního programu údržby.
- Ze správ o nesprávné funkci nebo o náznaku vznikající (hrozící) poruchy.

5.6.3. Předpoklady zavedení RCM údržby

Z (**Tab. 7**) je zřejmé posílení vlivu prevence v plánu údržby, předpokládá se využití zkušeností získaných po zavedení počátečního programu údržby. Zkušenosti budou reflektovat různé provozní a technologické podmínky a v důsledku toho se úpravy provozních plánů budou lišit podle míst dislokace vozidel. Je proto nutné opustit systém s pevnou údržbovou maskou stanovenou z centra a zavést novou organizaci údržby.

5.6.3.1. Systém preventivních prohlídek a oprav

Je opuštěn systém prohlídek a oprav a zavádí se členění na:

- provozní ošetření,
- technickou prohlídku,
- hlavní opravu celků vozidla, nikoliv celého vozidla.

5.6.3.2. Provozní ošetření

Náplň provozního ošetření a zejména technických prohlídek je stanovena s ohledem na bezporuchovost celků vozidla:

- bezporuchovost je vyjádřena statisticky, distribuční funkcí;
- probíhá sběr dat o poruchovosti celků, v pravidelných intervalech se upřesňují parametry distribučních funkcí;
- v pravidelných intervalech se přezkoumá obsah programu údržby.

5.6.3.3. Intenzita poruch

Sledováním intenzity poruch celků vozidla je možné stanovit okamžik provedení hlavní opravy celku, ne celého vozidla:

- cílem je využít individuálního přístupu, protože rychlost opotřebení celků vozidla není stejná;

- pokud je opravná vybavena vhodnou technologií, je možné provádět hlavní opravy celků využitím vlastních kapacit, snížit tak náklady na externí dodávky;

5.6.3.4. Údržba a oprava

Proces údržby a oprav je nutné chápat ne jako stacionární, ale pružně se měnící systém:

- je nutné reagovat na zavádění nových technologií a materiálů;
- používají se nové přístroje, nástroje a metody.

5.6.3.5. Řízení opraven

Řízení opraven z centra je prováděno zejména nepřímými nástroji:

- využívají se ekonomické nástroje řízení;
- jsou určeny technicko-ekonomické cíle, ne metody a postupy k jejich dosažení.

Závěrem je možné říci, že životní cyklus vozidla je možné rozdělit na několik navazujících etap.

V etapě provozního využití vozidla je zdůrazněna potřeba dynamicky vyvíjejícího se údržbového systému, schopného reagovat na změny provozních, ekonomických i technologických podmínek.

Této představě velmi dobře vyhovuje systém údržby orientovaný na bezporuchovost (RCM – Reliability Compagnes Model – Model bezporuchového systému) [15].

Z ekonomického hlediska jsou nové formy údržby nejen evidencí, ale i nástrojem a cílem řízení údržby. Podle nákladů se řídí údržba tak, aby náklady byly minimální při zachování bezpečnosti a spolehlivosti.

5.7. NÁKUP ÚDRŽBY

Údržbu je možné provádět dvěma způsoby:

- tradiční způsob - provozovatel udržuje vozidla sám,
- nový způsob – provozovatel se soustředí pouze na provoz a údržbu nakupuje.

Oba způsoby údržby je možné rozdělit do tří stupňů:

- 1° -údržba je prováděná provozovatelem
- 2° -údržbu provádí dodavatel, který využívá kapacity (lidí, dílny) provozovatele

- 3° -údržba plně zajišťovaná dodavatelem

5.8. POJIŠTĚNÍ

V dnešní době se i pojištění železničních kolejových vozidel stalo nezbytností při provozování drážní dopravy. I v případě kolejových vozidel je možné pojistit pro případ:

- havárie,
- živlů,
- odcizení,
- vandalismu.

Pojišťují se jen velké škody, které vycházejí z principu pravděpodobnosti. Z této strategie vychází, že pojistné je vyšší, než střední hodnota škod. Například v případě odcizení se sjednává maximální plnění do výše 500 000 Kč, u vandalismu 250 000 Kč.

Výše pojistky a bonusů je závislá na účetní hodnotě pojištěných vozidel, na velikosti spoluúčasti, na míře rizika při provozu vozidla apod (**Tab. 8**).

Účetní hodnota vozidla (tis. Kč)	Pojistná částka na 1 Kč účetní hodnoty	Počet ujetých km (tis.Kč)	Pojistná částka / km (Kč)
27 000	0,01	175	1,54

Tab. 8 Hodnota pojištění kolejového vozidla

5.9. SPRÁVA A REŽIE

Mezi náklady na provoz při zajišťování dopravy je nutné započítat i náklady na správu a režii. Mezi tyto náklady patří:

- náklady na mzdy THP zaměstnanců,
- náklady na provoz budov,
- náklady na údržbu budov.

Vezme-li se v úvahu, že dopravce provozuje 5 jednotek a roční kilometrický proběh každé je 175 000 km, náklady na roční správu a režii jsou následující (**Tab. 9**):

<i>Složka</i>	<i>Počet</i>	<i>Normohodiny (hod)</i>	<i>Cena práce (Kč)</i>	<i>Náklady (tis. Kč)</i>	<i>Náklady /dráhu (Kč)</i>
THP	15	2 024	450	13 662	15,61
Provoz budov	1	-	-	2 000	2,29
Údržba budov	1	-	-	500	0,57
Celkové náklady / km					44,49

Tab. 9 Náklady na správu a režii

5.10. PŘÍMÉ MZDY

Oproti nákladům na správu a režii jsou náklady na přímé mzdy jízdního personálu závislé na oběhu vozidel a využití pracovní doby. Je možné je vypočítat dvěma způsoby. Buď dle oběhové rychlosti a využití pracovní doby

$$N_m = \frac{S \cdot T_s}{L} = \frac{S \cdot T_{ob}}{L \cdot k} = \frac{S}{v_{ob} \cdot k} \quad (23)$$

kde:

N_m náklady na mzdu

S sazba (Kč/h)

v_{ob} oběhová rychlost

T_s doba služby

T_{ob} doba oběhu

$k = \frac{T_{ob}}{T_s}$ součinitel využití pracovní doby

nebo dle normohodin a kilometrického oběhu všech vozidel.

<i>Sazba (Kč/hod)</i>	<i>Doba směny (min)</i>	<i>Doba oběhu (min)</i>	<i>Využití pracovní doby (%)</i>	<i>Počet oběhů / směnu</i>	<i>Délka ramene (km)</i>	<i>Délka obratu (km)</i>	<i>Rychlost oběhu (km/hod)</i>	<i>Náklady /dráhu (Kč/km)</i>
234	720	169	0,70	3	53	106	37,63	8,83

Tab. 10 Náklady na přímé mzdy dle kilometrického oběhu

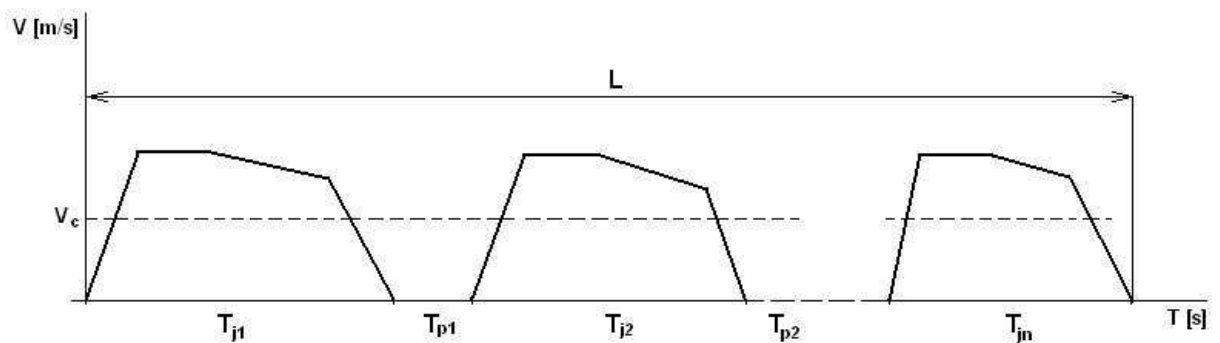
6. NÁKLADY NA DOPRAVNÍ CESTU, ENERGIÍ A DOPRAVNÍ HMOTY

Každý provozovatel drážní dopravy je v tržním prostředí nucen minimalizovat své provozní náklady. Jednou z podstatných složek těchto nákladů je cena paliv a energií spotřebovaných pro jízdu vlaků, tj. především motorové nafty a elektrické energie odebírané z troleje. Jistá část těchto provozních nákladů přitom může být výrazně ovlivněna stavem železniční infrastruktury a jejího provozování [12].

Často zastavující vlaky jsou energeticky náročnější než srovnatelně rychle jedoucí vlaky dálkové. Projevují se u nich důsledky plošné obsluhy území zastávkovým principem, jež jsou všeobecnou slabinou hromadné dopravy.

Ve srovnání s plynulou dopravou stálou rychlostí, jakou například využívá dálková železniční doprava, dochází při zastávkovém způsobu plošné obsluhy území veřejnou hromadnou dopravou osob k nárůstu spotřeby energie v důsledku častějšího vytváření a maření kinetické energie opakovaným rozjížděním a brzděním

V důsledku častého zastavování klesá technická rychlost zhruba na 70 % rychlosti maximální, následkem pobytu v zastávkách klesá cestovní rychlost až na přibližně 50 % rychlosti maximální (**Obr. 12**).



Obr. 12 Výsledná cestovní rychlost

Výsledná cestovní rychlost se vypočítá za vzorce:

$$v_c = \frac{L}{\sum_{i=1}^n T_{ji} + \sum_{i=1}^{n-1} T_{pi}} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (24)$$

kde:

v_c výsledná cestovní rychlost

T_{ji} doba jízdy mezi zastávkami

UNIVERZITA PADUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana - 50 -
--	------------------------	----------------------

T_{pi} doba pobytu v zastávkách

n počet úseků

V důsledku poklesu přepravního toku směrem k okrajům regionu vzniká nízké střední obsazení vlaku, a tedy i nízké využití přepravní nabídky [4].

6.1. STRUKTURA A VÝŠE POPLATKU ZA POUŽITÍ DOPRAVNÍ CESTY

6.1.1. Podmínky přístupu na železniční dopravní cestu

Provozovat drážní dopravu na dráze celostátní nebo regionální může právnická nebo fyzická osoba při splnění těchto podmínek:

- je držitelem platné licence pro provozování drážní dopravy (licenci v České republice uděluje Drážní úřad, na území České republiky platí i licence udělená úřadem jiného členského státu EU);
- je držitelem osvědčení dopravce;
- je finančně způsobilý k provozování drážní dopravy;
- má po celou dobu provozování drážní dopravy uzavřeno pojištění odpovědnosti ze škodu způsobenou provozem drážní dopravy a má uhrazené pojistné;
- má v celém rozsahu provozované drážní dopravy přidělenou kapacitu dopravní cesty – přiděluje přidělcé;
- byla sjednána cena za použití dopravní cesty podle cenových předpisů a stanoven způsob její úhrady
- má s provozovatelem dotčené dráhy uzavřenou smlouvu o provozování drážní dopravy, není-li provozovatel dráhy a dopravce jedna osoba;
- v případě přepravy mimořádné zásilky má s provozovatelem dráhy sjednány zvláštní technické a provozní podmínky, které tuto přepravu umožňují.

6.1.2. Cena za přidělení kapacity železniční dopravní cesty

Od 12. 12. 2004 platí tyto ceny za přidělení kapacity železniční dopravní cesty:

- 15,- Kč rámcová trasa / den – při přidělení kapacity požadované v době do 12 měsíců před dnem platnosti jízdního řádu a v termínech přidělení kapacity dopravní cesty pro sestavu jízdního řádu;

- 25,- Kč rámcová trasa / den – při ad hoc přidělení požadované volné kapacity dopravní cesty (proces projednávání jednotlivých požadavků žadatelů na přidělení kapacity železniční infrastruktury nad rámec zpracovaného jízdního řádu);
- 120,- Kč rámcová trasa / den – při jednorázovém ad hoc přidělení požadované volné kapacity dopravní cesty požadující její využití do dvou pracovních dnů od podání žádosti.

6.1.3. Maximální cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty

Podle platného výměru Ministerstva financí je cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty cenou regulovanou.

Maximální cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty pro jeden vlak se vypočte podle vzorce:

$$C_m = C_1 + C_2 \quad (25)$$

$$C_1 = S_{1E} \cdot L_E + S_{1C} \cdot L_C + S_{1R} \cdot L_R \quad (26)$$

$$C_2 = \frac{Q}{1000} \cdot (S_{2E} \cdot L_E + S_{2C} \cdot L_C + S_{2R} \cdot L_R) \cdot n \quad (27)$$

a.) na tratích bez trakčního vedení

$$C_m = S_{1E} \cdot L_E + S_{1C} \cdot L_C + S_{1R} \cdot L_{R1} + \frac{Q}{1000} \cdot (S_{2E} \cdot L_E + S_{2C} \cdot L_C + S_{2R} \cdot L_R) \cdot n \quad (28)$$

b.) na tratích s trakčním vedením

$$C_m = S_{1E} \cdot L_E + S_{1C} \cdot L_C + S_{1R} \cdot L_{R1} + \frac{Q}{1000} \cdot (S_{2E} \cdot L_E + S_{2C} \cdot L_C + S_{2R} \cdot L_R) \cdot n \cdot e \quad (29)$$

kde:

- C_m = maximální cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty dráhy celostátní nebo drah regionálních jedním vlakem pro sjednanou dopravní cestu;
- C_1 = maximální cena za použití vnitrostátní železniční dopravní cesty dráhy celostátní nebo drah regionálních jedním vlakem pro sjednanou dopravní trasu vztahená 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 vztahená 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;

UNIVERZITA PADUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana - 52 -
--	------------------------	----------------------

- S_{1E} – na tratích dráhy celostátní zařazených do evropského železničního systému ¹⁾
- S_{1C} – na ostatních tratích dráhy celostátní ¹⁾
- S_{1R} – na dráhách regionálních ¹⁾
- 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 ¹⁾
 - S_{2C} – na ostatních tratích dráhy celostátní ¹⁾
 - S_{2R} – na dráhách regionálních ¹⁾
- L = vzdálenost jízdy vlaku v kilometrech zaokrouhlená na celé km nahoru:
 - L_E – na tratích dráhy celostátní zařazených do evropského železničního systému ¹⁾
 - L_C – na ostatních tratích dráhy celostátní ¹⁾
 - L_R – na dráhách regionálních ¹⁾
- Q = hrubá hmotnost vlaku v tunách, zjištěná:
 - pro nákladní vlak jako součet hmotností železničních kolejových vozidel zařazených do vlaku (hnacích vozidel, železničních vozů, jiných kolejových vozidel na vlastních kolech včetně hmotnosti nezavěšených postrkových hnacích vozidel) a hmotnosti přepravovaných věcí, osob a živých zvířat v tunách zaokrouhlené na celé tuny nahoru;
 - pro vlak osobní přepravy jako součet hmotností železničních kolejových vozidel (hnacích vozidel, železničních vozů, jiných kolejových vozidel na vlastních kolech včetně hmotnosti nezavěšených postrkových hnacích vozidel) a hmotnosti přepravovaných věcí a cestujících (počet míst k sezení x 0,08) v tunách zaokrouhlených na celé tuny nahoru;
- n = koeficient zohledňující použití vozidel s naklápací skříní
 - u vlaků s vozidly s naklápacími skříněmi $n = 1,25$
 - u vlaků s vozidly s naklápacími skříněmi v případě, že využití naklápací technologie není dovoleno $n = 1,00$

¹⁾ Zařazení dráhy do příslušné skupiny podle charakteru tratě uvede přidělec v prohlášení o dráze vydaném podle § 34c zákona č. 266/1994 Sb., o dráhách, ve znění pozdějších předpisů. Zařazení se řídí sdělením MD č. 111/2004 Sb. (tratě označené „E“) a usnesením vlády č. 766 ze dne 20. prosince 1995 (tratě označené „R“)

- ve všech ostatních případech n = 1,00
- e = koeficient zohledňující činná hnací vozidla nezávislé trakce na elektrizovaných tratích (vztahuje se jen na část jízdy vlaku poháněného hnacím vozidlem nezávislé trakce), přičemž se vzorec modifikuje takto:

$$C_m = S_1 \cdot L + \frac{Q}{1000} \cdot S_2 \cdot [L - L_e \cdot (1 - e^p)] \quad (30)$$

Hodnoty koeficientu „e“:

- vlaky dopravované hnacím vozidlem nezávislé trakce na elektrizovaných tratích e = 1,05
- ve všech ostatních případech e = 1,00
- L_e = projatá vzdálenost na elektrizované trati s hnacím vozidlem nezávislé trakce
- p = počet hnacích vozidel přistupující ke koeficientu „e“
 - počet činných hnacích vozidel nezávislé trakce na elektrizovaných tratích v případě splnění podmínky e = 1,05 1 a více
 - ve všech ostatních případech 1 [10]

Příklady maximálních cen za použití dopravní cesty při provozování drážní dopravy (**Tab. 11**). K cenám je nutné připočítat ještě 15 Kč za den a trasu.

Druh vlaku	Složení	Hmotnost (t)	Cena řízení provozu	Cena za opotřebení infrastruktury	Cena / vlkm (Kč)
Regionální	810	25	9,23	1,39	10,62
Osobní	E + 4 vozy	80 + 160	9,23	12,71	21,94
Spěšný vlak	471/071/971	180	9,23	9,53	18,76
Rychlík	E + 8 vozů	80 + 320	9,23	21,18	30,41
Nákladní Mn	T + 200 t	280	53,31	20,77	74,08
Nákladní Pn	E + 2000 t	2080	53,31	146,91	200,22

Tab. 11 Příklady cen za použití dopravní cesty

6.2. SPOTŘEBA ENERGIE PRO TRAKCI A PRO DALŠÍ ÚČELY

V závislosti dopravního systému na dostupnosti a ceně kapalných uhlovodíkových paliv jsou mezi jednotlivými druhy dopravy výrazné rozdíly. Některé

mohou celkem bez potíží využívat i jiné zdroje či nositele energie. Významné rozdíly mezi jednotlivými dopravními systémy jsou i v tom, jakou kvalitu přepravy poskytují [2].

Je realitou, že kolejová vozidla jsou v přepočtu na jedno sedadlo těžší než silniční. Snaha dosáhnout nízkou hmotnost vozidel má meze dané respektováním zásad bezpečnosti a pohodlí cestování. Energetickou náročnost jízdy ovlivňuje hmotnost vozidel zejména u zastávkových vlaků, opakovaně vytvářejících a brzděním mařících kinetickou energii. Naopak u rychle jedoucích dálkových vlaků je rozhodující jejich tvar, určující aerodynamický odpor, zatímco hmotnost nemá na spotřebu energie velký vliv.

Při jízdě rovnoměrnou rychlostí po rovné přímé trati určuje energetickou náročnost osobní dopravy součin jízdního odporu (který je funkcí druhé mocniny rychlosti jízdy) a hmotnosti připadající na jedno sedadlo. Měrný trakční odpor soudobého obvyklého vlaku osobní přepravy (kratší ucelená jednotka nebo delší vlak s lokomotivou) dosahuje na rovné přímé trati při ustálené rychlosti 100 km/h hodnotu zhruba 6 N/kN. Hmotnost připadající na jedno sedadlo je 550 kg + 80 kg. Výsledná energetická náročnost přepravy je úměrná součinu měrného trakčního odporu a hmotnosti. V přepočtu na jedno sedadlo činí u vlaku zhruba 0,35 dm³/100 km.

Vyšší hmotnost kolejových vozidel snižuje jejich energetické přednosti oproti silniční dopravě.

V reálných provozních podmínkách působí řada negativních faktorů. Kromě dopravování krátkých vlaků těžkými lokomotivami, použití vozidel nevhodných aerodynamických tvarů jde především o vliv traťových odporů (oblouk, sklon) a zejména o časté použití brzděné síly u zastávkových vlaků. Všechny tyto vlivy zvyšují spotřebu paliva nad uvedenou hodnotu.

Při plošné obsluze území hromadnou dopravou je využíván zastávkový princip. Tato skutečnost znevýhodňuje hromadnou dopravu oproti individuálním nejen výrazným snížením technické a zejména cestovní rychlosti (na zhruba 50 – 60 % rychlosti maximální), ale i v oblasti energetiky, a to velmi zásadním způsobem. Individuální doprava řeší spojení začátečního a koncového bodu cesty bez mezilehlých zastávek, ale pro hromadnou dopravu jsou typické četné zastávky. Ty znamenají velké ztráty kinetické energie brzděním – energetická náročnost zastávkové jízdy je proto výrazně vyšší než prosté jízdy bez zastávek. Vytváření kinetické energie rozjezdem vyžaduje zrychlující sílu, v důsledku níž je výsledný měrný trakční odpor zvýšen o zrychlující složku:

$$p_a = \frac{E_k}{m \cdot g \cdot L} = \frac{0,5 \cdot \xi \cdot m \cdot v^2}{3,6^2 \cdot m \cdot g \cdot L} = \frac{0,5 \cdot \xi \cdot v^2}{3,6^2 \cdot g \cdot L} = 0,0039 \cdot \xi \cdot \frac{v^2}{L} \quad (31)$$

kde:

p_a	.....	zrychlující složka měrného trakčního odporu [N/kN; km/h; km]
E_k	.....	kinetická energie
ξ	.....	součinitel rotujících hmot
m	.....	hmotnost vlaku
v	.....	rychlost vlaku
g	.....	gravitační zrychlení
L	.....	vzdálenost zastávek

Měrný odpor zrychlujících sil je dost velký, například pro rychlost 100 km/h a vzdálenost zastávek 4 km dosahuje při součiniteli rotujících hmot 1,15 hodnotu 11 N/kN. To je téměř dvojnásobek jízdního odporu při rychlosti 100 km/h.

Vliv zastávek se velmi nepříjemně projevuje. U kolejových vozidel působí dva významné faktory.

Prvý faktor způsobuje absolutní zvýšení spotřeby paliva častými zastávkami a je jím hmotnost vozidla připadající na jedno sedadlo. U kolejových vozidel s přijatelnou úrovní kultury cestování je nutno počítat s hodnotou 0,55 t. Rozjezd na rychlost 100 km/h vyvolává zvýšení spotřeby paliva zhruba o 0,04 dm³ na každou tunu hmotnosti vozidla. Tedy například přibližně 4 dm³ nafty při hmotnosti vlaku 100 t. Výběhem před začátkem brzdění lze tyto ztráty poněkud snížit, avšak nikoliv odstranit.

Druhý faktor působí relativně (zvyšuje poměr energetické náročnosti jízdy se zastávkami ve vztahu k jízdě bez zastávek) a je paradoxně způsoben nižším měrným jízdním odporem kolejového vozidla, který je dán jak nižším odporem valení, tak i nižším aerodynamickým odporem. Rozjezd každé 4 km na rychlost 100 km/h představuje zvýšení trakčního odporu o 11 N/kN. Jízdní odpor osobního vlaku jedoucího rovnoměrnou rychlostí 100 km/h činí zhruba 6 N/kN, brzdění do zastávky z této rychlosti každé 4 km zvýší výsledný odpor přibližně na 15 N/kN. Četnost zastávek má proto velký vliv na spotřebu paliva. Proto je potřeba velmi zvažovat, jak často mají vlaky zastavovat, neboť každé zastavení snižuje jejich technickou

i cestovní rychlost a vede ke ztrátám energie. Tyto jsou významné zvláště u těžkých a rychle jedoucích vlaků.

Vždy je proto potřebné dávat do relace hmotnost a rychlost vozidla s počtem lidí, kteří v jednotlivých zastávkách nastoupí či vystoupí. Proto je potřebné velmi pečlivě uvážit, jaký dopravní systém volit k plošné obsluze území, aby tato obsluha byla energeticky efektivní [3].

6.3. NÁKLADY NA ELEKTRICKOU ENERGIÍ

Náklady na elektrickou energii spotřebovanou oběma trakčními proudovými soustavami ČD tvoří zhruba 5 % celkových provozních nákladů ČD. Tyto částky lze vnitřně členit na dvě skupiny, a to:

- na platby za vlastní spotřebovanou elektrickou energii,
- na platby vyvolané nevyhovující kvalitou odběru elektrické energie.

Částky vynakládané na vlastní spotřebovanou elektrickou energii lze snížit např. dokonalejší technikou vedení hnacích vozidel elektrické trakce, případně omezením ztrát vznikajících v těchto hnacích vozidlech i v napájecí soustavě [13].

Výpočet nákladů na elektrickou energii:

$$N_e = c_e \cdot E = c_e \cdot e \cdot (m \cdot L) \quad (32)$$

kde:

N_e	.....	náklady na elektrickou energii
c_e	.....	cena elektrické energie
E	.....	odebraná celková elektrická energie
e	.....	měrná spotřeba elektrická energie
m	.....	hmotnost vlaku

6.4. REKUPERACE BRZDOVÉ ENERGIE

Periodické urychlování a následné brzdění hmotnosti vozidel je průvodním jevem zastávkové hromadné dopravy s vážnými dopady na spotřebu energie. Existují jen dvě možnosti řešení tohoto jevu.

První možností je snížení hmotnosti vozidel přepravovanou s jedním cestujícím, tedy provozovat lehká vozidla a jejich nabídku míst k sezení dobře využít. Současný stav, kdy je s jedním cestujícím v průměru přepravováno kolem 3 t vozidel (zhruba 0,6 až 0,7 t vozidel připadá na jedno sedadlo a 4 až 5 sedadel připadá

na jednoho cestujícího), je zejména u zastávkových vlaků velkým handicapem železniční dopravy.

Druhou možností je neničit kinetickou (respektive ve svažitém terénu i potenciální) energii její přeměnou na teplo při třecím nebo odporovém elektrodynamickém brzdění, ale přeměnit ji rekuperačním elektrodynamickým brzděním na elektrickou energii a tu opět použít.

Potenciál úspor energie rekuperací je značný. Například v běžném provozu elektrických pětivozových jednotek typu M1 na lince C pražského metra bylo na základě dlouhodobého měření zjištěno, že rekuperačním brzděním do trakčního vedení nabízená energie činí 54 % z vozidlem odebrané trakční energie.

Efekt rekuperace závisí na poměru druhé mocniny brzdné rychlosti a vzdálenosti zastávek. Proto je rekuperace přínosem i u příměstských vlaků na železnici, které sice mají větší vzdálenost zastávek, ale jejich kinetická energie vlivem vyšší rychlosti (80 až 120 km/h) účinkem druhé mocniny vyšší. Také u nich lze (pokud je ke snižování rychlosti výhradně používána jen elektrodynamická brzda, tedy mají-li dostatečný počet trakčních dvojkolí) dosáhnout snížení spotřeby elektrické energie zhruba na polovinu.

Konvenčně řešená vozidla se spalovacím motorem, tedy dieselmechanická, dieselhydraulická a dieselelektrická, nedokáží plnohodnotně rekuperovat brzdovou energii. Jsou schopna brzdovou energii využít jen pro pomocné pohony a vlakové topení. Teprve příchod techniky mobilních statických zásobníků elektrické energie na bázi vysokokapacitních dvouvrstvých kondenzátorů nebo akumulátorových baterií přináší možnost aplikovat rekuperační brzdění i u dieselelektrických vozidel. Reálná proveditelnost zásobníků energie je neumožňuje navrhovat pro dlouhodobé spádové brzdění při velkém rozdílu nadmořských výšek, ale lze je dimenzovat na zastavovací brzdění, na opětovné využití přeměněné kinetické energie vlaku pro následující rozjezd. Tím lze zmírnit dva základní nedostatky zastávkových vlaků proti vlakům, které zastávky projíždějí:

- snížit jejich energetickou náročnost,
- zvýšením výkonu urychlit rozjezd a přispět tak k vyšší technické rychlosti.

Ještě vyššího ekonomického efektu lze aplikací dosáhnout při náhradě vozidel se spalovacím motorem (nezávislá trakce) vozidly se zásobníkem energie dobíjeným elektrickou energií ze stacionárních zdrojů (polozávislá trakce). U osobních zastávkových vlaků lze s výhodou využít principu rychlého nabíjení v zastávkách – zásobník je dobíjen po dobu desítek sekund v průběhu doby

nastupování a vystupování cestujících. Pak postačuje vybavit vozidlo relativně malým a lehkým zásobníkem energie, neboť ten je dimenzován na krátký dojezd a denně mnohokrát dobíjen. Tímto lze na vedlejších tratích i bez jejich nákladné elektrizace nahradit kapalná paliva levnější elektrickou energií.

6.5. NÁKLADY NA KAPALNÁ PALIVA

Kapalná uhlovodíková paliva z ropy a s nimi spojené náklady mají na dopravní prostředky, a tedy i na dopravu zásadní vliv. Kapalná uhlovodíková paliva mají totiž vynikající vlastnosti a přednosti:

- jsou vysoce koncentrovaným nositelem tepelné energie,
- v motorech, které jsou levné, spolehlivé a lehké, lze tepelnou energii uhlovodíkových paliv s poměrně dobrou účinností převést na mechanickou práci,
- zásobování dopravních prostředků uhlovodíkovými palivy klade minimální nároky na infrastrukturu a logistiku.

Množství paliva, které jednotlivé dopravní prostředky potřebují k přepravě jednoho cestujícího nebo na jednu tunu ložné hmotnosti:

$$B_1 = \frac{p \cdot m_1 \cdot g \cdot L}{H \cdot \eta \cdot \alpha} \quad (33)$$

kde:

- | | |
|----------|---|
| B_1 | množství paliva |
| H | výhřevnost (energetický obsah) paliva H |
| η | účinnost pohonného systému včetně vlivu vedlejší spotřeby |
| p | výsledný střední měrný trakční odpor (střední hodnota součtu všech proti směru pohybu působících sil včetně záměrné vyvolávaných sil brzdných, vztažená k celkové tíze dopravního prostředku) |
| m_1 | celková hmotnost dopravního prostředku připadající na jedno místo k sezení |
| α | stupeň vytížení (obsazení či naložení) dopravního prostředku (poměr skutečné a jmenovité přepravní kapacity) |

L délka dráhy, kterou jednotlivé dopravní systémy pro přepravu z počátečního do koncového bodu překonají

g gravitační zrychlení

Dosažením do tohoto vztahu lze snadno odvodit, že celková spotřeba paliva dopravního prostředku přepočteného na ujetou dráhu:

$$Q = \frac{B}{L} \quad (34)$$

Je to vlastně podíl střední tažné síly vozidla:

$$F = p \cdot m \cdot g \quad (35)$$

a využití energie paliva.

Při uvažování směrné hodnoty výhřevnosti kapalných uhlovodíkových paliv ($H = 10 \text{ kWh/dm}^3$) a střední celkové účinnosti pohonného systému v rozsahu palivo – obvod kol ($\eta = 30 \%$ přibližně platné pro silniční i kolejová vozidla poháněná spalovacím motorem s plnicím turbodmychadlem s nevelkým podílem volnoběžné spotřeby) lze dospět ke vztahu, podle kterého je spotřeba paliva v litrech na 100 km číselně rovna devítinásobku střední tažné síly:

$$Q = \frac{B}{L} = \frac{F}{H \cdot \eta} = 100 \cdot \frac{F}{10 \cdot 3,6 \cdot 0,3} = 9,26 \cdot F \quad [\text{dm}^3/100 \text{ km}] \quad (36)$$

Obdobně lze za stejných předpokladů odvodit vztah, podle něhož je měrná spotřeba kapalného paliva vztažená na dopravní práci a vyjádřená v litrech na tisíc hrubých tunových kilometru číselně přibližně rovna 0,9-násobku výsledného středního měrného trakčního odporu:

$$q = \frac{Q}{m} = \frac{p \cdot g}{H \cdot \eta} = \frac{p \cdot 9,81}{10 \cdot 3,6 \cdot 0,3} = 0,908 \cdot p \quad [\text{dm}^3/1000 \text{ tkm}] \quad (37)$$

Podle těchto vztahů lze například vyčíslit že zastávkový motorový osobní vlak o hmotnosti 80 t je při výsledném trakčním odporu 10 ‰ dopravován střední tažnou silou 7,8 kN a spotřebuje zhruba 73 dm^3 nafty na 100 km, tedy zhruba 9 $\text{dm}^3/1000 \text{ tkm}$ [2].

Důležitým parametrem vozidel se spalovacími motory je jejich celková účinnost v rozsahu palivo – obvod kol. moderní spalovací motory, úsporně řešené pomocné pohony a funkčně dokonalé přenosové systémy posunuly jmenovitou hodnotu účinnosti kolejových vozidel se spalovacími motory k hodnotám přes 33 %. To je významně více, než tomu bývalo v dobách používání spalovacích motorů s přirozeným nasáváním, s nepřímým vstřikem paliva či dvoudobých, v dobách

používání nedokonalých hydrodynamických přenosů a složitých pohonů dvojkolí s mnoha ozubenými koly v záběru.

Při volbě pracovního bodu spalovacího motoru na vozidlech je však potřeba si uvědomit, že optimum spotřeby paliva nebývá u spalovacích motorů totožné s maximem výkonu ani s minimem exhalací. A tak ve snaze dosáhnout co nejvyšší výkon nebo co nejnižší exhalace bývá mnohdy spalovací motor zatěžován mimo režim nejnižší spotřeby paliva. Pracovní režim spalovacích motorů na železničních vozidlech je velmi rozmanitý. Nechybějí v něm dlouhé běhy naprázdno a práce dílčím výkonem. Proto je pro hospodárný provoz vozidel se spalovacím motorem důležitá nejen spotřeba paliva při nominálním výkonu, ale i spotřeba paliva na volnoběhu a při dílčích výkonech.

Výslednou spotřebu paliva vozidla lze poměrně přesně stanovit lineárním vztahem:

$$B = b_0 \cdot T + g_{\text{dif}} \cdot A = (b_0 + g_{\text{dif}} \cdot \varepsilon \cdot P_n) \cdot T \quad (38)$$

kde:

- B spotřeba paliva [dm³]
T doba chodu naftového motoru [h]
b₀ gradient základní (volnoběžné) spotřeby paliva [dm³/h]

$$g_{\text{dif}} = \frac{dB}{dA} = \frac{1}{(\varepsilon_{\text{dif}} \cdot H)} \quad (39)$$

- g_{dif} diferenciální měrná spotřeba [dm³/kWh]
H výhřevnost paliva [kWh/dm³]
A vykonaná práce [kWh]
 $\varepsilon = P_{\text{stř}} / P_n$ zatěžovatel
P_n jmenovitý výkon

Pro kolejová vozidla je typické časově proměnlivé zatížení spalovacího motoru. Proto má na jejich hospodárnost velký vliv nejen jmenovitá, ale i základní (volnoběžná) spotřeba paliva. Gradient spotřeby paliva na volnoběhu činí u samotných přeplňovaných naftových motorů přibližně 3 % gradientu spotřeby paliva při jmenovitém výkonu. V zástavbě do vozidla se vlivem pomocných pohonů

volnoběžná spotřeba zvyšuje přibližně na 4 % gradientu spotřeby nominální. Základní volnoběžná spotřeba působí trvale, a proto se může při slabším provozním zatížení výrazně podílet na spotřebě paliva. Například při středním výkonu v úrovni 25 % výkonu jmenovitého zvyšuje základní volnoběžná spotřeba paliva energetickou náročnost vozidla o 16 %. Proto mají význam jak technická opatření ke snížení volnoběžné spotřeby, tak i provozní opatření. Ta spočívají zejména v používání vozidel s vysoce výkonnými spalovacími motory jen ve službách, kde jsou náležitě zatížena. Nikoli v méně exponovaných aplikacích, jež efektivněji zastanou vozidla s méně výkonným spalovacím motorem a tedy s nižší volnoběžnou spotřebou [4].

Doprava je druhem podnikatelské činnosti, a proto je nutno posuzovat spotřebu paliva či jiné formy energie nikoli samostatně, ale v superpozici s ostatními složkami nákladů – v součtu s náklady na nákup a údržbu dopravního prostředku, náklady za použití dopravní cesty a náklady personálními – a vždy v relaci k dosaženým tržbám a dotacím. Výnosy jsou dány získanou pozicí v tržním soutěžení s konkurenčními dopravci a ta závisí na kvalitě nabízené služby.

6.6. NÁKLADY NA OSTATNÍ PROVOZNÍ HMOTY

Se zvyšováním spolehlivosti a hospodárnosti provozu je úzce spjata sledování technického stavu strojních součástí i stavu používaných maziv. Tyto úkoly řeší tribotechnická diagnostika, která jako nedestruktivní a bezdemontážní metoda využívá mazivo jako zdroj informací o dějích a změnách v mechanických systémech, v nichž je aplikováno.

Účelné využití tribotechnické diagnostiky přináší i přes nemalé pořizovací náklady na vybavení možnost efektivního hospodaření s mazivy. Nedochozí pak k případům, že je vyměňován olej, který by mohl ještě plnit svou funkci a jeho výměna je nevýhodná nejen z ekonomického, ale i environmentálního hlediska, nebo že při striktním dodržování výměnných lhůt může být vyměňován olej nadměrně opotřeбенý, který svými vlastnostmi nesplňuje požadavky na něj kladené a dochází tak k poškození strojního zařízení. Náklady na opravy pak mnohdy přesahují investice vložené do preventivní péče zahrnující pravidelné sledování stavu zařízení metodami tribotechnické diagnostiky (**Tab. 12**).

Monitorování chemických a fyzikálních změn, ke kterým v provozu dochází, poskytuje poměrně přesnou představu o aktuálním stavu maziva a o možnostech jeho dalšího používání [14].

<i>Druh</i>	<i>Počet</i>	<i>Cena</i>	<i>Náklady (Kč)</i>	<i>Náklady / km (Kč)</i>
Rozbor oleje	8	1500	6 000	0,04
Motorový olej	120	53	6 360	0,04
Hydraulický olej	50	105	5 250	0,03
Nemrznoucí směs	100	56	5 600	0,03
Elektrická energie	-	-	100 000	0,57
Náklady na ostatní provozní hmoty / km				0,71

Tab. 12 *Náklady na ostatní provozní hmoty*

6.7. KVALITA PŘEPRAVY

Kvalita přepravy a spolu s ní i dosažitelné výnosy závisí na dvou parametrech, které zároveň zásadním způsobem ovlivňují energetickou náročnost:

- na komfortu, který vozidlo poskytuje a který ovlivňuje celkovou hmotnost vozidla,
- na době přepravy, tzn. na cestovní rychlosti.

Rychlost pohybu účinkem druhé mocniny zvyšuje dvě důležité složky trakčního odporu:

- aerodynamický odpor okolního prostředí,
- odpor zrychlujících či brzdících sil, souvisejících se změnou kinetické energie.

Tyto fyzikální skutečnosti nelze opomenout ani při vzájemném porovnávání různých dopravních systémů a vedle samotné spotřeby energie si je nutno též všimnout, při jakém komfortu a rychlosti cestování byla dosažena.

7. VÝNOSY Z PROVOZOVÁNÍ VOZIDLA

Veřejná osobní železniční doprava patří svým charakterem mezi služby veřejného zájmu (stejně jako školství, zdravotnictví, pošta apod.). Jejich zajištění a dostupnost veřejnosti je elementárním úkolem státu nebo krajů. Proto jsou tyto služby jsou subvencovány z veřejných krajských rozpočtů (daní).

Výnosy jsou v podstatě tvořeny dvěma složkami: tržbami a dotacemi. Tržby jsou úměrné počtu cestujících, dotace jsou úměrné kapacitě vozu (jednotky, vlaku). Ani jedna ze složek není striktně určena. Ceny jízdného si může dopravce určit sám, tak jak vnímá její přijatelnost cestujícími. V tomto svém rozhodování je železniční dopravce pochopitelně limitován cenovou úrovní konkurenčních (silničních) dopravců a náklady individuální automobilové dopravy. Ty jsou sice nesprávně, ale zato velmi často vnímány jen podle nákladů na pohonné hmoty.

7.1. TRŽBY Z PRODEJE JÍZDENEK

Výše cen v osobní dopravě ovlivňuje životní úroveň obyvatelstva, neboť doprava rozsahem uspokojování dopravních potřeb obyvatelstva patří mezi jeho základní potřeby. Je nutno brát v úvahu i střed veřejné osobní dopravy na straně jedné s IAD (Individuální Automobilová Doprava) na straně druhé a to bez ohledu na to, zda se to dopravcům líbí či nikoliv, protože individuální automobilová doprava stále posiluje svou již tak silnou pozici v uspokojování přepravních potřeb obyvatelstva. Proto je při stanovování výše cen důležité a nutné omezit finanční zatížení cestujících, aby se dál nepřiklíněli k IAD. Je tedy nutné nabídnout cestujícím takové podmínky, které je přesvědčí změnit jejich postoj k veřejné osobní železniční dopravě.

Každý dopravce, který provozuje pravidelnou osobní dopravu, musí zveřejnit tarifní podmínky v Přepravním a tarifním věstníku. Přepravní tarifní věstník vydává Ministerstvo financí, které určuje maximální ceny za přepravu v osobní dopravě. Dopravce je povinen zveřejnit tyto podmínky v jízdním řádu, který musí být na zastávkách, na kterých provozuje dopravu.

Tarif uchazeče při jeho maximální výši musí odpovídat platnému výměru Ministerstva financí ČR.

7.2. DOTACE OD STÁTU A OD KRAJŮ

V souvislosti s přijetím zákona 1/2005 Sb. se stát vzdal povinnosti zajišťovat dopravní obslužnost. Tímto zákonem byla zvýšena krajům náležící částka z výnosu daní téměř na trojnásobek (z 3,1 % na 8,92 %) a současně jim bylo dovoleno (nikoliv nařízeno) dopravu vykonávanou ve veřejném zájmu z prostředků kraje dotovat (**Obr. 13**). Záleží na rozhodnutí jednotlivých krajů, jakým způsobem a na jakou dopravu bude přispívat. Pokud se kraje rozhodnou změnit na dopravce na určitém obslužném rameni, vybírají nejvýhodnějšího dodavatele této služby veřejnou obchodní soutěží [17].

V současné době jsou kraje zodpovědné za plánování, kontrolu, určování jízdného a dotování finančního rozdílu z provozování vlaků regionální dopravy, jimiž dopravce zajišťuje základní dopravní obslužnost na území kraje v závazku veřejné služby. Kraj zde vystupuje jako poskytovatel dotace na uhrazení prokazatelné ztráty.

Výše prokazatelné ztráty se stanoví jako rozdíl mezi výší ekonomicky oprávněných nákladů zvýšených o přiměřený zisk a celkovými výnosy z provozování veřejné drážní osobní dopravy vlaky regionální dopravy.

Podrobné členění ekonomicky oprávněných nákladů a výnosů je uvedeno ve výkazu nákladů a výnosů z přepravní činnosti ve veřejné drážní osobní dopravě. Dopravce zajistí přiřazování ekonomicky oprávněných nákladů dle drah pro vlaky regionální dopravy v územním obvodu kraje. Do celkových výnosů se zahrnují tržby z jízdného, tržby z přepravy zavazadel, tržby za další služby související s osobní přepravou, dále přírázky a pokuty za nedodržování přepravního řádu a úhrady ztráty ze žakovského jízdného.

Celkové výnosy z veřejné drážní osobní dopravy se počítají z údajů uvedených ve všech druzích příjmových přepravních dokladů vedených v účetnictví dopravce.

Přiměřený zisk nesmí překročit 5 % ekonomicky oprávněných nákladů v souvislosti s vyhláškou 241/2005 Sb.

Vyhláška č. 241/2005 o prokazatelné ztrátě ve veřejné drážní osobní dopravě a o vymezení souběžné veřejné osobní dopravy upravuje způsob výpočtu prokazatelné ztráty [9]. Regionální osobní doprava je dotována v průměru částkou 92,36 Kč/vlkm.

Stejně postupuje i stát, pokud se rozhodne dotovat dálkovou osobní železniční dopravu. V oboru železniční osobní dálkové dopravy stát v roce 2007

finančně dorovnával provoz vlaků kategorie R a Ex v průměru částkou 132,15 Kč/vlkm [18].



Obr. 13 Vztahy mezi objednavatelem a dopravcem [16]

7.3. VÝNOSY Z REKLAMY

Reklama je v současné době velkým fenoménem propagace výrobku, služby, společnosti, obchodní značky nebo myšlenky mající za cíl především zvýšení prodeje. Dobrou marketingovou kampaní provozovatele osobní drážní dopravy se dá získat z reklamy například 5 Kč / km.

K reklamě se dá pronajmout:

- interiér vozidla,
- vnější plocha vozidla.

8. KRITÉRIA ZISKOVÉHO VYUŽITÍ VOZIDLA

Převážná většina ekonomických nákladů při dopravě osob je dána přepravní kapacitou vozidel, tedy počtem míst. Jejich skutečné obsazení ovlivňuje náklady jen minimálně, zato však určuje velikost výnosů a tím i tržeb. Stejně je to i při vyhodnocení energetické náročnosti vozidel. Ta je dána přepravní kapacitou vlaku, nikoli jeho skutečným aktuálním obsazením. Zejména při vzájemném srovnávání různých druhů doprav je velmi důležité, jaký je v provozu reálně dosahován stupeň obsazení, tedy jaký je poměr počtu (platících) cestujících ku počtu míst v dopravním prostředku [6].

8.1. VLIV OBSAZENÍ VOZIDLA NA NÁKLADY

Situace na železnici s porovnáním s leteckou a individuální automobilovou dopravou není nijak uspokojivá. Například v ČR je výsledná střední obsazenost vlaků osobní dopravy, tedy poměr přepravní poptávky ku přepravní nabídce, případně poměr osobových kilometrů a místových kilometrů, podle celoročních statistik zhruba jen 20 %. Podobné statistické hodnoty jsou dosahovány i v ostatních zemích. S každým cestujícím jsou přepravována další čtyři prázdná sedadla, tedy celkem pět míst k sezení. Vysoká hmotnost kolejových vozidel v přepočtu na jedno sedadlo a zastávkový princip hromadné osobní dopravy umocňují dopad této skutečnosti. Rozjíždět co tři kilometry s každým cestujícím tři tuny vozidel je nežádoucím energetickým prohrěškem.

Tato nepříznivá skutečnost má několik příčin, subjektivních i objektivních. Hromadná doprava sběrného typu nemůže kalkulovat s trvale rovnoměrným obsazením vozidel. To lze dokumentovat na příkladu příměstské dopravy. V ranních hodinách vyjíždějí vlaky jedoucí směrem do města z výchozí stanice téměř prázdné a až v jednotlivých zastávkách jsou postupně obsazovány. Nemají-li být před cílovou stanicí přeplněny, je jejich střední obsazení vztažené na celou jedním směrem ujetou vzdálenost zhruba 50 %. V přepravní špičce se v protisměru vrací vlaky do výchozích stanic téměř prázdné, což výsledné střední obsazení snižuje až na 25 %. S ohledem na to, že po všechny dny v týdnu není poptávka po přepravě stejná a že velikost vlaku nelze přesně volit dle potřeby, lépe řečeno dle přepravní poptávky, ale po skocích odpovídajících počtu vozů, je výsledná hodnota 20 % vcelku zřejmá.

Avšak i v této oblasti jsou možná racionalizační opatření. Je jím pásmový provoz v intervalové příměstské dopravě, kdy část vlaků je vedena v plné délce vozebního ramene a část jen zhruba do poloviny.

Dalších úspor energie se dosáhne tím, že vlaky jezdící v plné délce vozebního ramene projíždějí zastávky v té polovině tratě, která je blíže městu a je obsluhována v kratším taktu. To též pozitivně ovlivňuje jejich cestovní rychlost. Energetických úspor lze dosáhnout i snižováním přepravní kapacity vlaku v průběhu jeho trasy tím, že se odpojí jeho části v některé nácestné stanici. Tomu napomáhá možnost rychlého spojení a rozpojení několika ucelených jednotek, vybavených automatickými spřáhly. Těmito vozebními technologiemi lze ušetřit nejen cca 20 % energie, ale také odpovídající počet vozidel.

V dálkové osobní dopravě je situace odlišná. Tam může železnice po vzoru leteckých společností dosáhnout moderními rezervačními systémy a motivačními tarify výrazně vyššího středního statistického obsazení [6].

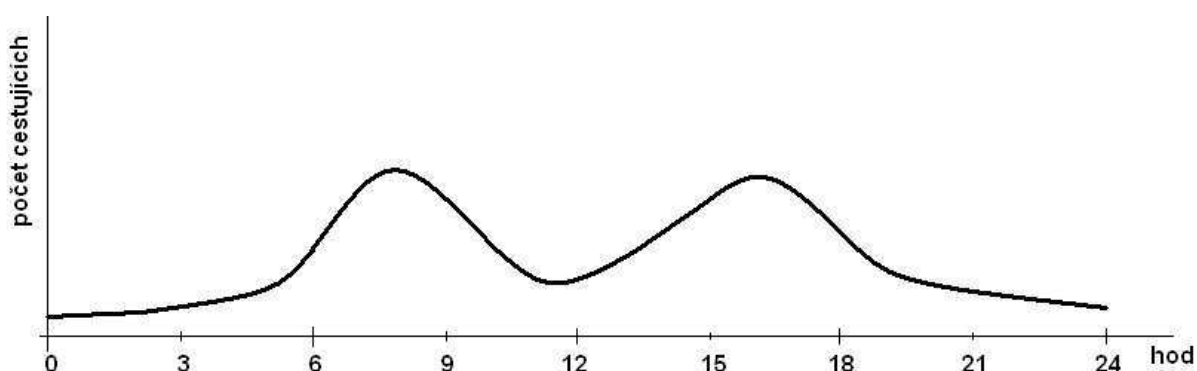
8.2. VLIV OBSAZENÍ VOZIDLA NA VÝNOSY

Obsazení vozidla (jednotky, vlaku) má velký vliv na výnosy v osobní dopravě.

8.3. ČASOVÁ PROMĚNNOST POPTÁVKY PO PŘEPRAVĚ, SEZÓNÍ VLIVY

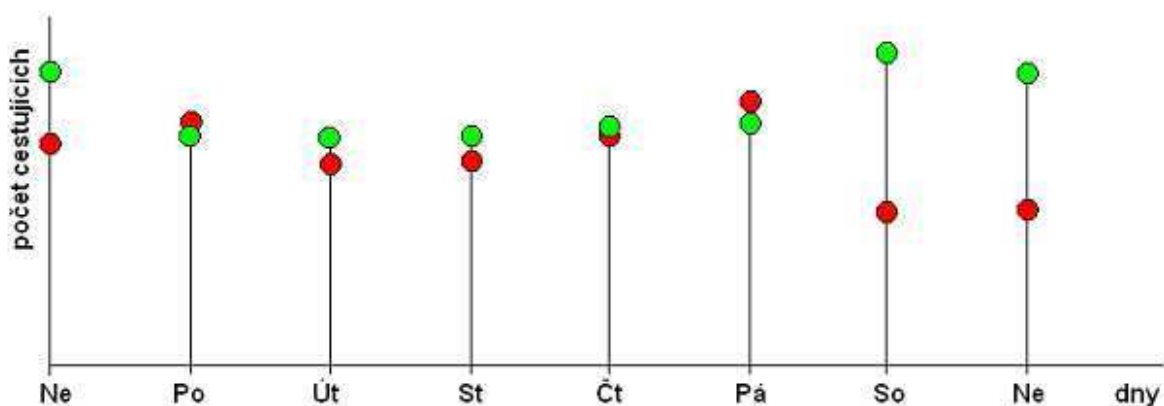
Časová proměnnost poptávky po dopravě lze rozdělit na denní, týdenní a měsíční.

U denního rozdělení nabídky a poptávky se hledí na ranní a odpolední špičku, kdy cestující ráno používají dopravu za prací a do škol, odpoledne se vrací do svých domovů (**Obr. 14**).



Obr. 14 Denní rozložení poptávky

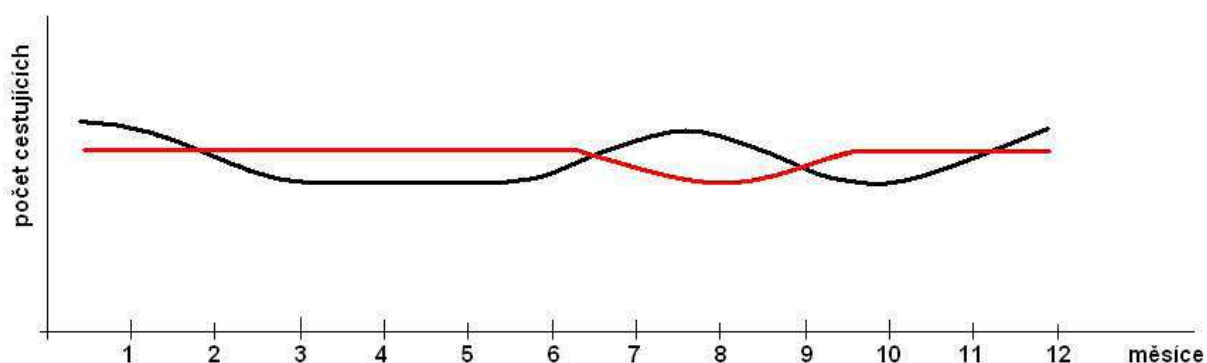
U týdenní poptávky záleží na tom, zda se v regionu používá osobní doprava do práce a škol, tedy je vyšší využití během pracovních dní, nebo je to rekreační oblast, kde se využívá více během volných dnů (**Obr. 15**).



Obr. 15 Týdenní rozložení poptávky

- - oblast s využitím spíše v dnech pracovního klidu
- - oblast s využitím spíše v pracovních dnech

U měsíční obsazenosti podobně jako u týdenní záleží na tom, zda se doprava nachází v průmyslové nebo rekreační oblasti (**Obr. 16**).



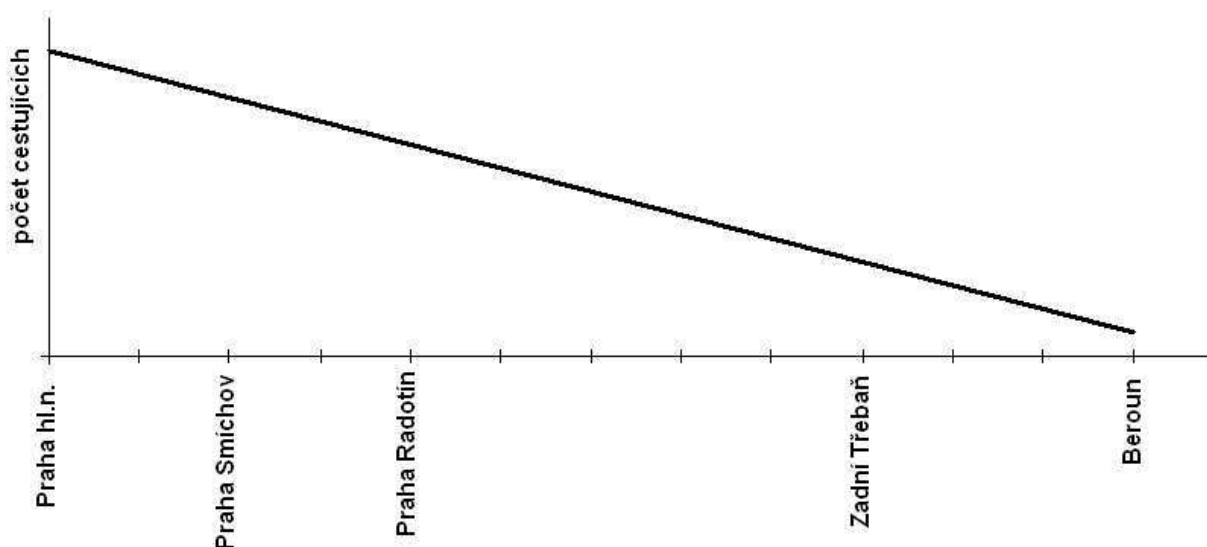
Obr. 16 Měsíční obsazenost

- - průmyslová aglomerace
- - rekreační oblast

8.4. OBSAZENÍ VOZIDEL V PŘÍMĚSTSKÉ A REGIONÁLNÍ DOPRAVĚ

Obsazení vozidel v příměstské dopravě je závislá na vzdálenosti od uzlového města. Tento problém se vyskytuje vždy v okolí velkých měst s mnoha možnostmi zaměstnání, do kterých dojíždí zaměstnanci z velkého okolí. V ranní špičce

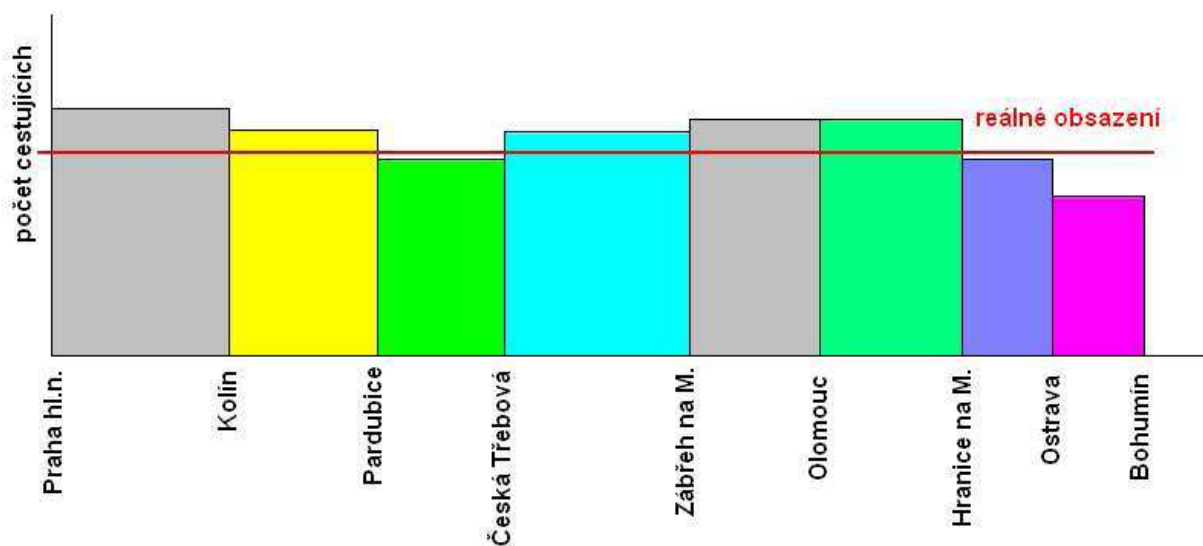
se směrem do města vlak zaplňuje, při odpolední z města vyjíždí plný a cestou se vyprazdňuje (*Obr. 17*).



Obr. 17 Obsazení cestujícími v příměstské dopravě

8.5. REÁLNÉ OBSAZENÍ VOZIDEL V DÁLKOVÉ DOPRAVĚ

V dálkové dopravě je obsazení vozidel na jiném principu. Vlak nestaví v každé zastávce. Tím je relativně jednodušší určit reálné obsazení vozidel.

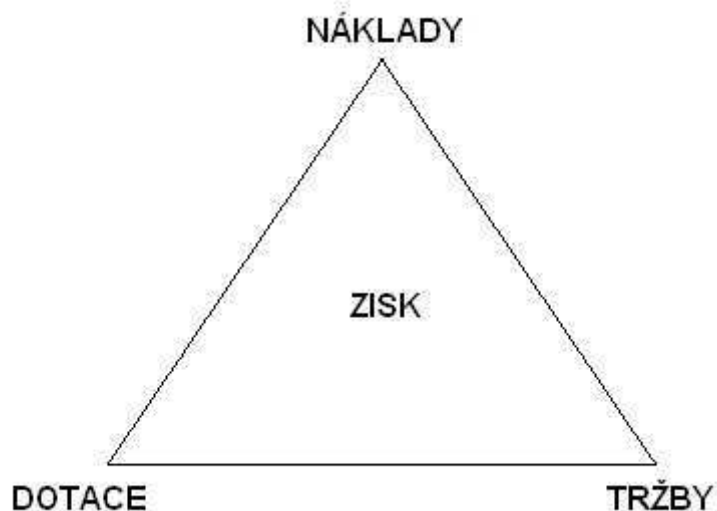


Obr. 18 Reálné obsazení v dálkové dopravě

8.6. VÝPOČET POTŘEBNÉHO OBSAZENÍ VOZIDLA

Výpočet potřebného obsazení vozidla vychází ze tří základních hodnot:

- nákladů,
- výnosů,
- dotací (**Obr. 19**).



Obr. 19 Základní finanční trojúhelník

Z (**Obr. 19**) je možné vypočítat zisk:

$$z = D + T - N = D + n_c \cdot c_j - N \quad [\text{Kč}] \quad (40)$$

kde:

z	.....	zisk
D	.....	dotace
T	.....	tržby
N	.....	náklady
n_c	.....	počet cestujících
c_j	.....	cena jízdenky / km

Ze vzorce (**39**) je možné vypočítat obsazení vozidla:

$$n_c = \frac{N + z - D}{c_j} \quad [\text{cestující}] \quad (41)$$

Minimální potřebné množství cestujících pro nulový zisk (paritní bod)

$$n_{cp} = \frac{N+z-D}{c_j} = \frac{N-D}{c_j} \quad [\text{cestující}]$$

Minimální potřebné poměrné obsazení vozidla (paritní bod = nulový zisk (**Obr. 6**)) vyjádřené procenty se získá podílem počtu cestujících při potřebném a plném obsazení vozidla:

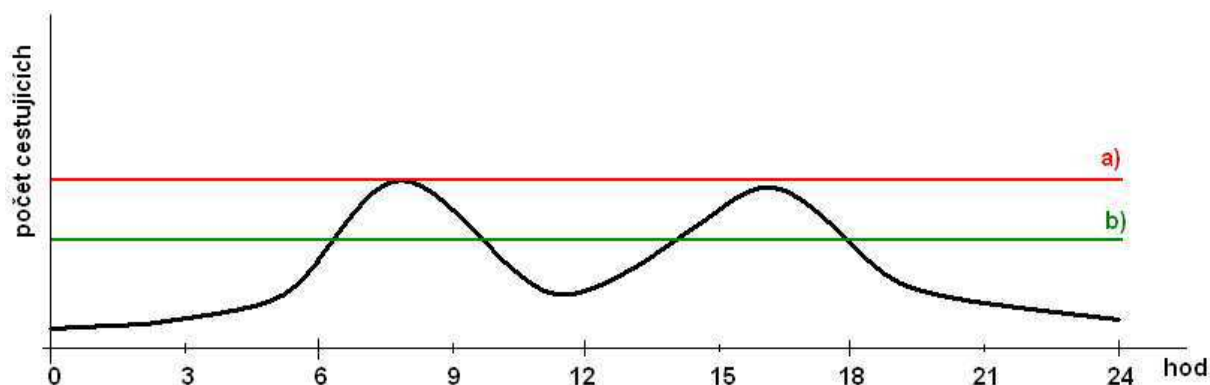
$$\eta_{cp} = \frac{n_{cp}}{M} = \frac{N-D}{M \cdot c_j} \cdot 100 \quad [\%] \quad (42)$$

kde:

- η_{cp} poměrné obsazení vozidla v paritním bodě
- n_{cp} počet cestujících v paritním bodě (obsazení)
- M počet míst (přepravní kapacita, obsaditelnost)

8.7. STRATEGIE ZVLÁDNUTÍ SEDEL A ŠPIČEK

Jsou dvě strategie zvládnutí sedel a špiček. Obě jsou odvislé od výše dotací.



Obr. 20 Obsazenost v sedlech a špičkách

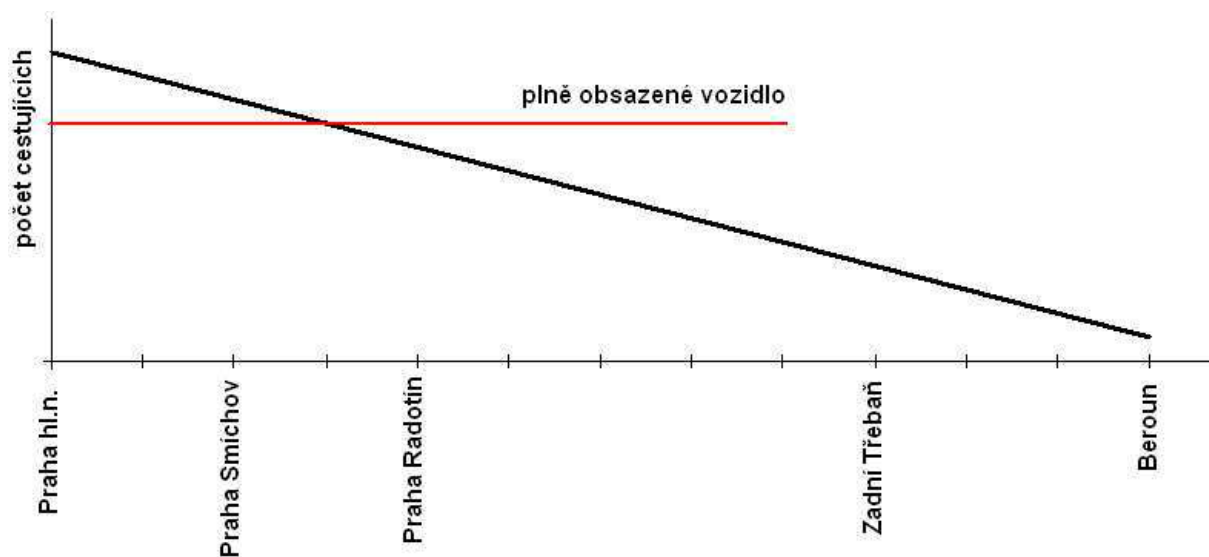
V případě a) se použije větší vozidlo popřípadě více vozidel tak, aby všichni cestující měli možnost si sednout. Toto řešení však obnáší vyšší náklady a tím pádem i zvýšení dotací, pokud bude mít krajský úřad zájem na tom, aby všichni cestující měli během jízdy dostatečné pohodlí.

Ve druhém případě se ve špičkách sníží pohodlí cestujících, ale zároveň nedojde k navýšení provozních nákladů.

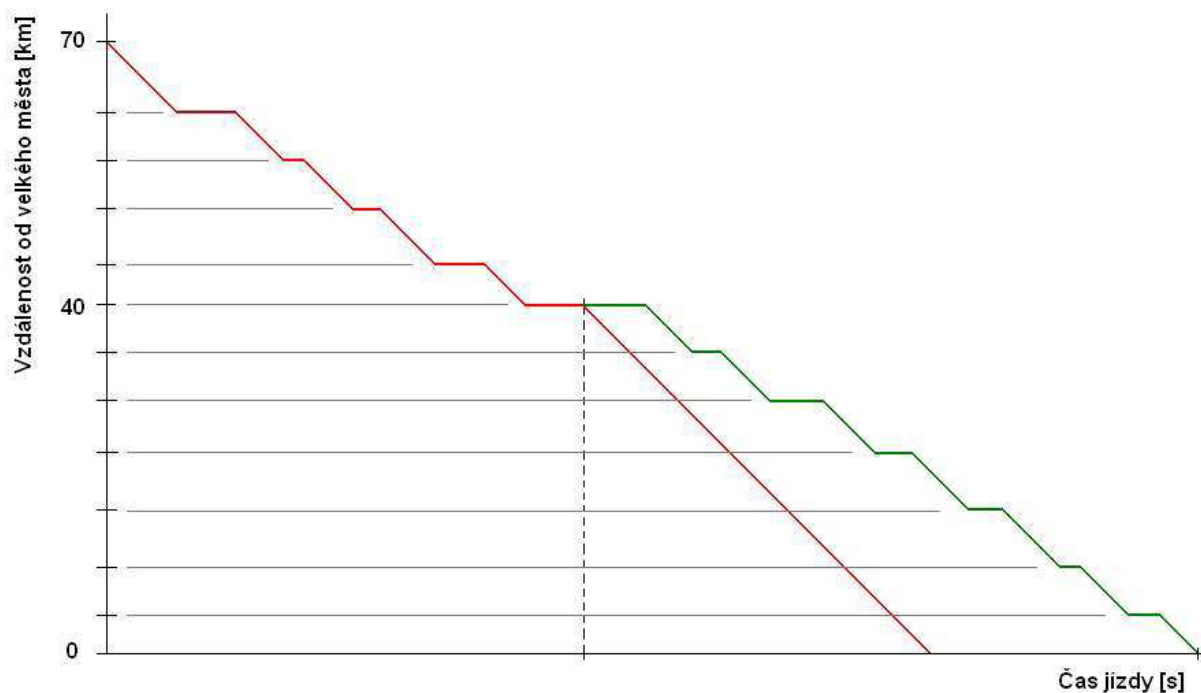
Stejný problém je nutný řešit i v případě příměstské dopravy (**Obr. 21**). Je potřeba rozhodnout, do jaké míry je možné způsobit cestujícím určité nepohodlí

v úsecích před konečnými stanicemi a tím pádem podstoupit i určité nebezpečí, že někteří cestující z důvodu nepohodlí odejdou k jinému způsobu dopravy.

Další možností je, že část úseku jede vlak zastávkově, zbytek zastávek projíždí (**Obr. 22**). Tím se sníží i náklady na provoz, protože nestaví a tím pádem se sníží spotřeba i čas potřebný k dojetí do konečné stanice. Projížděné zastávky obsluhuje druhý vlak, který vyjíždí z místa, kde předchází vlak stavěl naposledy.



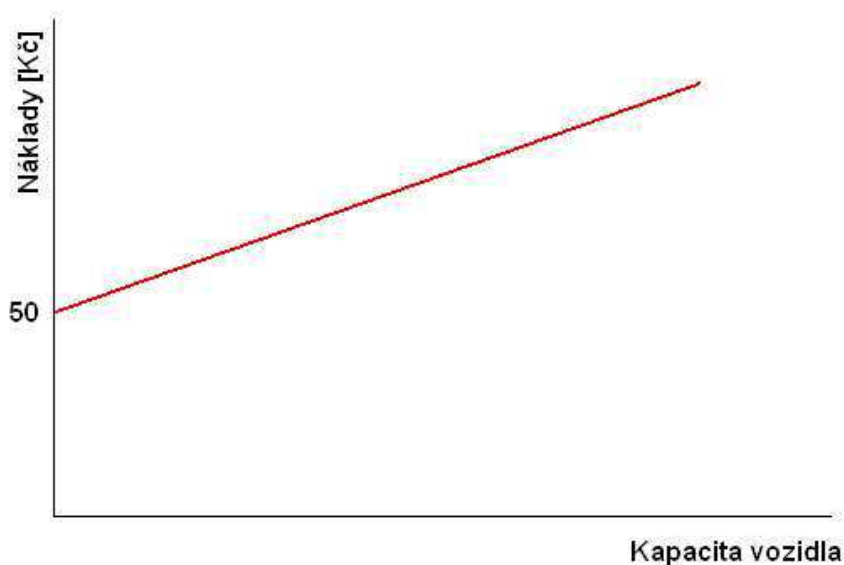
Obr. 21 Zaplnění vozidla v příměstské dopravě



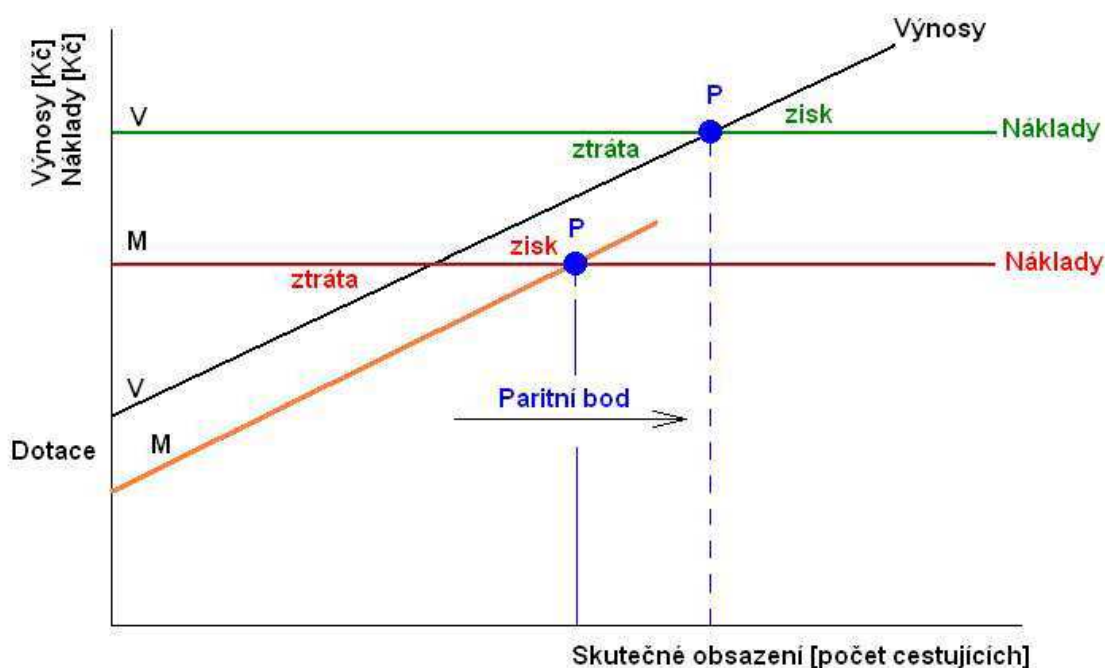
Obr. 22 Obsluha dvěma vlaky

8.8. OPTIMALIZACE TYPU A VELIKOSTI VOZIDEL

Náklady jsou závislé na kapacitě vozidla (**Obr. 23**). Nejnižší náklady jsou, obrazně řečeno, kdyby jel strojvedoucí sám na jednokolce. S kapacitou vozidla lineárně stoupají i náklady na provoz. U menších vozidel jsou nižší pořizovací náklady i nižší provozní náklady, ale k dopravě vyššího počtu cestujících je nutné použít více těchto malých vozidel. Oproti tomu při používání většího vozidla je riziko, že k úplnému naplnění vozidla dochází podstatně méně.



Obr. 23 Závislost nákladů na velikosti vozidla



Obr. 24 Vliv velikosti vozidla na ziskovost

UNIVERZITA PADUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Dislokované pracoviště Česká Třebová	DIPLOMOVÁ PRÁCE	Strana - 74 -
--	------------------------	----------------------

Velikost vozidla (V – velké vozidlo, M – malé vozidlo) (**Obr. 24**) může přinést větší výnosy, ale zároveň posouvá paritní bod **P**, který rozhoduje o zisku nebo ztrátě, a zvyšuje i náklady na provoz vozidla.

Před nasazením vozidla o určité velikosti je nutné provést tzv. sčítání a statistické vyhodnocení počtu cestujících. Moderní vozidla mají možnost kontinuálního měření skutečné okamžité obsazenosti v závislosti na tlaku vzduchu v pružinách sekundárního vinutí nesoucí vozovou skříň.

9. VÝPOČET NÁKLADŮ A VÝNOSŮ

Výpočet nákladů a výnosů vychází z předcházejících kapitol. Každá položka je popsána.

Tab. 13 je postavena pro výpočet jakéhokoliv kolejového železničního vozidla v programu Microsoft Excel. Pro názornost se vychází z výpočtu pro provoz motorové jednotky BR 652 Regiosprinter na trati Karlovy Vary – Mariánské Lázně.

Technická data vozidla:

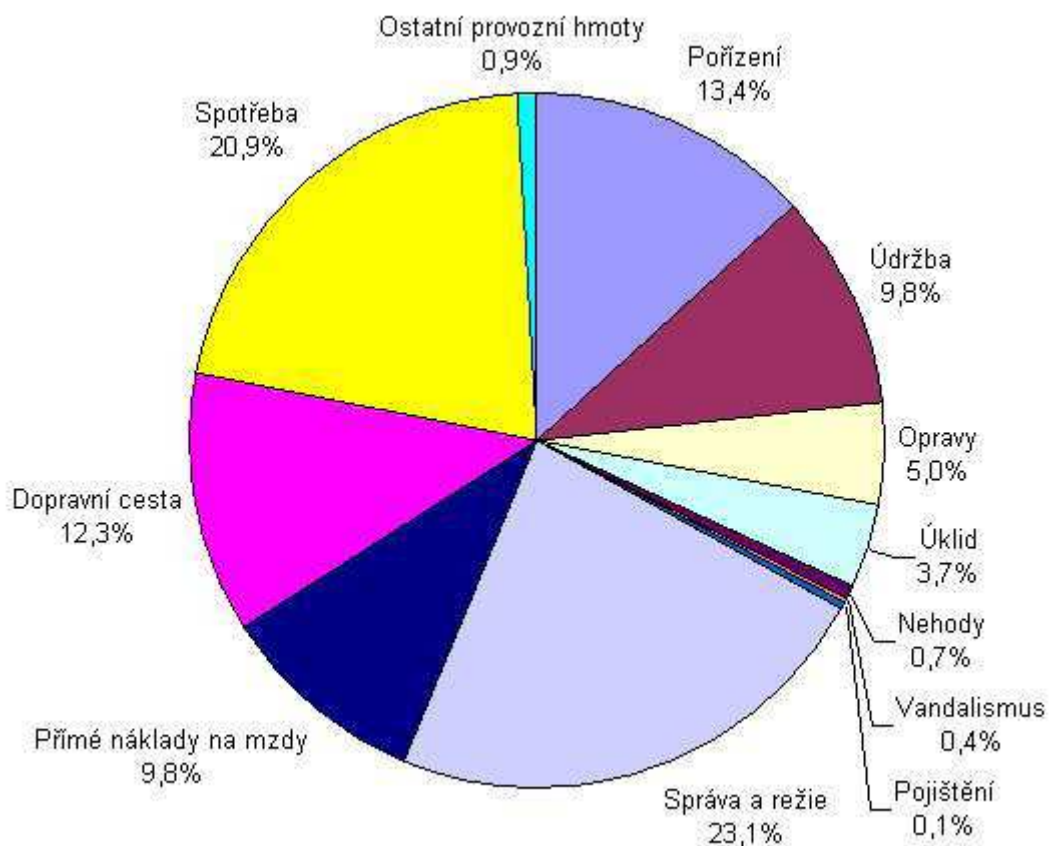
Životnost	.....	25 let
Hmotnost	.....	31,9 t
Míst k sezení	.....	86
Průměrná roční spotřeba paliva	.....	62 l/100 km
Délka	.....	49,29 m
Cena vozidla	.....	47 000 000 Kč

Parametry vlakové dopravy:

Délka ramena vlakové dopravy	.....	53 km
Počet obrátů za směnu	.....	3
Doba jízdy	.....	80 min
Doba obratu	.....	169 min
Počet vozidel	.....	2
Denní proběh	.....	530 km
Poměrné obsazení	.....	25 %

Náklady		<i>Kč/km</i>	Výnosy		<i>Kč/km</i>		
Pořízení	12,11		Jízdenky	21,70	Zisk (%)	5,00	
Údržba	8,85		Reklama	3,54			
Opravy	4,47						
Úklid	3,32						
Nehody	0,64						
Vandalismus	0,32						
Pojištění	0,12						
Správa a režie	20,82						
Přímé náklady na mzdy	8,83						
Dopravní cesta	11,07						
Spotřeba	18,91						
Ostatní provozní hmoty	0,84						
CELKEM	90,28			25,24			4,51
			Dotace			69,56	

Tab. 13 Příklad výpočtu nákladů a výnosů v osobní dopravě



Graf č. 1 Procentuální složení nákladů na provoz před optimalizací

10. ZÁVĚR

V současnosti velmi rychlým tempem stoupá přetížení silniční sítě, rok od roku se zvyšuje počet automobilů a s tím spojená individuální doprava. Přitom železniční síť, která je v České republice dostatečně hustá, není dostatečně využita. Jak pro přepravu zboží, tak pro osobní dopravu. Osobní železniční doprava musí v nejbližší době rychle sundat nálepkou nespolehlivé a hlavně nekulturní dopravy.

Tato diplomová práce se zabývá rozbořem železniční dopravy, respektive náklady a výnosy, související s osobní železniční dopravou. V předchozích kapitolách byly popsány a vyčísleny veškeré náklady a výnosy při provozování osobní železniční dopravy. Z (**Graf č. 1**) je možné vidět jednotlivé složky těchto nákladů.

Analýzou a optimalizací jednotlivých nákladů lze tyto náklady snížit.

Největší položkou jsou náklady na správu a režii. Ty lze snižovat optimálním využitím provozních budov a nákladů na jejich provoz, dále zvážení, kolik je třeba THP pracovníků k optimálnímu provozu (**Příloha č. 9**).

Dalšími vysokými náklady jsou náklady na spotřebu pohonných hmot. V současné době při stoupající ceně ropy je takřka nemožné snížit nákupní cenu paliva. Spotřeba paliva se dá snížit pouze modernějšími vozidly s nižší měrnou spotřebou nebo menšími vozidly úměrným potřebě přepravovaných cestujících (**Příloha č. 12**).

Náklady na pořízení se dají ovlivnit promyšleným nákupem vozidla vhodné velikosti nebo taktéž prodloužením životnosti (**Příloha č. 2**).

Cenu za dopravní cestu stanovuje stát a dá se ovlivnit menším vozidlem, kdy se sníží hmotnost vozidla a tím klesne druhá složka nákladů na dopravní cestu (cena infrastruktury) (**Příloha č. 11**).

Náklady na přímé mzdy lze ovlivnit lepším oběhem vozidel a s tím související optimálním využitím turnusové potřeby jízdního personálu. Taktéž lze náklady na mzdy na km snížit zvýšením oběhové rychlosti – strojvedoucí za stejný čas vykoná více práce (ujede více km) (**Příloha č. 10**).

Další podstatnou částí nákladů jsou náklady na preventivní údržbu. Ty se dají ovlivnit prodloužením proběhu vozidel mezi jednotlivými prohlídkami, ale nesmí to být na úkor jejich provozuschopnosti a bezpečnosti. Prodloužit jednotlivé intervaly je možné například používáním kvalitnějších maziv, náhradou poruchových dílů díly z kvalitnějších materiálů, modernizací jednotlivých uzlů atd. To má příznivý vliv i na

pokles nákladů na korektivní údržbu a větší počet dnů v provozu (disponibilita) (**Příloha č. 3**). Toto má příznivý vliv i na ostatní položky nákladů na provoz. Mezi náklady na provoz vozidla a jeho ročním proběhem je nepřímá úměra, tzn. čím více vozidlo za rok ujede, tím menší jsou náklady/km.

Poslední část nákladů, které dohromady v součtu obsahuje necelých 10 % lze ovlivnit velmi málo.

Výnosy lze ovlivnit různými způsoby, které mohou být ve svých důsledcích kontraproduktivní.

Zvýšit výnosy z jízdného lze například úpravou jízdného, ale navýšení cen jízdného může odvést zákazníky k jinému druhu dopravy.

Dalším možným způsobem zvýšení výnosů je zvýšení tržeb dosažitelné zlepšením obsazenosti vozidel (**Příloha č.14**) nabídnutím kulturnějšího cestování s nadstandardními službami za konkurenceschopnou cenu, které v současné době nabízí např. Student Agency v autobusové dopravě, důsledným dodržováním jízdního řádu v návaznosti na další druhy osobní dopravy (integrovaný systém dopravy) atd. (**Příloha č. 1**).

11. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] NETOČNÝ, J., SEGEŤA, J.: *Zkušenosti s analýzou nákladů životního cyklu vozidla (LCC) při projekci, konstrukci a výrobě železničních kolejových vozidel v ČKD VAGONKA, a.s. NŽT – Nová železniční technika, červen 2004, roč. 12, č. 3, s. 16-17.*
- [2] KOVÁČIK, A., POHL, J.: *Ropa a doprava (2), Železniční magazín, prosinec 2006, roč. 13, č. 12, s. 22-24.*
- [3] KOVÁČIK, A., POHL, J.: *Ropa a doprava (3), Železniční magazín, březen 2007, roč. 14, č. 3, s. 26-31.*
- [4] KOVÁČIK, A., POHL, J.: *Ropa a doprava (4), Železniční technika, květen 2007, roč. 14, č. 5, s. 30-38.*
- [5] KOVÁČIK, A., POHL, J.: *Ropa a doprava (5), Železniční technika, říjen 2007, roč. 14, č. 10, s. 24-27.*
- [6] KOVÁČIK, A., POHL, J.: *Ropa a doprava (6), Železniční technika, listopad 2007, roč. 14, č. 11, s. 23-27.*
- [7] CULEK, B.: *Základy dopravní techniky*, Pardubice: Univerzita Pardubice, 1996, 96 s., 95 – 07/DF
- [8] SELLNER, K.: *Vysokorychlostní železniční systémy*, Praha: Ministerstvo dopravy, 2003, 16 s.
- [9] FRANČÍK, T.: *Návrh veřejné osobní železniční dopravy v regionu Trutnovska*, Praha, 2006, 100 s., Diplomová práce na Dopravní fakultě ČVUT Praha. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Milan Hobza, CSc.
- [10] KAMPF, R., ZAWADA, T.: *Podmínky přístupu a poplatky za železniční dopravní cestu*. NŽT – Nová železniční technika, srpen 2006, roč. 14, č. 4, s. 8 - 11.
- [11] <http://webak.upce.cz/~lata/ZDT_e-learning/ZDT_kap_5.htm> 28.2.2008
- [12] <<http://www.cd rail.cz/VTS/CLANKY/vts22/2202.pdf>> 2.3.2008
- [13] <<http://www.cd rail.cz/VTS/CLANKY/207.pdf>> 2.3.2008
- [14] <<http://www.cd rail.cz/VTS/CLANKY/vts21/2112.pdf>> 2.3.2008
- [15] <<http://www.railvolution.net/czechraildays/craildays2/seminare/nt31.pdf>> 2.3.2008
- [16] <http://www.railvolution.net/czechraildays/craildays6/seminare/o_3.pdf> 3.3.2008
- [17] <http://www.railvolution.net/czechraildays/craildays5/seminare/v_4.pdf> 3.3.2008
- [18] KADERÁVEK, P.: *Veolia vypracovala nabídku pro dálkovou dopravu*, Železniční magazín, září 2007, roč. 14, č.9, s. 8-9.

12. PŘÍLOHY

Příloha č. 1	Optimalizované náklady a výnosy
Příloha č. 2	Náklady na pořízení vozidla
Příloha č. 3	Náklady na preventivní údržbu
Příloha č. 4	Náklady na korektivní údržbu
Příloha č. 5	Náklady na úklid
Příloha č. 6	Náklady na spoluúčast při odstraňování nehod
Příloha č. 7	Náklady na spoluúčast při odstraňování následků vandalismu
Příloha č. 8	Náklady na pojištění
Příloha č. 9	Náklady na správu a režii
Příloha č.10	Náklady na přímé mzdy
Příloha č.11	Náklady na dopravní cestu
Příloha č.12	Náklady na pohonné hmoty
Příloha č.13	Náklady na ostatní maziva a energii
Příloha č.14	Výnosy z jízdného
Příloha č.15	Výnosy z reklamy

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: DiplomovE

STACK:

(05.)
/Title
()
/Subject
(D:20080518193040)
/ModDate
()
/Keywords
(PDFCreator Version 0.8.0)
/Creator
(D:20080518193040)
/CreationDate
(Pepik Lama Josef)
/Author
-mark-

Optimalizované náklady a výnosy

Náklady	<i>Kč/km</i>	Výnosy	<i>Kč/km</i>		
Pořízení	10,59	Jízdenky	26,04	Zisk (%)	5,00
Údržba	5,54	Reklama	3,65		
Opravy	3,94				
Úklid	3,29				
Nehody	0,61				
Vandalismus	0,30				
Pojištění	0,11				
Správa a režie	18,57				
Přímé náklady na mzdy	7,57				
Dopravní cesta	11,07				
Spotřeba	18,91				
Ostatní provozní hmoty	0,84				
CELKEM	81,33		29,69		4,07

Dotace	55,71
---------------	--------------

Příloha č. 2

Náklady na pořízení vozidla

Před optimalizací

<i>cena (Kč)</i>	<i>doba životnosti (roky)</i>	<i>denní proběh (km)</i>	<i>počet provozních dní /rok</i>	<i>celkový počet ujetých km za životnost</i>	<i>cena / km (Kč)</i>
47 000 000	25	530	287	3 882 250	12,11

Po optimalizaci

<i>cena (Kč)</i>	<i>doba životnosti (roky)</i>	<i>denní proběh (km)</i>	<i>počet provozních dní /rok</i>	<i>celkový počet ujetých km za životnost</i>	<i>cena / km (Kč)</i>
47 000 000	27	530	308	4 436 100	10,59

Komentář: vyšší životnost vozidla se projeví jako větší využití (disponibilita); 287 dní → 308 dní

Příloha č. 3

Náklady na preventivní údržbu

Před optimalizací

		<i>interval prohlídky (km)</i>	<i>Doba práce (normohodiny)</i>	<i>cena normohodiny (Kč)</i>	<i>Materiál (Kč)</i>	<i>Náklady (Kč)</i>	<i>počet prohlídek</i>	<i>počet hodin / životnost</i>	<i>počet dní / rok</i>	<i>celkové náklady (Kč)</i>	<i>náklady / dráhu (Kč/km)</i>
Provozní ošetření	O	2 000	5	400	1 500	3 500	1728	8640	14	6 048 000	1,56
Periodická prohlídka malá	M	20 000	100	400	10 000	50 000	194	19400	32	9 700 000	2,50
Periodická prohlídka velká	V	200 000	500	400	50 000	250 000	12	6000	10	3 000 000	0,77
Periodická oprava vyvazovací	VY	500 000	1 250	400	1 000 000	1 500 000	4	5000	8	6 000 000	1,55
Periodická oprava hlavní	H	1 000 000	2 500	400	2 200 000	3 200 000	3	7500	13	9 600 000	2,47
									počet dní mimo provoz/rok	78	8,85

Po optimalizaci

		<i>interval prohlídky (km)</i>	<i>Doba práce (normohodiny)</i>	<i>cena normohodiny (Kč)</i>	<i>Materiál (Kč)</i>	<i>Náklady (Kč)</i>	<i>počet prohlídek</i>	<i>počet hodin / životnost</i>	<i>počet dní / rok</i>	<i>celkové náklady (Kč)</i>	<i>náklady / dráhu (Kč/km)</i>
Provozní ošetření	O	4 000	5	400	1 500	3 500	945	4725	8	3 307 500	0,75
Periodická prohlídka malá	M	30 000	100	400	10 000	50 000	147	14700	25	7 350 000	1,66
Periodická prohlídka velká	V	250 000	500	400	50 000	250 000	12	6000	10	3 000 000	0,68
Periodická oprava vyvazovací	VY	750 000	1 250	400	1 000 000	1 500 000	3	3750	6	4 500 000	1,01
Periodická oprava hlavní	H	1 500 000	2 500	400	2 200 000	3 200 000	2	5000	8	6 400 000	1,44
									počet dní mimo provoz/rok	57	5,54

Příloha č. 5

Náklady na úklid

Před optimalizací

<i>úklid</i>	<i>počet mytí za rok</i>	<i>normohodiny</i>	<i>cena normohodiny</i>	<i>úklidové prostředky</i>	<i>náklady za životnost</i>	<i>náklady / km</i>
vnitřní	293	3	500	50	10 994 825	2,83
vnější	25	5	500	500	1 875 000	0,48
						3,32

Po optimalizaci

<i>úklid</i>	<i>počet mytí za rok</i>	<i>normohodiny</i>	<i>cena normohodiny</i>	<i>úklidové prostředky</i>	<i>náklady za životnost</i>	<i>náklady / km</i>
vnitřní	310	3	500	50	12 563 370	2,83
vnější	25	5	500	500	2 025 000	0,46
						3,29

Příloha č. 6

Náklady na spoluúčast při odstraňování nehod

Před optimalizací

<i>odhadnuté náklady na spoluúčast při odstraňování následků nehod za 1 rok</i>	<i>počet ujetých km / rok</i>	<i>náklady / km</i>
100 000	155 290	0,64

Po optimalizaci

<i>odhadnuté náklady na spoluúčast při odstraňování následků nehod za 1 rok</i>	<i>počet ujetých km / rok</i>	<i>náklady / km</i>
100 000	164 300	0,61

Příloha č. 7

Náklady na spoluúčast při odstraňování následků vandalismu

Před optimalizací

<i>odhadnuté náklady na spoluúčast při vandalismu za 1 rok</i>	<i>počet ujetých km / rok</i>	<i>náklady / km</i>
50 000	155 290	0,32

Po optimalizaci

<i>odhadnuté náklady na spoluúčast při vandalismu za 1 rok</i>	<i>počet ujetých km / rok</i>	<i>náklady / km</i>
50 000	164 300	0,30

Příloha č. 8

Náklady na pojištění

Před optimalizací

<i>Pojistná částka na 1 Kč účetní hodnoty</i>	<i>Účetní hodnota vozidla (tis. Kč)</i>	<i>náklady na pojištění za rok (Kč)</i>	<i>Počet ujetých km za životnost</i>	<i>Pojistná částka / km (Kč)</i>
0,01	47 000 000	470 000	3 882 250	0,12

Po optimalizaci

<i>Pojistná částka na 1 Kč účetní hodnoty</i>	<i>Účetní hodnota vozidla (tis. Kč)</i>	<i>náklady na pojištění za rok (Kč)</i>	<i>Počet ujetých km za životnost</i>	<i>Pojistná částka / km (Kč)</i>
0,01	47 000 000	470 000	4 436 100	0,11

Příloha č. 9

Náklady na správu a režii

Před optimalizací

<i>Složka</i>	<i>Počet</i>	<i>Normohodiny (hod)</i>	<i>Cena práce (Kč)</i>	<i>Náklady (Kč)</i>	<i>Náklady / km (Kč)</i>
THP	15	2 024	450	13 662 000	17,60
Provoz budov	1	-	-	2 000 000	2,58
Údržba budov	1	-	-	500 000	0,64
Vozidla	5	-	-	-	-
Celkové náklady / km					20,82

Po optimalizaci

<i>Složka</i>	<i>Počet</i>	<i>Normohodiny (hod)</i>	<i>Cena práce (Kč)</i>	<i>Náklady (Kč)</i>	<i>Náklady / km (Kč)</i>
THP	14	2 024	450	12 751 200	15,52
Provoz budov	1	-	-	2 000 000	2,43
Údržba budov	1	-	-	500 000	0,61
Vozidla	5	-	-	-	-
Celkové náklady / km					18,57

Příloha č.10

Náklady na přímé mzdy

Před optimalizací

<i>Sazba (Kč/hod)</i>	<i>Doba směny (min)</i>	<i>Doba oběhu (min)</i>	<i>využití pracovní doby (%)</i>	<i>počet oběhů/směnu</i>	<i>délka ramena (km)</i>	<i>délka obratu (km)</i>	<i>rychlost oběhu (km/h)</i>	<i>Náklady /dráhu (Kč/km)</i>
234	720	169	0,70	3	53	106	37,63	8,83

Po optimalizaci

<i>Sazba (Kč/hod)</i>	<i>Doba směny (min)</i>	<i>Doba oběhu (min)</i>	<i>využití pracovní doby (%)</i>	<i>počet oběhů/směnu</i>	<i>délka ramena (km)</i>	<i>délka obratu (km)</i>	<i>rychlost oběhu (km/h)</i>	<i>Náklady /dráhu (Kč/km)</i>
234	720	169	0,82	3,5	53	106	37,63	7,57

Komentář: zvýšením rychlosti lze navýšit počet oběhů

Příloha č.11

Náklady na dopravní cestu

Před optimalizací

<i>hmotnost vlaku (t)</i>	<i>Cena řízení provozu (Kč/vlkm)</i>	<i>Cena infrastruktury (Kč/1000 hrtnm)</i>	<i>Poplatek / den a trasu (Kč)</i>	<i>počet tras</i>	<i>délka trasy (km)</i>	<i>počet ujetých km</i>	<i>náklady / km (Kč)</i>
32	9,23	52,96	15	5	106	530	11,07

Po optimalizaci

<i>hmotnost vlaku (t)</i>	<i>Cena řízení provozu (Kč/vlkm)</i>	<i>Cena infrastruktury (Kč/1000 hrtnm)</i>	<i>Poplatek / den a trasu (Kč)</i>	<i>počet tras</i>	<i>délka trasy (km)</i>	<i>počet ujetých km</i>	<i>náklady / km (Kč)</i>
32	9,23	52,96	15	5	106	530	11,07

Příloha č.12

Náklady na pohonné hmoty

Před optimalizací

<i>průměrná celoroční spotřeba na 100 km (l)</i>	<i>Cena paliva (Kč/l)</i>	<i>cena paliva / km</i>
62	30,5	18,91

Po optimalizaci

<i>průměrná celoroční spotřeba na 100 km (l)</i>	<i>Cena paliva (Kč/l)</i>	<i>cena paliva / km</i>
62	30,5	18,91

Příloha č.13

Náklady na ostatní maziva a energii

Před optimalizací

<i>Druh</i>	<i>Počet</i>	<i>Cena (Kč)</i>	<i>Náklady (Kč)</i>	<i>Náklady / km (Kč)</i>
Rozbor oleje	8	1500	12 000	0,08
Motorový olej (l)	120	53	6 360	0,04
Hydraulický olej (l)	50	105	5 250	0,03
Nemrznoucí směs (l)	100	56	5 600	0,04
Elektrická energie (kWh)	25000	4,03	100 750	0,65
				0,84

Po optimalizaci

<i>Druh</i>	<i>Počet</i>	<i>Cena (Kč)</i>	<i>Náklady (Kč)</i>	<i>Náklady / km (Kč)</i>
Rozbor oleje	9	1500	13 500	0,08
Motorový olej (l)	140	53	7 420	0,05
Hydraulický olej (l)	60	105	6 300	0,04
Nemrznoucí směs (l)	110	56	6 160	0,04
Elektrická energie (kWh)	26000	4,03	104 780	0,64
				0,84

Komentář: se zvýšením proběhu se musí navýšit i spotřeba ostatních používaných maziv a energií

Příloha č.14

Výnosy z jízdného

Před optimalizací

<i>počet míst ve vozidle</i>	<i>obsazenost (%)</i>	<i>cena jízdenky (kč)</i>	<i>cena jízdenky / km (Kč)</i>	<i>délka ramena (km)</i>	<i>tržby jízdného /km (Kč)</i>
86	25	46	0,87	53	21,70

Po optimalizaci

<i>počet míst ve vozidle</i>	<i>obsazenost (%)</i>	<i>cena jízdenky (kč)</i>	<i>cena jízdenky / km (Kč)</i>	<i>délka ramena (km)</i>	<i>tržby jízdného /km (Kč)</i>
86	30	46	0,87	53	26,04

Příloha č.15

Výnosy z reklamy

Před optimalizací

<i>reklama</i>	<i>cena (Kč)</i>	<i>výnos / km (Kč)</i>
vnitřní	250 000	1,61
vnější	300 000	1,93
		3,54

Po optimalizaci

<i>reklama</i>	<i>cena (Kč)</i>	<i>výnos / km (Kč)</i>
vnitřní	300 000	1,93
vnější	300 000	1,93
		3,86