

**UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA  
KATEDRA DOPRAVNÍCH PROSTŘEDKŮ A DIAGNOSTIKY**

**NÁVRH OBNOVY PARKU SILNIČNÍCH  
VOZIDEL VYBRANÉ FIRMY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**AUTOR PRÁCE: Zdeněk Petržela**

**VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Jan Famfulík, Ph.D.**

**2009**

**UNIVERSITY OF PARDUBICE  
JAN PERNER TRANSPORT FACULTY  
DEPARTMENT OF TRANSPORT MEANS AND DIAGNOSTICS**

**PROJECT OF ROAD VEHICLES PARK  
RENEWAL IN CHOSEN COMPANY**

**THESIS**

**AUTHOR: Zdeněk Petržela**

**SUPERVISOR: Ing. Jan Famfůl, Ph.D.**

**2009**

# Oficiální zadání diplomové práce

Prohlašuji:

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

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

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25. 05. 2009

Zdeněk Petržela

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi pomáhali s tvorbou této práce a za vstřícný přístup zaměstnanců Dopravního podniku Ostrava. Jmenovitě bych pak chtěl zvláště poděkovat vedoucímu mé práce panu Ing. Janu Famfulíkovi, Ph.D. za poskytnutí materiálů a věnování svého času při řešení potíží v průběhu tvorby práce a Ing. Hance Folwarczné za pomoc při překladu.

Zdeněk Petržela

## **Abstrakt**

Cílem této diplomové práce je navrhnout obnovu autobusů vozového parku Dopravního podniku Ostrava. Nejprve jsem představil firmu – Dopravní podnik Ostrava, ve které jsem řešil obnovu vozového parku. V dalších kapitolách jsem popsal metodu exponenciálních trendů, pomocí níž jsem stanovil optimální čas vyřazení autobusu z provozu a statistiku Studentova  $t$  – rozdělení náhodné veličiny pro rozšíření vypočítaných hodnot konkrétních autobusů na intervalový odhad celé skupiny autobusů stejného typu. Dále následují výpočty a doporučení na vyřazení jednotlivých autobusů a návrh nových autobusů, které by mohly vyřazené autobusy nahradit.

## **Abstract**

The goal of this thesis is to design renewal of fleet buses of Dopravní podnik Ostrava. At first I presented the company Dopravní podnik Ostrava, in which I solved renewal of fleet. There is a description of the exponential trends method, by the force of which I specified optimal time of running rejection and the statistic Student's  $t$ -distribution of variate for enlargement of calculated values particular buses on intervalic valuation of one category of buses. Further follow calculations and recommendations of particular buses a design of new type of buses which may compensate had been set aside.

# Obsah

1. Úvod.....	- 11 -
2. Dopravní podnik Ostrava a.s.....	- 13 -
2.1 Dopravní podnik Ostrava a.s. v číslech.....	- 14 -
2.2 Městská doprava v nových podmínkách – po roce 1989 .....	- 15 -
2.3 Vozový park .....	- 16 -
3. Životnost dopravních prostředků .....	- 25 -
3.1 Cena vozidla .....	- 25 -
3.2. Náklady na údržbu .....	- 26 -
3.3. Celková hodnota vozidla .....	- 27 -
3.4. Výpočet optimální doby vyřazení z provozu .....	- 28 -
4. Stanovení intervalu vyřazení autobusu .....	- 29 -
4.1. Bodový a intervalový odhad .....	- 29 -
4.2. Konstrukce intervalových odhadů.....	- 30 -
4.2.1. Studentovo t rozdělení .....	- 30 -
4.2.2. Jednostranné intervaly spolehlivosti .....	- 31 -
4.2.3. Oboustranný interval spolehlivosti.....	- 32 -
4.2.4. Odhad střední hodnoty, neznáme-li směrodatnou odchylku.....	- 32 -
5. Životnost autobusů v DPO – Poruba .....	- 33 -
5.1. Úprava dat pro metodu exponenciálních trendů .....	- 35 -
5.2. Náklady na údržbu autobusu .....	- 35 -
5.3. Hodnota autobusu odvozená od pořizovací ceny .....	- 38 -
5.4. Přepočet pořizovací ceny na stálou cenu.....	- 39 -

6.	Doby pro vyřazení autobusu z provozu .....	- 47 -
6.1.	Výpočet optimální doby vyřazení autobusu Karosa B 732.....	- 47 -
6.2.	Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 732.....	- 50 -
6.3.	Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 741 .....	- 51 -
6.4.	Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 741 .....	- 53 -
6.5.	Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 932 .....	- 53 -
6.6.	Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 932.....	- 55 -
6.7.	Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 941 .....	- 56 -
6.8.	Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 941 .....	- 57 -
6.9.	Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 952 .....	- 58 -
6.10.	Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 952.....	- 59 -
6.11.	Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 961 .....	- 60 -
6.12.	Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 961 .....	- 61 -
7.	Návrh obnovy vozového parku .....	- 63 -
7.1.	Prodej autobusů.....	- 63 -
7.2.	Nákup nových autobusů.....	- 70 -
7.2.1.	Irisbus Citelis 12M.....	- 70 -
7.2.2.	Irisbus Citelis 18M.....	- 72 -
8.	Závěr .....	- 73 -

## Seznam obrázků:

Obrázek 1 – Histogram četnosti zařazení autobusů do provozu v DPO – Poruba v jednotlivých letech.....	- 24 -
Obrázek 2 – Zastoupení typů autobusů v DPO – Poruba.....	- 24 -
Obrázek 3 – Obecný příklad poklesu ceny vozidla.....	- 26 -
Obrázek 4 – Rostoucí náklady na údržbu vozidla.....	- 27 -
Obrázek 5 – Celková hodnota vozidla.....	- 27 -
Obrázek 6 – Celková hodnota autobusu.....	- 34 -
Obrázek 7 – Exponenciála kumulativních nákladů na údržbu průměrného autobusu Karosa.....	- 37 -
Obrázek 8 – Kumulativní náklady na údržbu průměrného autobusu Karosa.....	- 48 -
Obrázek 9 – Klesající cena autobusu Karosa B 732 – HIM020028.....	- 49 -
Obrázek 10 – Celková hodnota autobusu Karosa B 732 – HIM020028.....	- 49 -
Obrázek 11 – Klesající cena autobusu Karosa B 741 – HIM020006.....	- 52 -
Obrázek 12 – Celková hodnota autobusu Karosa B 741 – HIM020006.....	- 52 -
Obrázek 13 – Klesající cena autobusu Karosa B 932 – HIM020602.....	- 54 -
Obrázek 14 – Celková hodnota autobusu Karosa B 932 – HIM020602.....	- 54 -
Obrázek 15 – Klesající cena autobusu Karosa B 941 – HIM020593.....	- 56 -
Obrázek 16 – Celková hodnota autobusu Karosa B 941 – HIM020593.....	- 57 -
Obrázek 17 – Klesající cena autobusu Karosa B 952 – HIM022152.....	- 58 -
Obrázek 18 – Celková hodnota autobusu Karosa B 952 – HIM022152.....	- 59 -
Obrázek 19 – Klesající cena autobusu Karosa B 961 – HIM020896.....	- 60 -
Obrázek 20 – Celková hodnota autobusu Karosa B 961 – HIM020896.....	- 61 -
Obrázek 21 – Průměrná doba a horní odhad ( $T_H$ ) doby vyřazení autobusů z provozu.....	- 62 -
Obrázek 22 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 732 pro dané doby provozu.....	- 67 -
Obrázek 23 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 741 pro dané doby provozu.....	- 67 -
Obrázek 24 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 932 pro dané doby provozu.....	- 68 -
Obrázek 25 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 941 pro dané doby provozu.....	- 68 -
Obrázek 26 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 952 pro dané doby provozu.....	- 69 -
Obrázek 27 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 961 pro dané doby provozu.....	- 69 -

## Seznam tabulek:

Tabulka 1 – Náklady na údržbu průměrného autobusu Karosa.....	- 36 -
Tabulka 2 – Kumulativní náklady na údržbu průměrného autobusu Karosa.....	- 37 -
Tabulka 3 – Odpisy ceny autobusů v DPO – Poruba [4].....	- 38 -
Tabulka 4 – Meziroční nárůst cen [8].....	- 41 -
Tabulka 5 – Hodnoty přepočítávacího koeficientu $k_{ef}$ .....	- 43 -
Tabulka 6 – Seznam autobusů Karosa ve vozovém parku DPO – Poruba [4].....	- 44 -
Tabulka 7 – Kumulativní náklady na údržbu pro průměrný autobus Karosa.....	- 47 -
Tabulka 8 – Klesající cena autobusu Karosa B 732 – HIM020028.....	- 48 -
Tabulka 9 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 732 z vozového parku DPO – Poruba.....	- 50 -
Tabulka 10 – Výpočet $T_H$ Karosa B 732.....	- 51 -
Tabulka 11 – Data pro sestrojení exponenciály ceny Karosa B 741.....	- 51 -
Tabulka 12 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 741 z vozového parku DPO – Poruba.....	- 53 -
Tabulka 13 – Výpočet $T_H$ Karosa B 741.....	- 53 -
Tabulka 14 – Data pro sestrojení exponenciály klesající ceny Karosa B 932 – HIM020602.....	- 53 -
Tabulka 15 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 941 z vozového parku DPO – Poruba.....	- 55 -
Tabulka 16 – Výpočet $T_H$ Karosa B 932.....	- 55 -
Tabulka 17 – Data pro sestrojení exponenciály klesající ceny Karosa B 941 – HIM020593.....	- 56 -
Tabulka 18 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 941 z vozového parku DPO – Poruba.....	- 57 -
Tabulka 19 – Výpočet $T_H$ Karosa B 941.....	- 57 -
Tabulka 20 – Data pro sestrojení exponenciály klesající ceny Karosa B 952 – HIM022152.....	- 58 -
Tabulka 21 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 952 z vozového parku DPO – Poruba.....	- 59 -
Tabulka 22 – Výpočet $T_H$ Karosa B 952.....	- 59 -
Tabulka 23 – Data pro sestrojení exponenciály klesající ceny Karosa B 961 – HIM020896.....	- 60 -
Tabulka 24 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 961 z vozového parku DPO – Poruba.....	- 61 -
Tabulka 25 – Hodnoty Výpočet $T_H$ Karosa B 961.....	- 61 -
Tabulka 26 – Horní hranice doby prodeje autobusů.....	- 63 -
Tabulka 27 – Seznam autobusů, které se už měly prodat.....	- 63 -
Tabulka 28 – Seznam autobusů, které by se měly brzy prodat (do konce roku 2010).....	- 65 -
Tabulka 29 – Seznam autobusů v provozu po roce 2010 s a daty, kdy je nejpozději prodat.....	- 66 -
Tabulka 30 – Počet a typy autobusů, které by se měly ihned prodat.....	- 66 -
Tabulka 31 – Počet a typy autobusů, které by se měly prodat do konce roku 2010.....	- 67 -

# Seznam použitých zkratek a symbolů

DPO – Dopravní podnik Ostrava.

MHD – Městská hromadná doprava.

$N(t)$  [Kč] – Cena autobusu (mění se v čase).

$N_U(t)$  [Kč] – Náklady na údržbu autobusu (mění se v čase).

$N_C(t)$  [Kč] – Celková hodnota autobusu (mění se v čase).

$t_{opt}$  [Rok] – Optimální doba pro prodej autobusu.

$T_H$  [Rok] – Horní odhad doby, kdy je možno ponechat autobus v provozu.

$N_{Pef}$  [Kč] – Přepočítaná cena na stálou hodnotu k určitému roku.

# 1. Úvod

Městská hromadná doprava (dále jen MHD) je součástí života mnoha lidí. Asi každý někdy využil služeb MHD při cestě do práce, do školy, k lékaři, za zábavou či k jiným účelům. Je jedno, zda člověk jezdí MHD pravidelně nebo zcela výjimečně, ale pokaždé chce jet čistým a pokud možno moderním, nejlépe novým autobusem a platit co nejméně peněz, protože jinak přeci může jet autem. A to je problém ve veřejné dopravě, kdy proti sobě stojí dva odporující si požadavky na co nejlepší kvalitu a pohodlí cestování a požadavek na co nejlevnější možnou cenu jízdného.

Jak je zřejmé, veřejná doprava se tudíž neobejde bez využití veřejných finančních prostředků poskytovaných prostřednictvím veřejných rozpočtů různých vládních úrovní. Dálková veřejná doprava je financována Ministerstvem dopravy, regionální veřejná doprava je financována prostřednictvím regionálních rozpočtů a MHD je financována z rozpočtů příslušných měst. Tyto veřejné prostředky umožňují existenci veřejné hromadné dopravy osob. Bez těchto financí by veřejná doprava bezpochyby zanikla, protože by došlo k dělbě práce výrazně ve prospěch individuální dopravy.

Podle oficiálních údajů je z veřejných rozpočtů každý rok vydáno na veřejnou dopravu ve formě kompenzace dopravním podnikům více než 20 miliard Kč, nejvíce v oblasti MHD. Veřejnou linkovou dopravu realizuje v České Republice více než 120 dopravců, kteří ročně přepraví více než 300 milionů osob. [5]

System veřejné dopravy představuje důležitý aspekt sociální politiky, ale i udržitelného rozvoje sídelních aglomerací a vyváženého regionálního rozvoje. Pro odůvodnění dotací a udržení veřejné dopravy lze uvést pět základních oblastí významu veřejné dopravy [6]:

1. Sociální hledisko: Občan, který nemůže používat individuální automobilovou dopravu, se musí dostat do školy a školských zařízení, k lékaři, k úřadům, k soudům, do zaměstnání za cenu, která bude pro něj přijatelná.

2. Prostorové hledisko: Individuální automobilová doprava je prostorově náročná, zajištění tohoto prostoru, včetně dopravy v klidu, je ve městech velmi obtížný úkol. Ve městech končí často i cesty z regionu.
3. Ekologické hledisko: Veřejná doprava jako celek produkuje výrazně méně měrných emisí než individuální automobilová doprava. Pro dobrou ekologickou bilanci na jednotlivých dopravních službách ale potřebuje odpovídající přepravní proudy.
4. Bezpečnost: Ve srovnání s použitím individuální automobilové dopravy zaznamenává veřejná doprava na přepraveného cestujícího výrazně méně nehod. Velkou roli zde hraje kolejová doprava provozovaná po zabezpečené dopravní cestě.
5. Vyváženost regionálního rozvoje: Kvalitní veřejná doprava významně přispívá k rovnoměrnému regionálnímu rozvoji, má vliv např. na zaměstnanost a zabraňuje vysídlování venkovských oblastí.

V současné době lze ve veřejné dopravě pozorovat zejména následující negativní jevy: [5]

- Vývoj nepříznivé dělby práce mezi veřejnou a individuální dopravou.
- Snižování poptávky po veřejné dopravě v důsledku zvyšující se dostupnosti individuální dopravy a problémů s kvalitou v oblasti veřejné dopravy.
- Přílišná závislost veřejné dopravy na dotacích z veřejných prostředků z důvodů nízkých tržeb.
- Rozsáhlá a komplikovaná právní úprava v oblasti veřejné osobní dopravy.

Z důvodu ztrátní MHD se dopravní podniky snaží zajistit co nejlepší podmínky pro cestování, ať se jedná o zkrácení cestovního času, dostatečné pokrytí území dopravou, anebo, v neposlední řadě, zvýšením kvality cestování. Právě kvalitu cestování mohou dopravní podniky zvýšit obnovou vozového parku, což je také tématem mé práce.

## 2. Dopravní podnik Ostrava a.s.

Městskou hromadnou dopravu v Ostravě provozuje akciová společnost Dopravní podnik Ostrava (dále jen DPO). Zakladatelem této společnosti, která je posledním pokračovatelem dopravců ve více než stoleté historii hromadné dopravy v Ostravském regionu, je Statutární město Ostrava. Bohaté zkušenosti a potřeba udržet dobrou tradici MHD jsou pro vedení dopravního podniku hnacím motorem k udržování trvale dobrých a kvalitních služeb pro cestující. [9]

Obor činností:

- poskytování služeb městské hromadné dopravy ve Statutárním městě Ostravě a přilehlém území (tramvajové, trolejbusové a autobusové),
- projektování, výstavba, údržba a opravy dopravní cesty,
- údržba, opravy a modernizace dopravních prostředků, montáž tramvají a trolejbusů,
- projektování dopravní obsluhy území, výcvik řidičů, prodej reklamy.

Poslání DPO:

„Jsme tady proto, aby město žilo. Naši dopravou dotváříme rytmus jeho života.“

Vize DPO:

Vybudovat dopravní podnik, který bude spolehlivě sloužit i příštím generacím.

Principy, kterými se řídí DPO:

Spokojenost zákazníka, profesionalita (odbornost, zodpovědnost, korektnost, spolupráce), spolehlivost, přesnost (disciplína), ochota, otevřenost (sdílení informací), týmová práce. [9]

## 2.1 Dopravní podnik Ostrava a.s. v číslech

### Základní údaje k 31. 12. 2007 [9]

Délka provozní sítě:

- tramvaje: 65,7 km
- trolejbusy: 29,3 km
- autobusy: 380,5 km

Délka provozovaných linek:

- tramvaje: 208,9 km
- trolejbusy: 86,9 km
- autobusy: 887,4 km

Počet zastávek:

- tramvaje: 98 ks
- trolejbusy: 56 ks
- autobusy: 503 ks

Počet linek:

- tramvaje: 16
- trolejbusy: 10
- autobusy: 67

Počet automatů na výdej jízdenek:

- 104 ks na 104 místech

Počet prodejen jízdních dokladů:

- 14 vlastních prodejen
- 500 dalších prodejních míst

## 2.2 Městská doprava v nových podmínkách – po roce 1989

Pád totalitního režimu v listopadu 1989 postavil městskou dopravu před nové úkoly. Bylo nutné co nejvíce zefektivnit hospodaření dopravního podniku a připravit se na konkurenci individuální dopravy, která se brzy začala projevovat úbytkem cestujících a nárůstem počtu osobních automobilů.

Uvolnění hospodářských poměrů umožnilo samostatnější tarifní politiku v MHD. Byl zaveden zónový tarif, mechanické znehodnocovače byly nahrazeny elektronickými, jízdenky byly změněny na časové s možností přestupu.

Významnou událostí byl vznik Ostravského dopravního integrovaného systému. Tarifní sjednocení s příměstskými autobusovými linkami výrazně zvyšuje atraktivnost veřejné dopravy. Výrazně bylo reorganizováno linkové vedení. Cílem stále probíhajících změn by měl být jednodušší a přehlednější systém s preferencí ekologických druhů dopravy.

Počátkem 90. let byla dokončena výstavba nových trolejbusových tratí v oblasti Slezské Ostravy a jsou připraveny další projekty. Modernizace trolejového vedení zrychlila průjezd trolejbusů přes křižovatky a odstranila tak oprávněnou kritiku tohoto druhu dopravy.

Velké změny probíhají v tramvajové dopravě. Starší vozy jsou průběžně modernizovány, aby odpovídaly náročným požadavkům cestujících na pohodlnou a příjemnou jízdu.

Zásadním přelomem je zavádění nízkopodlažních tramvajů, trolejbusů a autobusů do provozu. Tento trend, probíhající na celém světě, je důležitým faktorem zvyšujícím přitažlivost MHD. [9]

## 2.3 Vozový park

Dopravní podnik Ostrava a.s. provozuje městskou hromadnou dopravu 321 autobusy, 282 tramvajemi a 64 trolejbusy. Z celkového počtu je 193 nízkopodlažních: 95 autobusů, 64 tramvají a 34 trolejbusů. Servis vozidel zajišťují dvě autobusové (Autobusy Hranečnick, Autobusy Poruba), dvě tramvajové (Tramvaje Ostrava, Tramvaje Poruba) a jedna trolejbusová vozovna (Trolejbusy Ostrava). Těžkou údržbu a modernizace kolejových vozidel provádí Dílny Dopravního podniku Ostrava a.s. v Martinově. Počty vozidel jsou aktuální k lednu 2009. [9]

### Karosa B732



Městské autobusy typu B731 a B732 vyráběla Karosa ve Vysokém Mýtě s mnoha úpravami a vylepšeními v letech 1982 - 1996. Oba typy se odlišují použitými převodovkami, typ B731 byl dodáván s automatickou převodovkou a B732 s mechanickou. V současné době jsou autobusy Karosa B732 postupně nahrazovány modernějšími, převážně nízkopodlažními autobusy.

#### **Základní technické údaje:**

Délka: 11 055 mm

Šířka: 2 500 mm

Výška: 3 165 mm

Rozvor náprav: 5 600 mm

Celková hmotnost: 15 780 kg

Počet míst k sezení/stání: 31/59 (63)

Výška podlahy: 890 mm

Max. rychlost: 78 - 87 km/hod

## **Karosa B741**



Vozy Karosa B741 jsou kloubovou verzí typu B731. Byly vyráběny v letech 1991 - 1996.

### **Základní technické údaje:**

Délka: 17 355 mm

Šířka: 2 500 mm

Výška: 3 165 mm

Rozvor náprav: 5 600/6 270 mm

Celková hmotnost: 25 600 kg

Počet míst k sezení/stání: 42/108

Výška podlahy: 890 mm

Max. rychlost: 71 km/hod

## **Karosa B932**



Ze série vozidel Karosa B93x jsou v Dopravním podniku Ostrava a.s. zastoupeny pouze vozy B932, které jsou vybaveny převodovkou s manuálním řazením.

**Základní technické údaje:**

Délka: 11 345 mm

Šířka: 2 500 mm

Výška: 3 165 mm

Rozvor náprav: 5 600 mm

Celková hmotnost: 17 000 - 18 000 kg

Počet míst k sezení/stání: 31/63

Výška podlahy: 890 mm

Max. rychlost: 70 km/hod

**Karosa B941**

Konstrukce kloubového autobusu vychází z typu Karosa B931. Ve výrobním programu Karosy byl v letech 1997 - 2001.

**Základní technické údaje:**

Délka: 17 615 mm

Šířka: 2 500 mm

Výška: 3 165 mm

Rozvor náprav: 5 600/6 270 mm

Celková hmotnost: 25 850 - 26 000 kg

Počet míst k sezení/stání: 42/108

Výška podlahy: 890 mm

Max. rychlost: 70 - 72 km/hod

## **Karosa B952**



### **Základní technické údaje:**

Délka: 11 320 mm

Šířka: 2 500 mm

Výška: 3 165 mm

Rozvor náprav: 5 600 mm

Celková hmotnost: 17 800 kg

Počet míst k sezení/stání: 31/68

Výška podlahy: 790/890 mm

Max. rychlost: 88 km/hod

## **Karosa B961**



Kloubový autobus, který vychází z konstrukce typů Karosa B951.

### **Základní technické údaje:**

Délka: 17 590 mm

Šířka: 2 500 mm

Výška: 3 165 mm

Rozvor náprav: 5 600/6 270 mm

Celková hmotnost: 26 000 kg

Počet míst k sezení/stání: 45/122

Výška podlahy nad vozovkou: 790/890 mm

Max. rychlost: 70 km/hod

### **Mercedes Benz 412 D a 411 CDI**



V roce 1999 začaly sloužit cestujícím na linkách s nižšími nároky na přepravní kapacitu dva vozy Mercedes Benz 412 D. V roce 2000 k nim přibyl další vůz a v roce 2001 dva vozy 411 CDI.

#### **Základní technické údaje:**

Délka: 6 535 mm (6 835 mm - 411 CDI)

Šířka: 2 010 mm

Výška: 2 690 mm

Celková hmotnost: 4 600 kg

Počet míst k sezení/stání: 16 - 18/5 - 6

Max. rychlost: 147 km/hod

### **Karosa – Renault Citybus**



Jako první nízkopodlažní autobusy v ostravské MHD začaly cestujícím sloužit na konci roku 1996.

**Základní technické údaje:**

Délka: 11 990 mm

Šířka: 2 500 mm

Výška: 2 924 mm

Rozvor náprav: 6 120 mm

Celková hmotnost: 18 000 kg

Počet míst k sezení/stání: 26/73

Nástupní výška u předních a středních dveří: 320 mm

Nástupní výška u zadních dveří: 330 mm

Max. rychlost: 78 km/hod

**Solaris Urbino 12**

První dvanáctimetrové nízkopodlažní autobusy polského výrobce byly na městské linky v Ostravě zařazeny v roce 2001.

**Základní technické údaje:**

Délka: 12 000 mm

Šířka: 2 550 mm

Výška: 2 850 mm

Rozvor náprav: 5 900 mm

Celková hmotnost: 18 000 kg

Počet míst k sezení/stání: 29 - 33/72 - 76

Minimální výška podlahy: 320 mm

Max. rychlost: 70 km/hod

## **Solaris Urbino 12H**



Na rozdíl od svého plně nízkopodlažního 12metrového příbuzného typu má Solaris Urbino 12H sníženou podlahu pouze v prostoru předních a středních dveří. V zadní části je podlaha zvýšena. To umožňuje použít levnější komponenty pohonné soustavy a snížit pořizovací náklady autobusu.

### **Základní technické údaje:**

Délka: 12 000 mm

Šířka: 2 550 mm

Výška: 3 200 mm

Rozvor náprav: 5 900 mm

Celková hmotnost: 18 000 kg

Počet míst k sezení/stání: 36/68

Minimální výška podlahy: 320 mm

Max. rychlost: 70 km/hod

## **Solaris Urbino 15**



Nízkopodlažní patnáctimetrové autobusy Solaris Urbino jsou od roku 2000 používány pro obsluhu linek s vyšším počtem cestujících.

### **Základní technické údaje:**

Délka: 14 590 mm

Šířka: 2 550 mm

Výška: 2 850 mm

Rozvor náprav: 6 800/1 690 mm

Celková hmotnost: 24 000 - 25 000 kg

Počet míst k sezení/stání: 40 - 44/113 - 120

Minimální výška podlahy: 320 mm

Max. rychlost: 70 km/hod

### **Irisbus Citelis 12M**



Nízkopodlažní městské autobusy Irisbus Citelis 12M, které jsou nástupcem modelu Citybus 12M, produkuje pro český trh závod společnosti Irisbus ve Vysokém Mýtě Iveco Czech Republic, a.s. (dříve Karosa). Prvních 12 autobusů Citelis 12M splňujících nejpřísnější požadavky emisních norem (Euro 5) rozšířily počet nízkopodlažních vozidel Dopravního podniku Ostrava a.s. v prosinci roku 2008.

#### **Základní technické údaje:**

Délka: 11 900 mm

Šířka: 2 500 mm

Výška: 3 055 mm

Rozvor náprav: 6 120 mm

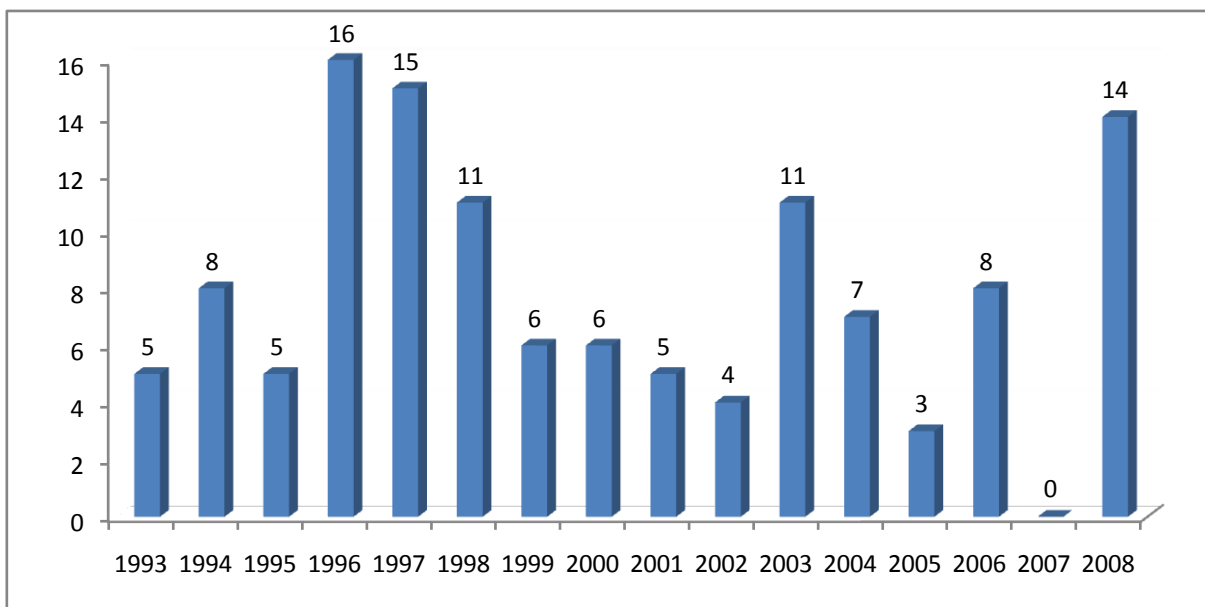
Celková hmotnost: 18 000 kg

Počet míst k sezení/stání: 26/64

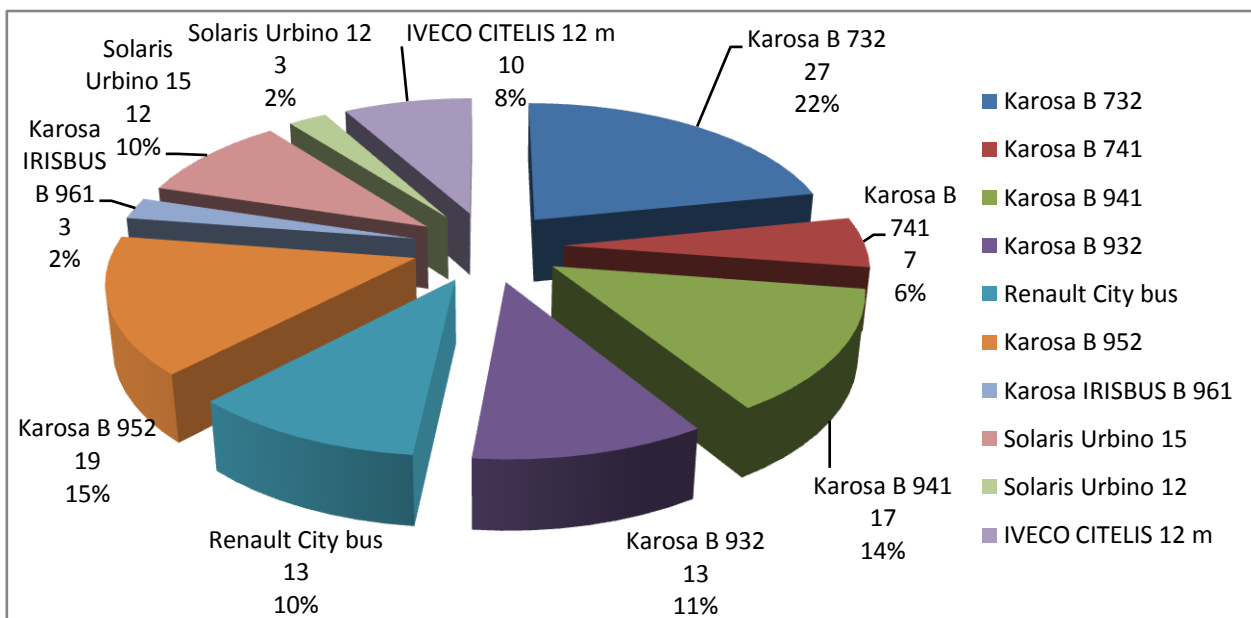
Minimální výška podlahy: 320 mm

Max. rychlost: 70 km/hod

Obrázek 1 – Histogram četnosti zařazení autobusů do provozu v DPO – Poruba v jednotlivých letech



Obrázek 2 – Zastoupení typů autobusů v DPO – Poruba



### 3. Životnost dopravních prostředků

Stanovení optimální doby pro vyřazení vozidla z provozu – Metoda využívající exponenciální trendy.

#### 3.1 Cena vozidla

Vstup výpočetní techniky do sledování provozu umožnil větší průhlednost evidenčních podkladů o nákladech na provoz a údržbu dopravních prostředků. Současně výpočetní technika umožňuje získat větší množství informací při zhodnocování trendů. Pokud se bude uvažovat o údržbě a opravách souborů dopravních prostředků výměnným způsobem (vždy např. výměna určitého množství –  $q$  (poměrná část) součástí nebo agregátů – po určitém období), lze dospět k názoru, že hodnota dopravního prostředku bude mít charakter klesající exponenciály [1]:

$$N(t) = A * e^{-\lambda t} \quad [\text{Kč}] \quad (01)$$

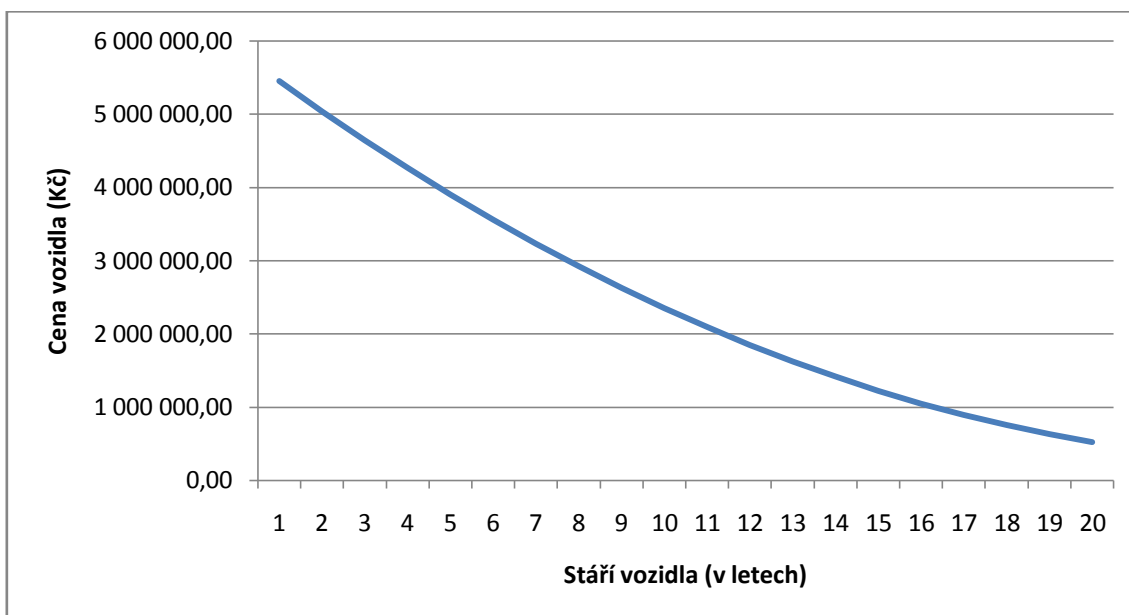
Kde:

$A$  [Kč] – amplituda – pořizovací cena vozidla

$t$  [Rok] – čas používání vozidla

$\lambda$  [1] – součinitel klesající exponenciály, jehož číselná velikost udává rychlost poklesu ceny.

Obrázek 3 – Obecný příklad poklesu ceny vozidla



Od pořizovací ceny se každý rok odečítá určitá hodnota (v Kč), čímž se snižuje v závislosti na stáří hodnota vozidla. Pokles ceny v letech lze získat dvěma způsoby [1]:

- a) Ceny na trhu (Bazary ...)
- b) Odpisy v účetnictví – zůstatková cena po roku provozu.

### 3.2. Náklady na údržbu

Podobně lze charakterizovat rostoucí exponenciálou trendovou čáru růstu nákladů na údržbu:

$$N_U(t) = B * e^{\beta t} \quad [\text{Kč}] \quad (02)$$

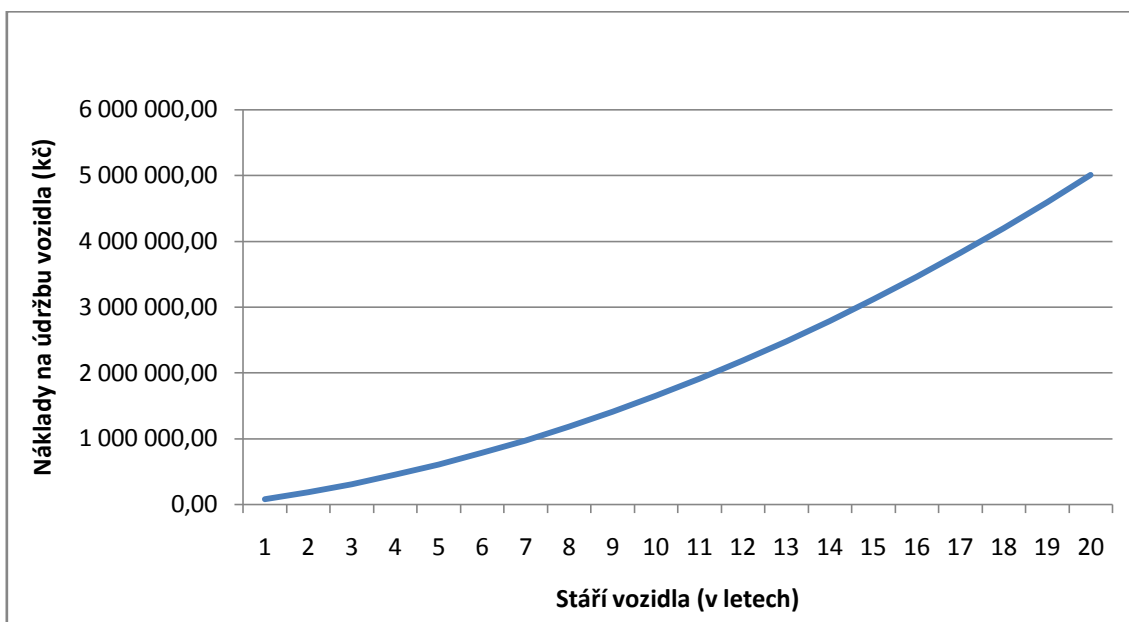
Kde:

B [Kč] – počáteční náklady na údržbu

t [Rok] – čas (v letech) používání vozidla

$\beta$  [1] – součinitel nárůstu nákladů na údržbu

Obrázek 4 – Rostoucí náklady na údržbu vozidla



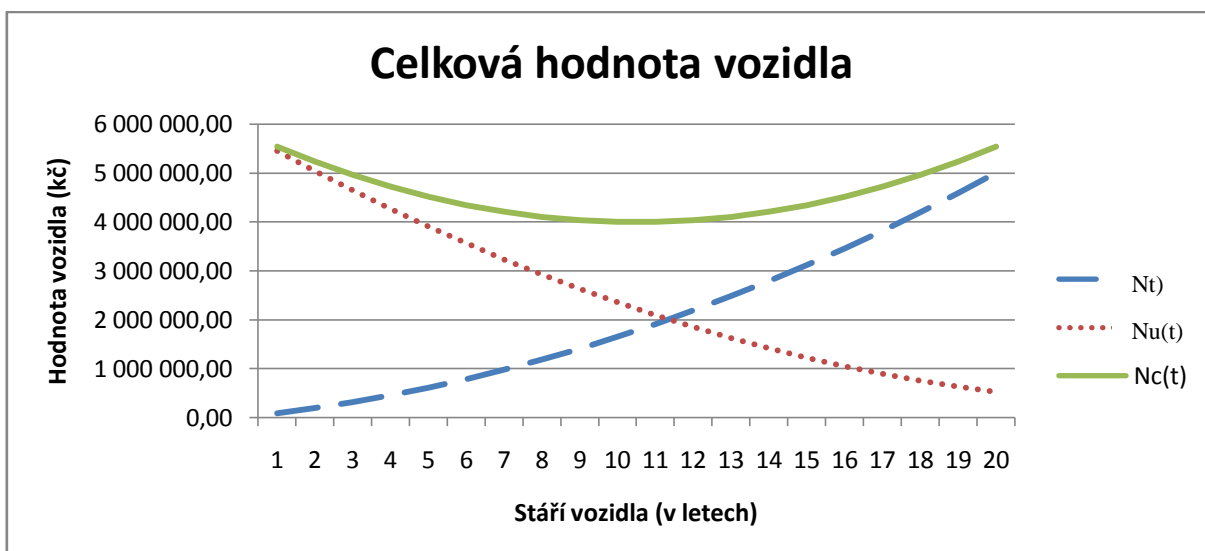
Náklady v jednotlivých letech provozu se připisují kumulativně (součet nákladů za všechny předešlé roky. [1]

### 3.3 Celková hodnota vozidla

Celková hodnota dopravního prostředku potom bude dána vztahem:

$$N_C(t) = N(t) + N_U(t) \quad [\text{Kč}] \quad (03)$$

Obrázek 5 – Celková hodnota vozidla



### 3.4. Výpočet optimální doby vyřazení z provozu

Výpočet optimální doby vyřazení z provozu  $t_{opt}$  – vychází se ze vzorečku (03) [1]:

$$N(t) + N_U(t) = N_C(t)$$

$$A * e^{-\lambda t} + B * e^{\beta t} = N_C(t) / \left( \frac{d}{dt} \right)$$

$$-\lambda * A * e^{-\lambda t} + \beta * B * e^{\beta t} = 0$$

$$\lambda * A * e^{-\lambda t} = \beta * B * e^{\beta t}$$

$$\frac{\lambda * A}{\beta * B} * e^{-\lambda t} = e^{\beta t}$$

$$-\lambda t + \ln \left( \frac{\lambda * A}{\beta * B} \right) = +\beta t$$

$$\ln \left( \frac{\lambda * A}{\beta * B} \right) = \lambda t + \beta t$$

$$\ln \left( \frac{\lambda * A}{\beta * B} \right) = (\lambda + \beta)t$$

$$t_{opt} = \ln \left( \frac{\lambda * A}{\beta * B} \right) \left( \frac{1}{\lambda + \beta} \right) \quad (04)$$

### 3. Stanovení intervalu vyřazení autobusu

Vyřazením autobusu z vozového parku se rozumí prodání autobusu za tržní cenu. Hranice pro vyřazení daného typu autobusu se určí pomocí intervalového odhadu daného typu rozdělení náhodné veličiny. V tomto případě se použije Studentovo rozdělení, protože do výpočtů vstupuje malý počet vzorků (autobusů).

#### 4.1. Bodový a intervalový odhad

Z metodického hlediska se používají dva typy odhadů parametrů:

- bodový odhad, kdy je parametr základního souboru aproximován jediným číslem a
- intervalový odhad, kdy je tento parametr aproximován intervalem, v němž s velkou pravděpodobností daný parametr leží.

Pokud je potřeba hledaný parametr vyjádřit jedinou hodnotou (např. v případech, kdy bude využit v dalších výpočtech), se použije bodový odhad. Pokud je zapotřebí přesnější odhad, použije se intervalový odhad, tzn., že se musí nalézt tzv. interval spolehlivosti.

Interval spolehlivosti (konfidenční interval) je interval, v němž hledaný parametr leží s danou pravděpodobností. Této pravděpodobnosti se říká spolehlivost odhadu – např. 90%-ní interval spolehlivosti pro střední hodnotu je interval, v němž střední hodnota leží s pravděpodobností 90%. Čím vyšší spolehlivost odhadu požadujeme, tím bude širší interval spolehlivosti (hledaná hodnota se v něm musí nacházet s vyšší pravděpodobností). To však ubírá na vypovídací schopnosti intervalu, jeho významnost klesá. V praxi se proto vždy hledá kompromis mezi spolehlivostí a významností intervalu.

Spolehlivost odhadu se značí  $(1-\alpha)$ . Pak  $\alpha$  se nazývá hladinou významnosti. S rostoucí spolehlivostí odhadu klesá hladina významnosti. [2]

## 4.2. Konstrukce intervalových odhadů

Intervalový odhad je reprezentován intervalem  $(T_D; T_H)$ , kde  $T_D$  je dolní hranice a  $T_H$  je horní hranice intervalu. Hledaný parametr leží v daném intervalu s předem určenou pravděpodobností (spolehlivostí), která se označuje  $(1-\alpha)$ .

Intervaly spolehlivosti jsou konstruovány jako jednostranné (důležitá je pouze jedna mez), nebo dvoustranné. [2]

### 4.2.1. Studentovo t rozdělení

Název Studentovo rozdělení vznikl podle pána, který se jmenoval William Sealy Gosset. W. S. Gosset nebyl povoláním statistikem, ale pracoval jako chemik (začátkem 20. století pracoval v anglickém pivovaru Guinness). Toto rozdělení vymyslel proto, že potřeboval vyvozovat na základě velmi malých vzorků použitelné závěry. K těmto účelům se toto rozdělení používá dodnes. Na jeho práci navázalo množství dalších statistiků, například R. A. Fisher, jehož jméno lze nalézt téměř ve všech směrech dalšího vývoje statistiky.

Budou se uvažovat dvě nezávislé náhodné veličiny  $Z$  a  $\chi^2$ . Náhodná veličina  $Z$  má normované normální rozdělení, náhodná veličina  $\chi^2$  má rozdělení  $\chi^2$  s  $n$  stupni volnosti. Potom náhodná veličina  $t$ ;

$$T_n = \frac{Z}{\sqrt{\frac{\chi_n^2}{n}}} \quad (05)$$

má Studentovo  $t$  rozdělení s  $n$  stupni volnosti. Počet stupňů volnosti je jediný parametr tohoto rozdělení.

Pro  $n \rightarrow \infty$  (vysoký počet stupňů volnosti, v praxi pro  $n > 30$ ) se Studentovo  $t$  rozdělení blíží normovanému normálnímu rozdělení. [2]

$$\text{Střední hodnota: } E(T_n) = 0 \quad (06)$$

$$\text{Rozptyl: } D(T_n) = \frac{n}{n-2} \quad (07)$$

100p%-ní kvantily -  $t_p$  pro vybraná  $p$  a pro vybraná  $n$  bývají ve statistických tabulkách většinou uvedeny pro  $p < 0,5$ . Kvantily  $t_p$  pro  $p > 0,5$  lze získat pomocí vztahu:

$$t_p = -t_{1-p} \quad (08)$$

Náhodná veličina definována jako:

$$\frac{\bar{X} - \mu}{s} * \sqrt{n} \quad (09)$$

má Studentovo  $t$  rozdělení s  $(n-1)$  stupni volnosti.

$$\frac{\bar{X} - \mu}{s} * \sqrt{n} \rightarrow t_{n-1} \quad (40)$$

kde je:

$\bar{X}$  – aritmetický průměr

$\mu$  – střední hodnota

$s$  – výběrová směrodatná odchylka

$n$  – počet vzorků

#### 4.2.2. Jednostranné intervaly spolehlivosti

U jednostranných intervalů se udává pouze dolní mez ( $T_D$ ) nebo pouze horní mez ( $T_H$ ) odhadu. Je-li dána pouze dolní mez odhadu  $T_D$  ( $T_H = \infty$ ), jedná se o levostranný interval spolehlivosti a platí pro něj:

$$P(\theta > T_D) = 1 - \alpha \quad (11)$$

a interval  $(T_D; \infty)$  se pak nazývá 100\*(1- $\alpha$ )-ní levostranný interval spolehlivosti pro parametr  $\theta$ .

Je-li dána pouze horní mez odhadu  $T_H$  ( $T_D = -\infty$ ), jedná se o pravostranný interval spolehlivosti a platí pro něj:

$$P(\theta < T_H) = 1 - \alpha \quad (12)$$

a interval  $(-\infty; T_H)$  se pak nazývá  $100 \cdot (1 - \alpha) \%$ -ní pravostranný interval spolehlivosti pro parametr  $\theta$ . [2]

### 4.2.3. Oboustranný interval spolehlivosti

Pokud potřebujeme interval obsahující obě meze odhadu (dolní i horní), konstruuje se oboustranný interval spolehlivosti. Většinou se tyto meze určují tak, aby platilo, že pravděpodobnost, že parametr populace leží pod dolní mezí, je stejná jako pravděpodobnost, že leží nad horní mezí a byla rovna  $\alpha/2$ :

$$P(\theta < T_D) = P(\theta > T_H) = \frac{\alpha}{2} \quad (13)$$

Tyto dvě podmínky zaručují, že:

$$P(T_D \leq \theta < T_H) = 1 - \alpha \quad (14)$$

Interval  $(T_D; T_H)$  se pak nazývá  $100 \cdot (1 - \alpha) \%$ -ní interval spolehlivosti pro parametr  $\theta$ . [2]

### 4.2.4. Odhad střední hodnoty, neznáme-li směrodatnou odchylku

Náhodná veličina je definována:

$$T_{n-1} = \frac{\bar{x} - \mu}{s} * \sqrt{n} \quad (15)$$

má Studentovo  $t$  rozdělení s  $(n-1)$  stupni volnosti

$$T_{n-1} \rightarrow t_{n-1} \quad (16)$$

Z toho plyne, že lze zapsat následující pravděpodobnost:

$$P\left(t_{\frac{\alpha}{2},n-1} < T_{n-1} < t_{1-\frac{\alpha}{2},n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (17)$$

$$P\left(t_{\frac{\alpha}{2},n-1} < \frac{\bar{X}-\mu}{s} * \sqrt{n} < t_{1-\frac{\alpha}{2},n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (18)$$

kde  $t_{\frac{\alpha}{2},n-1}$ ;  $t_{1-\frac{\alpha}{2},n-1}$  jsou příslušné kvantily Studentova rozdělení s  $(n-1)$  stupni volnosti.

Úpravou tohoto vztahu, při využití vlastnosti symetrie Studentova rozdělení

$$t_{\frac{\alpha}{2},n-1} = -t_{1-\frac{\alpha}{2},n-1} \quad (19)$$

pak lze dostat požadovaný oboustranný interval:

$$P\left(\bar{X} - \frac{s}{\sqrt{n}} * t_{\frac{\alpha}{2},n-1} < \mu < \bar{X} + \frac{s}{\sqrt{n}} * t_{1-\frac{\alpha}{2},n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (20)$$

Obdobně lze ukázat, že levostranný interval spolehlivosti je vymezen vztahem:

$$P\left(\bar{X} - \frac{s}{\sqrt{n}} * t_{\alpha,n-1} < \mu\right) = 1 - \alpha \quad (21)$$

a pravostranný interval vztahem:

$$P\left(\mu < \bar{X} + \frac{s}{\sqrt{n}} * t_{1-\alpha,n-1}\right) = 1 - \alpha \quad (22)$$

[2]

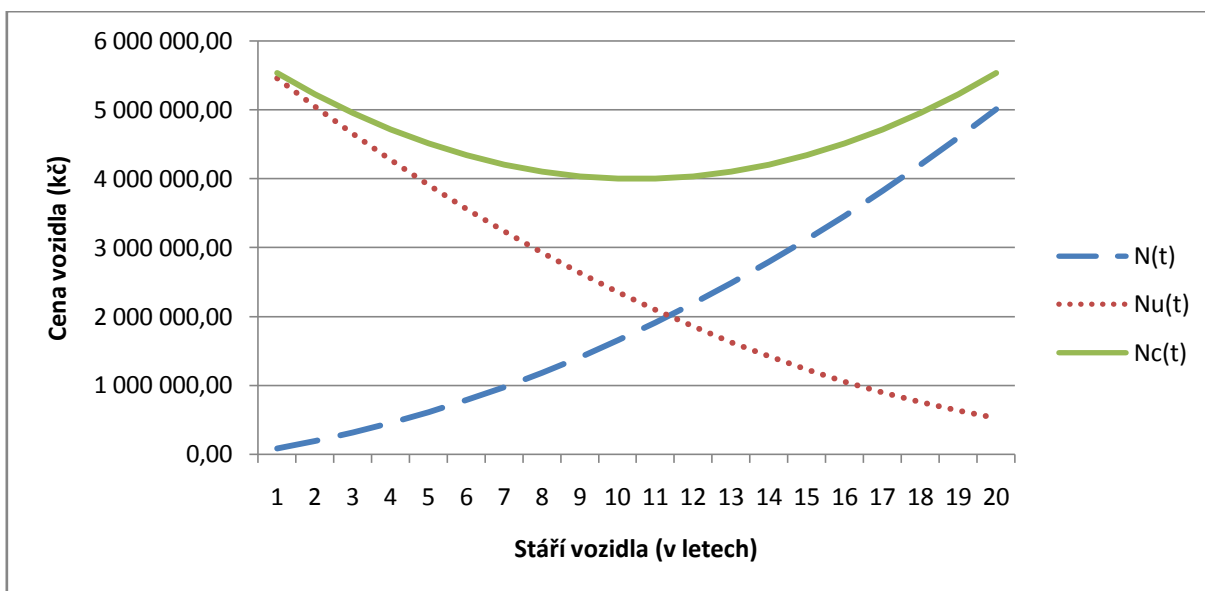
## 5. Životnost autobusů v DPO – Poruba

Určení životnosti jednotlivých autobusů DPO – Poruba jsem provedl pomocí metody exponenciálních trendů, která je popsána v teoretické části. Základní myšlenka této metody je v tom, že zkoumá autobus v přibývajících letech provozu z hlediska jeho hodnoty. Tato hodnota se skládá ze dvou složek:

1. Klesající cena autobusu v důsledku stárnutí a opotřebení při provozu. Nejvyšší hodnotu má autobus, když je nový (jeho hodnota se rovná pořizovací ceně) a postupně se snižuje. Hodnota po každém roce by měla klesnout o částku, která je určena tržní cenou autobusu daného stáří.
2. Rostoucí náklady na údržbu autobusu. Náklady jsou vypočítávány kumulativně, to znamená, že náklady za daný rok budou tvořit náklady vynaložené za celou dobu technického života autobusu do roku, ve kterém určí výši nákladů (vždy přičítám k nákladům vynaloženým za daný rok i náklady za předchozí roky).

Tyto dvě složky hodnoty autobusu tvoří exponenciály. Hodnota zůstatkové ceny odvíjející se od pořizovací ceny má tvar klesající exponenciály a hodnota tvořená kumulativními náklady má tvar rostoucí exponenciály, přičemž hodnotu tvořenou náklady tvoříme investicemi do údržby sami. Výsledná hodnota autobusu je definována jako součet těchto křivek. Při pohledu na výslednou křivku lze vidět, že celková hodnota autobusu klesá do svého lokálního minima a opět v dalším průběhu roste (viz graf). V tomto extrému je vhodné se autobusu zbavit, neboť již narůstá složka hodnoty autobusu tvořená náklady – náklady překročili zbytkovou hodnotu autobusu odvozenou od pořizovací ceny.

**Obrázek 6 – Celková hodnota autobusu**



## 5.1. Úprava dat pro metodu exponenciálních trendů

Pro potřebu této práce jsem musel upravit data získaná z dílen DPO – Poruba tak, aby bylo možné aplikovat metodu exponenciálních trendů. Abych mohl zmiňovanou metodu použít, musel jsem řešit dva hlavní problémy.

1. Hodnota odvozená od pořizovací ceny. Protože autobusy jsou specifické dopravní prostředky, neexistuje trh s použitými autobusy, tudíž nelze určit cenu autobusu po určitých letech v provozu na základě tržní ceny. Tato hodnota se dá určit podle účetnictví firmy, kdy jsou vedeny odpisy z hodnoty autobusů za daný rok kvůli výpočtu daní. Ovšem v Dopravním podniku Ostrava jsou odpisy řešeny lineárně tak, že každý rok se odečte od hodnoty autobusu stejná částka.
2. Nedostatečný počet dat. Vinou přechodu na jiný informační systém mi byly poskytnuty údaje týkající se údržby pouze za roky 2006, 2007 a 2008, což obzvláště v případě autobusů, které jsou v provozu již patnáct let, nemá dostačující vypovídající hodnotu. Navíc konstrukce exponenciály procházející pouze 3 body by byla nepřesná právě vinou nedostatečných údajů.

Vyřešení uvedených problémů jsem provedl následovně.

## 5.2. Náklady na údržbu autobusu

Nedostatek údajů nákladů na údržbu jsem vyřešil zavedením tzv. průměrného autobusu. Vzhledem k tomu, že ke každému autobusu jsem měl data o nákladech pouze za roky 2006, 2007 a 2008, mohl jsem postupovat podle následující úvahy.

Nejprve jsem si stanovil, že se budu zabývat pouze autobusy Karosa, protože jako jediný výrobce je zastoupen ve vozovém parku v dostatečném počtu a v dostatečně různém stáří (dobou v provozu). V DPO – Poruba jsou v provozu nejstarší autobusy Karosa od roku 1993, tedy již 16 let a data mám za poslední 3 roky jejich provozu, pak mohu vyvodit, že pro průměrný autobus Karosa budu brát tyto náklady jako náklady ve 14., 15. a 16. roce provozu. Náklady autobusů Karosa, které jsou v provozu od roku 1994 mohu pro průměrný autobus Karosa použít jako data pro 13., 14. a 15. rok v provozu. Takto jsem postupoval dále, až po

autobusy Karosa zařazené do provozu v roce 2006, které určují náklady pro 1., 2. a 3. rok provozu průměrného autobusu Karosa.

Díky této úvaze jsem měl k dispozici pro každý rok náklady od několika autobusů a pro průměrný autobus jsem použil hodnotu vypočítanou jako aritmetický průměr uvedených hodnot pro každý rok. Pro průměrný autobus Karosa mi pak vyšly náklady v jednotlivých letech uvedené v následující tabulce (Tabulka 1):

**Tabulka 1 – Náklady na údržbu průměrného autobusu Karosa**

Počet let provozu	Kalendářní rok	Náklady na údržbu [Kč]
1	1993	124 626,52
2	1994	185 678,54
3	1995	275 263,22
4	1996	311 162,16
5	1997	267 674,93
6	1998	197 908,73
7	1999	207 496,37
8	2000	237 555,58
9	2001	246 854,18
10	2002	447 139,55
11	2003	355 904,53
12	2004	255 522,43
13	2005	219 992,29
14	2006	227 293,23
15	2007	225 638,09
16	2008	206 865,29

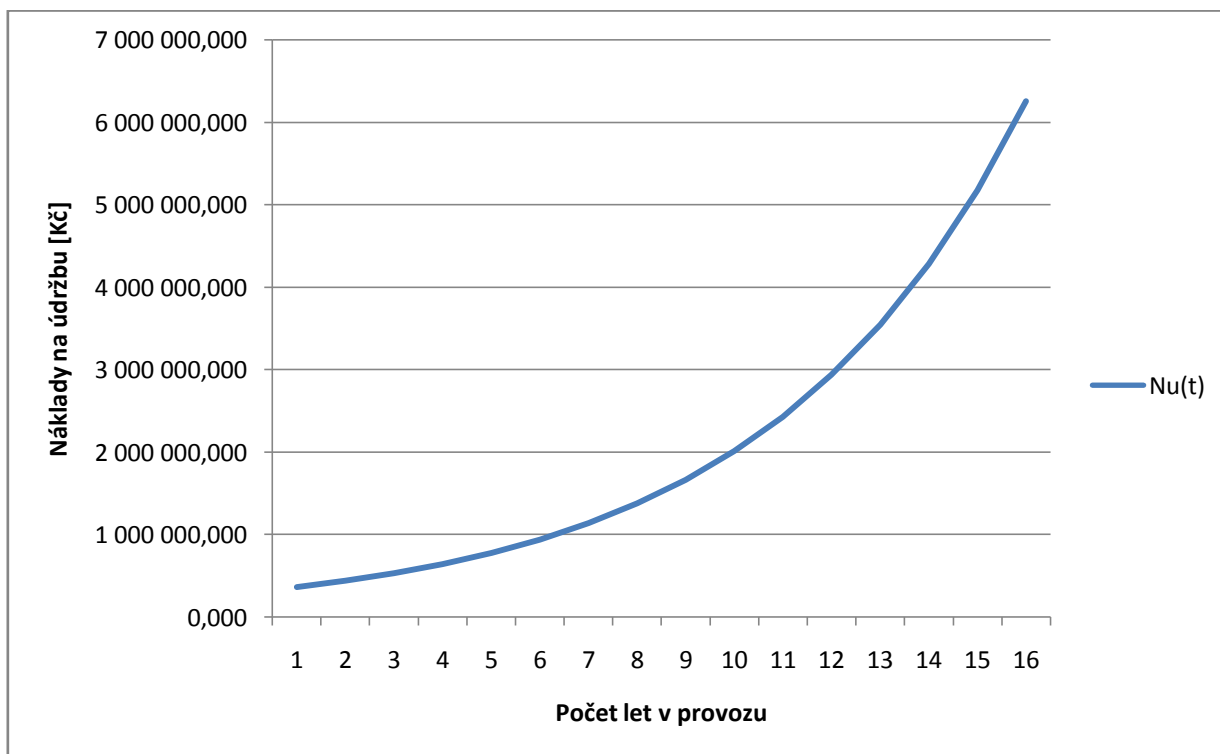
Pro výpočet podle metody exponenciálních trendů se musí dosadit náklady vynaložené na údržbu kumulativně (nasčítané i za předchozí roky). Tyto náklady jsou uvedeny v tabulce 2.

**Tabulka 2 – Kumulativní náklady na údržbu průměrného autobusu Karosa**

Počet let provozu	Kalendářní rok	Náklady na údržbu [Kč]
1	1993	124 626,52
2	1994	310 305,06
3	1995	585 568,28
4	1996	896 730,43
5	1997	1 164 405,36
6	1998	1 362 314,10
7	1999	1 569 810,47
8	2000	1 807 366,05
9	2001	2 054 220,23
10	2002	2 501 359,79
11	2003	2 857 264,31
12	2004	3 112 786,74
13	2005	3 332 779,03
14	2006	3 560 072,26
15	2007	3 785 710,35
16	2008	3 992 575,63

Hodnoty z Tabulky 2 jsem v programu MS Excel vykreslil do grafu a nechal jsem jimi proložit exponenciálu (exponenciála nákladů na údržbu –  $(N_U(t))$ ). Viz graf (Obrázek 7).

**Obrázek 7 – Exponenciála kumulativních nákladů na údržbu průměrného autobusu Karosa**



Při proložení dat z tabulky 2 exponenciálou jsem zároveň zjistil rovnici proložené exponenciály. Pro případ průměrného autobusu Karosa měla rovnice exponenciály tvar:

$$y = 304184,319 * e^{0,189t} \quad (23)$$

kde:  $t$  je doba provozu v letech.

### 5.3. Hodnota autobusu odvozená od pořizovací ceny

Odpisy cen majetku DPO – Poruba jsou prováděny podle vnitropodnikové normy DPO s názvem „Odpisový plán účetních odpisů“. Pokyny pro provádění odpisů jsou uvedeny v tabulce 3.

**Tabulka 3 – Odpisy ceny autobusů v DPO – Poruba [4]**

Odpisová skupina	Doba odpisování v letech	Roční odpisová sazba v %
<b>Autobusy zařazené do provozu do roku 1995</b>	<b>8</b>	<b>12,5</b>
<b>Autobusy zařazené do provozu v letech 1996 až 2003</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Autobusy zařazené do provozu od roku 2004</b>	<b>12</b>	<b>8,3</b>

Problém lineárních odpisů ceny autobusů jsem vyřešil následovně. Do grafu jsem vynesl zůstatkovou hodnotu daného autobusu vždy pro daný rok a tyto hodnoty jsem proložil exponenciálou (exponenciála klesající hodnoty autobusu  $N(t)$ ). Tím jsem získal i druhý exponenciální průběh funkce potřebný pro určení celkové hodnoty  $N_C(t)$ .

## 5.4. Přepočítání pořizovací ceny na stálou cenu

Při vyřešení problému malého počtu dat zavedením průměrného autobusu Karosa jsem musel vyřešit nově objevený problém. Tím byla skutečnost, že hodnoty nákladů na údržbu pro 1. (2.,3. atd.) rok provozu autobusu jsou v cenách pro roky 2006, 2007 a 2008, ale správně by měly být v cenách pro rok 1993 (1994, 1995 atd.). Tuto nesrovnalost jsem vyřešil tak, že pořizovací ceny všech autobusů jsem přepočítal na stálou cenu vztaženou k roku 2007.

### Stanovení přepočítané pořizovací ceny:

Požizovací cenu přepočítanou na současnou hodnotu je možno vyjádřit následovně [7]:

$$N_{P_{ef}} = N_P * k_{ef} \quad (24)$$

kde:

$N_{P_{ef}}$  [Kč] je přepočítaná pořizovací cena

$N_P$  [Kč] je původní pořizovací cena

$k_{ef}$  [1] je přepočítávací koeficient

Přepočítávací koeficient je možno stanovit:

$$k_{ef} = \prod_{i=RV+1}^{RS} \left( \frac{p_i}{100} + 1 \right) \quad (25)$$

kde:

$RV$  je rok pořízení vozidla

$RS$  je rok stanovení přepočtené hodnoty

$p_i$  [%] je meziroční nárůst ceny

Meziroční přírůstek ceny je vyjádřen jako hodnota nárůstu ceny komodity mezi po sobě následujícími lety. Vychází ze statistických údajů Českého statistického úřadu. V případě kolejových vozidel jsem použil index růstu cen průmyslových výrobců. Hodnoty meziročního nárůstu ceny jsou v tabulce (Tabulka 4).

Hodnota přírůstku se stanoví podle následujícího vztahu:

$$p_i = \left( \frac{i_i}{i_{i-1}} - 1 \right) * 100 [\%] \quad (26)$$

kde:

$i_i$  [%] je index cen průmyslových výrobců v i-tém roce

$i_{i-1}$  [%] je index cen průmyslových výrobců v předchozím roce

Obě tyto hodnoty musí být přepočteny na základ stejného roku. [7]

#### **Přepočet zůstatkové hodnoty:**

Zůstatková hodnota kolejového vozidla je obecně závislá na jeho pořizovací ceně a režimu jeho odepisování. Pokud je roční odpis po celou dobu konstantní, pak i zůstatková hodnota je lineárně závislá na velikosti pořizovací ceny a době od počátku odepisování. [7]

Za předpokladu lineární závislosti mezi pořizovací cenou a zůstatkovou hodnotou můžeme pro zůstatkovou hodnotu přepočítat analogicky:

$$N_{Z_{ef}} = N_Z * k_{ef} \quad (27)$$

kde:

$N_{Zef}$  [Kč] je přepočítaná zůstatková hodnota

$N_Z$  [Kč] je původní zůstatková hodnota

$k_{ef}$  je přepočítávací koeficient

Přepočítávací koeficient se vypočítá úplně stejně jako v předcházejícím příkladě, tedy:

$$k_{ef} = \prod_{i=RV+1}^{RS} \left( \frac{p_i}{100} + 1 \right) \quad (28)$$

kde:

$RV$  je rok pořízení vozidla

$RS$  je rok stanovení přepočtené hodnoty

$p_i$  [%] je meziroční nárůst ceny

Tabulka 4 – Meziroční nárůst cen [8]

rok	$p_i$ [%]	$(p_i/100)+1$
1993	9,2	1,092
1994	5,3	1,053
1995	7,6	1,076
1996	4,8	1,048
1997	4,9	1,049
1998	4,9	1,049
1999	1	1,01
2000	4,9	1,049
2001	2,9	1,029
2002	-0,5	0,995
2003	-0,3	0,997
2004	5,7	1,057
2005	3	1,03
2006	1,6	1,016
2007	4,1	1,041
2008	4,5	1,045

Nyní, když je sestavena Tabulka 4, lze přepočítat všechny pořizovací ceny od roku 1993 na stálé ceny vztažené k roku 2007 tak, že se vynásobí původní pořizovací cena přepočítávacím koeficientem  $k_{ef}$ . Tímto způsobem lze dostat cenu přepočítanou na ceny stálého roku (v mém případě rok 2007).

Abych nemusel pro každý autobus zvlášť (pro každý rok, kdy byl autobus zakoupen) vypočítávat přepočítávací koeficient  $k_{ef}$ , sestrojil jsem tabulku 5, ve které jsou přehledně zobrazeny koeficienty pro přepočet mezi požadovanými roky.

Z této tabulky 5 jednoduše vyčteme potřebný koeficient tak, že si najdeme v řádku rok, ve kterém byl autobus zakoupen, ve sloupečku rok, ke kterému chceme přepočítat tuto cenu (pro můj případ rok 2007) a v políčku, kde se tento řádek a sloupec střetnou, je uvedena hledaná hodnota přepočítávacího koeficientu  $k_{ef}$ .



V následující tabulce 6 je uveden seznam autobusů Karosa, jimiž jsem se zabýval:

**Tabulka 6 – Seznam autobusů Karosa ve vozovém parku DPO – Poruba [4]**

Označení	Typ	Požizovací cena [Kč]	Stalá cena (2007) [Kč]
HIM009537	Autobus Karosa B 732.1654	941 040,62	1 531 258,09
HIM009542	Autobus Karosa B 732.1654	864 319,48	1 406 417,71
HIM009648	Autobus Karosa B 732.1654	1 301 016,48	2 010 455,44
HIM009649	Autobus Karosa B 732.1654	1 316 594,48	2 034 528,06
HIM009650	Autobus Karosa B 732.1654	1 266 419,48	1 956 992,84
HIM009651	Autobus Karosa B 732.1654	1 206 629,48	1 864 599,60
HIM009653	Autobus Karosa B 732.1654	1 220 447,48	1 885 952,50
HIM009654	Autobus Karosa B 732.1654	1 303 751,48	2 014 681,83
HIM009756	Autobus Karosa B 741.1908	2 341 509,48	3 618 325,02
HIM009769	Autobus Karosa B 741.1908	2 380 092,14	3 677 946,65
HIM009834	Autobus Karosa B 732.1666	2 009 026,94	2 885 261,26
HIM009836	Autobus Karosa B 732.1666	1 999 029,48	2 870 903,42
HIM009837	Autobus Karosa B 732.1666	1 998 925,48	2 870 754,06
HIM009838	Autobus Karosa B 732.1666	1 998 924,48	2 870 752,62
HIM009960	Autobus Karosa B 741.1922	3 189 506,48	4 580 605,31
HIM020006	Autobus Karosa B 741.1924	3 669 008,47	5 027 902,13
HIM020007	Autobus Karosa B 741.1924	3 669 113,48	5 028 046,03
HIM020008	Autobus Karosa B 741.1924	3 669 114,48	5 028 047,40
HIM020010	Autobus Karosa B 741.1924	3 683 904,61	5 048 315,37
HIM020028	Autobus Karosa B 732.1666	2 260 745,72	3 098 059,96
HIM020035	Autobus Karosa B 732.1666	2 260 745,72	3 098 059,96
HIM020042	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 621,68	3 078 704,78
HIM020043	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 621,68	3 078 704,78
HIM020044	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 621,68	3 078 704,78
HIM020045	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 621,68	3 078 704,78
HIM020046	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 621,68	3 078 704,78

Označení	Typ	Požizovací cena [Kč]	Stalá cena (2007) [Kč]
HIM020047	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 621,68	3 078 704,78
HIM020048	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 621,68	3 078 704,78
HIM020049	Autobus Karosa B 732.1666	2 247 726,68	3 080 219,04
HIM020050	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 621,68	3 078 704,78
HIM020051	Autobus Karosa B 732.1666	2 246 726,68	3 078 848,67
HIM020225	Autobus Karosa B 941.1930	4 103 061,43	5 360 072,11
HIM020226	Autobus Karosa B 941.1930	4 102 616,91	5 359 491,41
HIM020229	Autobus Karosa B 932.1676	2 614 987,85	3 416 113,47
HIM020231	Autobus Karosa B 932.1676	2 656 445,79	3 470 272,43
HIM020233	Autobus Karosa B 932.1676	2 617 848,29	3 419 850,23
HIM020238	Autobus Karosa B 932.1676	2 630 692,96	3 436 629,99
HIM020241	Autobus Karosa B 932.1676	2 628 105,22	3 433 249,47
HIM020249	Autobus Karosa B 941.1930	4 099 687,50	5 355 664,54
HIM020250	Autobus Karosa B 941.1930	4 093 863,39	5 348 056,16
HIM020342	Autobus Karosa B 941.1930	4 437 682,58	5 526 413,28
HIM020343	Autobus Karosa B 941.1930	4 439 123,49	5 528 207,70
HIM020344	Autobus Karosa B 941.1930	4 440 333,18	5 529 714,17
HIM020345	Autobus Karosa B 941.1930	4 440 449,78	5 529 859,38
HIM020356	Autobus Karosa B 941.1930	4 453 329,38	5 545 898,83
HIM020357	Autobus Karosa B 941.1930	4 454 912,67	5 547 870,56
HIM020360	Autobus Karosa B 932.1676	2 932 736,00	3 652 246,61
HIM020361	Autobus Karosa B 932.1676	2 931 187,04	3 650 317,63
HIM020446	Autobus Karosa B 941.1962	4 570 646,36	5 635 641,67
HIM020447	Autobus Karosa B 941.1962	4 569 149,94	5 633 796,57
HIM020497	Autobus Karosa B 941.1962	4 875 770,41	5 731 040,93
HIM020498	Autobus Karosa B 941.1962	4 858 317,58	5 710 526,66
HIM020499	Autobus Karosa B 941.1962	4 861 401,42	5 714 151,44
HIM020500	Autobus Karosa B 941.1962	4 860 975,58	5 713 650,91
HIM020520	Autobus Karosa B 932E.1688	3 227 480,66	3 793 620,74
HIM020521	Autobus Karosa B 932E.1688	3 227 379,73	3 793 502,11
HIM020593	Autobus Karosa B 941.1962	5 004 348,47	5 716 397,65

Označení	Typ	Požizovací cena [Kč]	Stalá cena (2007) [Kč]
HIM020602	Autobus Karosa B 932E	3 326 898,82	3 800 270,24
HIM020603	Autobus Karosa B 932E	3 327 289,46	3 800 716,46
HIM020604	Autobus Karosa B 932E	3 326 357,11	3 799 651,45
HIM020608	Autobus Karosa B 932E	3 351 840,92	3 828 761,26
HIM020757	Autobus Karosa B 952.1714	3 342 121,04	3 836 842,59
HIM020758	Autobus Karosa B 952.1714	3 341 603,88	3 836 248,87
HIM020759	Autobus Karosa B 952.1714	3 337 860,40	3 831 951,26
HIM020760	Autobus Karosa B 952.1714	3 341 708,88	3 836 369,41
HIM020853	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 659 641,48	4 214 006,40
HIM020857	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 655 898,00	4 209 695,85
HIM020859	Karosa IRISBUS B 961.197031 E	3 674 388,48	4 230 987,28
HIM020860	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 656 099,00	4 209 927,30
HIM020861	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 659 947,48	4 214 358,75
HIM020862	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 656 099,00	4 209 927,30
HIM020863	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 659 750,60	4 214 132,05
HIM020864	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 659 947,48	4 214 358,75
HIM020865	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 659 947,48	4 214 358,75
HIM020866	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 656 099,00	4 209 927,30
HIM020867	Autobus Karosa B 952.171401 E	3 659 947,48	4 214 358,75
HIM020896	Karosa IRISBUS B 961.197031 E	5 458 757,10	5 946 691,81
HIM020899	Karosa IRISBUS B 961.197031 E	5 458 897,04	5 946 844,26
HIM020900	Karosa IRISBUS B 961.197031 E	5 458 866,68	5 946 811,19
HIM022152	Karosa IRISBUS B 952.171831	2 941 353,72	3 061 949,22
HIM022153	Karosa IRISBUS B 952.171831	2 938 316,65	3 058 787,63
HIM022154	Karosa IRISBUS B 952.171831	2 937 918,60	3 058 373,26
HIM022155	Karosa IRISBUS B 952.171831	2 995 576,00	3 118 394,61

## 6. Doby pro vyřazení autobusu z provozu

### 6.1. Výpočet optimální doby vyřazení autobusu Karosa B 732

#### Autobus Karosa B 732 – HIM020028:

Pro sestrojení exponenciály nákladů jsem použil náklady na údržbu vypočítané pro průměrný autobus Karosa.

Tabulka 7 – Kumulativní náklady na údržbu pro průměrný autobus Karosa

Počet let provozu	Kalendářní rok	Náklady na údržbu [Kč]	Kumulativní náklady na údržbu [Kč]
1	1993	124 626,52	124 626,52
2	1994	185 678,54	310 305,06
3	1995	275 263,22	585 568,28
4	1996	311 162,16	896 730,43
5	1997	267 674,93	1 164 405,36
6	1998	197 908,73	1 362 314,10
7	1999	207 496,37	1 569 810,47
8	2000	237 555,58	1 807 366,05
9	2001	246 854,18	2 054 220,23
10	2002	447 139,55	2 501 359,79
11	2003	355 904,53	2 857 264,31
12	2004	255 522,43	3 112 786,74
13	2005	219 992,29	3 332 779,03
14	2006	227 293,23	3 560 072,26
15	2007	225 638,09	3 785 710,35
16	2008	206 865,29	3 992 575,63

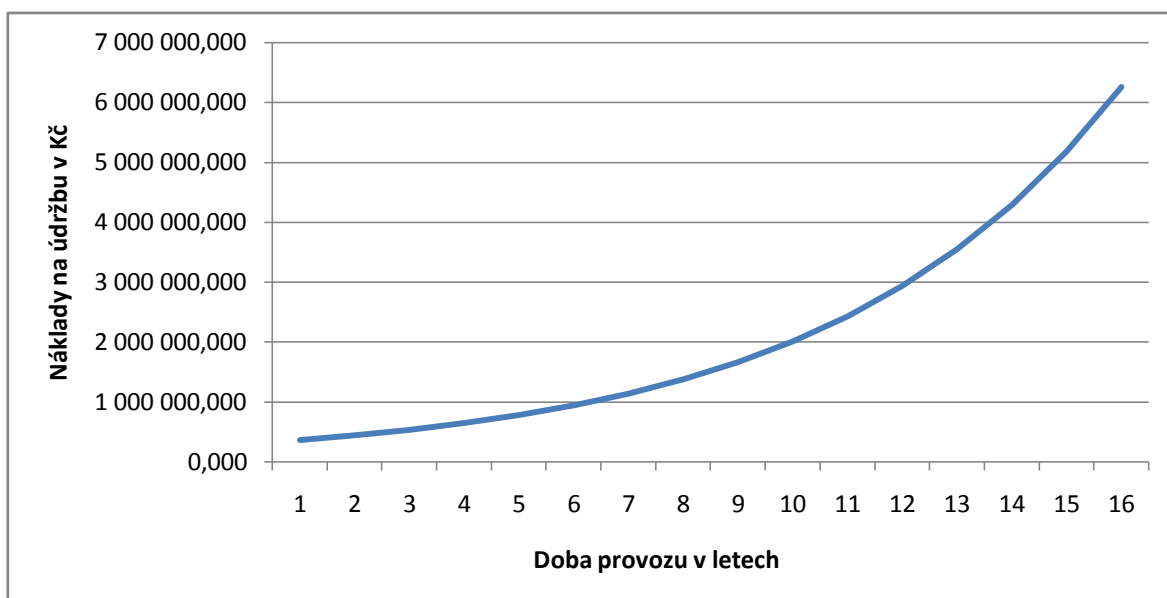
Z grafu (Obrázek 8) jsem zjistil (pomocí MS Excel), z rovnice exponenciály, hodnoty potřebné pro výpočet optimální doby vyřazení autobusu ( $T_{opt}$ ):

$$\text{Rovnice exponenciály} - y = 304184.319 * e^{0,189t} \quad (29)$$

$$\text{Amplituda} - B = 304184.319$$

$$\text{Součinitel rostoucí exponenciály} - \beta = 0,189$$

**Obrázek 8 – Kumulativní náklady na údržbu průměrného autobusu Karosa**



Pro sestavení klesající exponenciály ceny autobusu jsem použil klesající cenu podle odpisů, uvedenou v následující tabulce 8.

**Tabulka 8 – Klesající cena autobusu Karosa B 732 – HIM020028**

Cena k 2007 = 3 098 059,96 Kč			
Roční odpisy = 387 257,50 Kč			
Kalendářní rok	Hodnota [Kč]	Kalendářní rok	Hodnota [Kč]
1996	3 098 059,96	2003	387 257,50
1997	2 710 802,47	2004	0,00
1998	2 323 544,97	2005	0,00
1999	1 936 287,48	2006	0,00
2000	1 549 029,98	2007	0,00
2001	1 161 772,49	2008	0,00
2002	774 514,99		

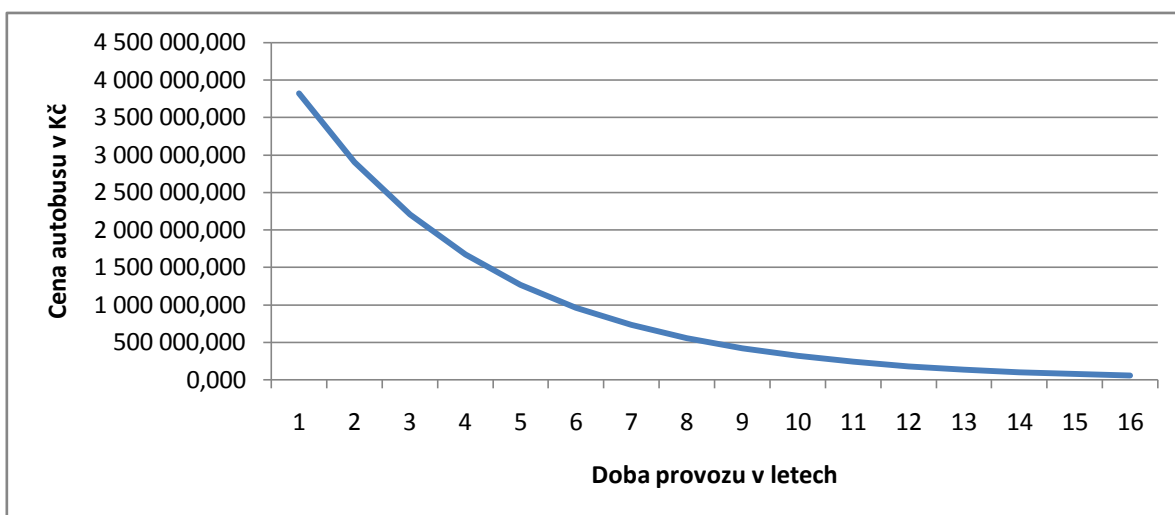
Z grafu (Obrázek 9) jsem opět zjistil, z rovnice exponenciály (pomocí MS Excel), zbylé hodnoty potřebné pro výpočet optimální doby vyřazení autobusu ( $T_{opt}$ ):

$$\text{Rovnice exponenciály} - y = 5030979,909 * e^{-0,275t} \quad (30)$$

$$\text{Amplituda} - A = 5030979,909$$

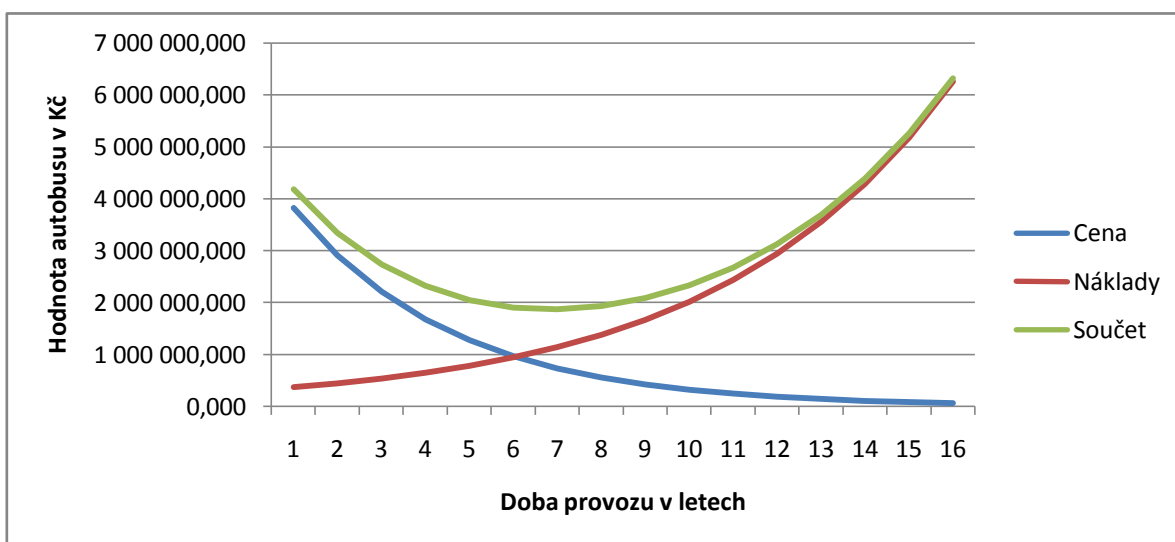
$$\text{Součinitel klesající exponenciály} - \lambda = 0,275$$

Obrázek 9 – Klesající cena autobusu Karosa B 732 – HIM020028



Křivka celkové hodnoty autobusu je pak rovna součtu těchto 2 exponenciálních křivek (viz Graf – Obrázek 10).

Obrázek 10 – Celková hodnota autobusu Karosa B 732 – HIM020028



Po zjištění neznámých ( $A, \lambda, B, \beta$ ) z grafů, jsem dosadil do rovnice (04):

$$t_{opt} = \ln\left(\frac{\lambda * A}{\beta * B}\right) \left(\frac{1}{\lambda + \beta}\right)$$

$$t_{opt} = \ln\left(\frac{0,275 * 5030979,909}{0,189 * 304184.319}\right) \left(\frac{1}{0,275 + 0,189}\right)$$

5

$$t_{opt} = 6,881 \text{ Let}$$

Stejně jsem postupoval i u dalších autobusů Karosa typu B 732. Výsledné doby  $T_{opt}$  jsou uvedeny v tabulce 9.

**Tabulka 9 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 732 z vozového parku DPO – Poruba**

Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]	Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]
HIM020028	6,881	HIM009834	6,728
HIM020035	6,881	HIM009836	6,717
HIM020042	6,868	HIM009837	6,717
HIM020043	6,868	HIM009838	6,717
HIM020044	6,868	HIM009648	5,947
HIM020045	6,868	HIM009649	5,973
HIM020046	6,868	HIM009650	5,889
HIM020047	6,868	HIM009651	5,785
HIM020048	6,868	HIM009653	5,809
HIM020049	6,869	HIM009654	5,951
HIM020050	6,868	HIM009537	5,359
HIM020051	6,868	HIM009542	5,176

## 6.2. Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 732

Výpočet jsem provedl odvozením ze vzorce (22)

$$P\left(\mu < \bar{X} + \frac{s}{\sqrt{n}} * t_{1-\alpha, n-1}\right) = 1 - \alpha$$

na tvar:

$$T_H = \overline{T_{opt}} + \frac{s}{\sqrt{n}} * t_{1-\alpha, n-1} \quad (32)$$

Kde:

$T_H$  [Rok] – je hledaný horní odhad

$\overline{T_{opt}}$  [Rok] – je aritmetický průměr z  $T_{opt}$

$t_{1-\alpha, n-1}$  – je hodnota distribuční funkce Studentova rozdělení

Všechny potřebné hodnoty jsem si vypočítal pomocí MS Excel:

**Tabulka 10 – Výpočet  $T_H$  Karosa B 732**

$\overline{T_{opt}} =$	6,467 [Rok]
S (výběrová směrodatná odchylka) =	0,556 [Rok]
n (počet autobusů) =	24
$t_{1-\alpha, n-1} =$	1,319
<b>Výsledná doba pro vyřazení =</b>	<b><math>T_H = 6,5</math> roku</b>

Autobusy karosa typu B 732 by měly být vyřazeny z vozového parku DPO – Poruba nejpozději po 6,5 letech v provozu.

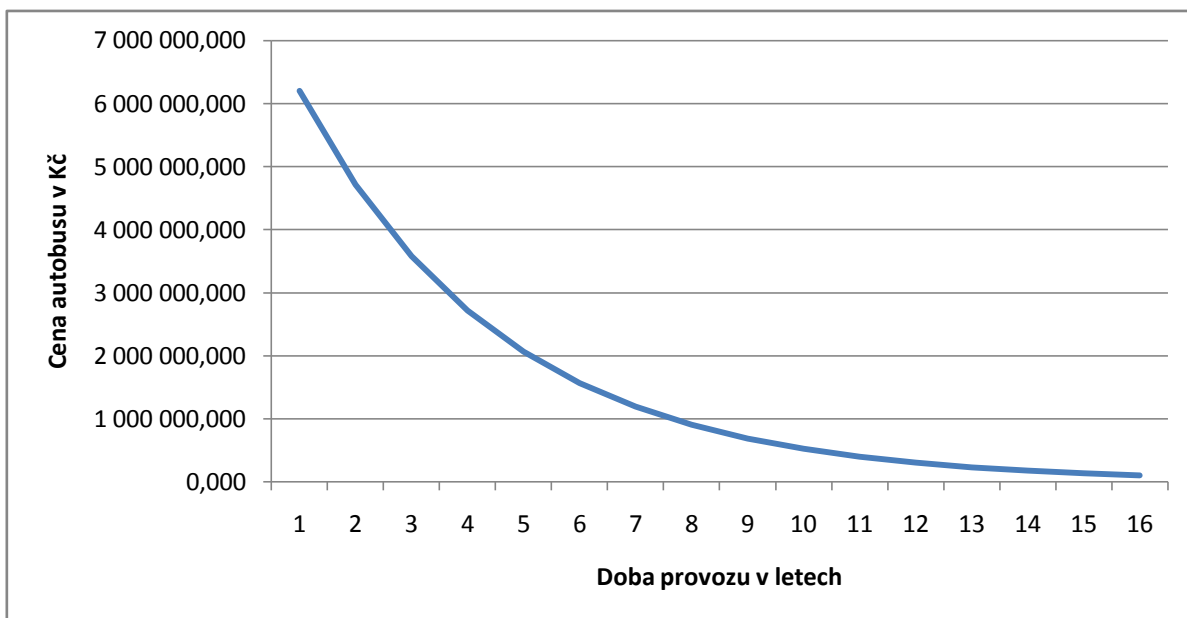
### 6.3. Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 741

**Karosa B 741 – HIM020006:**

**Tabulka 11– Data pro sestavení exponenciály ceny Karosa B 741**

Cena k 2007 = 5 027 902,14 Kč			
Roční odpisy = 628 487,77 Kč			
Kalendářní rok	Hodnota [Kč]	Kalendářní rok	Hodnota [Kč]
1996	5 027 902,14	2003	628 487,77
1997	4 399 414,37	2004	0,00
1998	3 770 926,60	2005	0,00
1999	3 142 438,84	2006	0,00
2000	2 513 951,07	2007	0,00
2001	1 885 463,30	2008	0,00
2002	1 256 975,53		

Obrázek 11 – Klesající cena autobusu Karosa B 741 – HIM020006

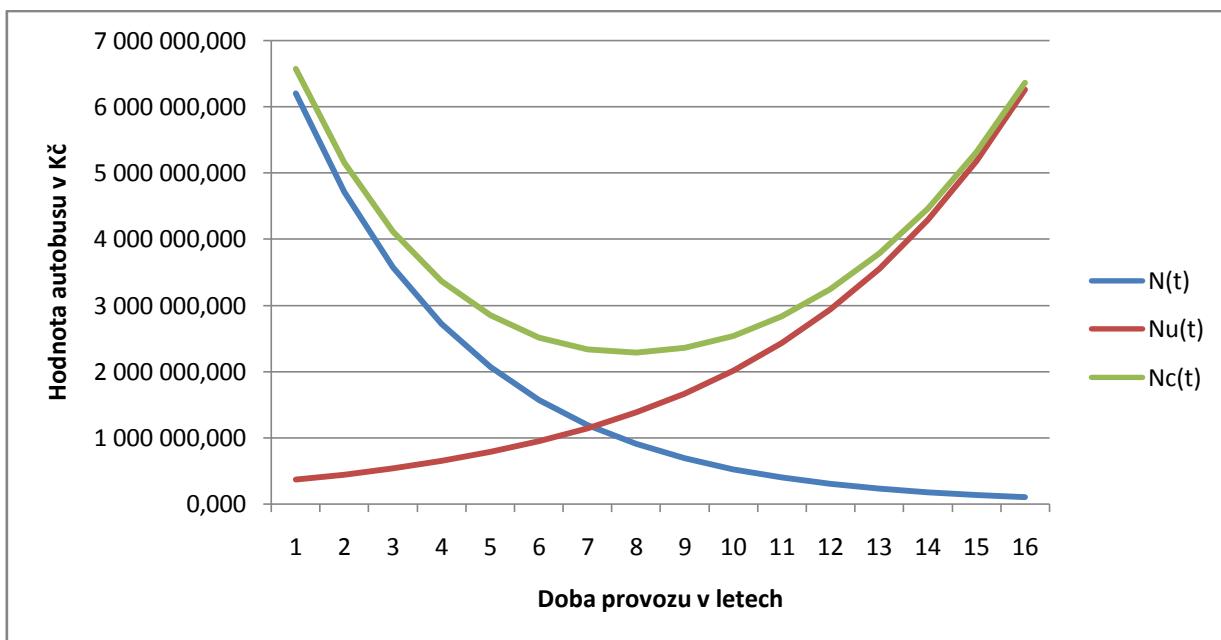


Rovnice exponenciály –  $y = 8164875,746 * e^{-0,275t}$  (33)

Amplituda – pořizovací cena vozidla –  $A = 8164875,746$

Součinitel klesající exponenciály –  $\lambda = 0,275$

Obrázek 12 – Celková hodnota autobusu Karosa B 741 – HIM020006



Tabulka 12 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 741 z vozového parku DPO – Poruba

Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]	Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]
HIM020006	7,927	HIM009960	7,726
HIM020007	7,927	HIM009756	7,217
HIM020008	7,927	HIM009769	7,252
HIM020010	7,936		

## 6.4. Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 741

Tabulka 13 – Výpočet  $T_H$  Karosa B 741

$\overline{T_{opt}} =$	7,702 [Rok]
S (výběrová směrodatná odchylka) =	0,328 [Rok]
n (počet autobusů) =	7
$t_{1-\alpha, n-1} =$	1,439
<b>Výsledná doba pro vyřazení =</b>	<b><math>T_H = 8</math> let</b>

Autobusy karosa typu B 741 by mely být vyřazeny z vozového parku DPO –Poruba nejpozději po 8 letech v provozu.

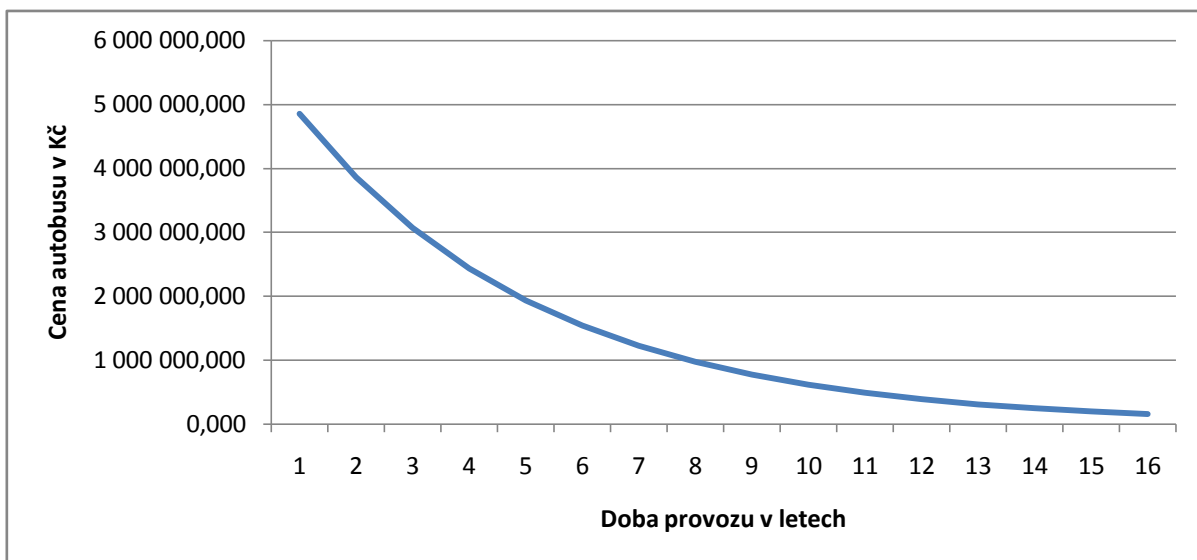
## 6.5. Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 932

Karosa B 932 – HIM020602:

Tabulka 14 – Data pro sestrojení exponenciály klesající ceny Karosa B 932 – HIM020602

Cena k 2007 = 3 800 270,25 Kč			
Roční odpisy = 380 027,02 Kč			
Kalendářní rok	Hodnota [Kč]	Kalendářní rok	Hodnota [Kč]
2001	3 800 270,25	2005	2 280 162,15
2002	3 420 243,22	2006	1 900 135,12
2003	3 040 216,20	2007	1 520 108,10
2004	2 660 189,17	2008	1 140 081,07

Obrázek 13 – Klesající cena autobusu Karosa B 932 – HIM020602

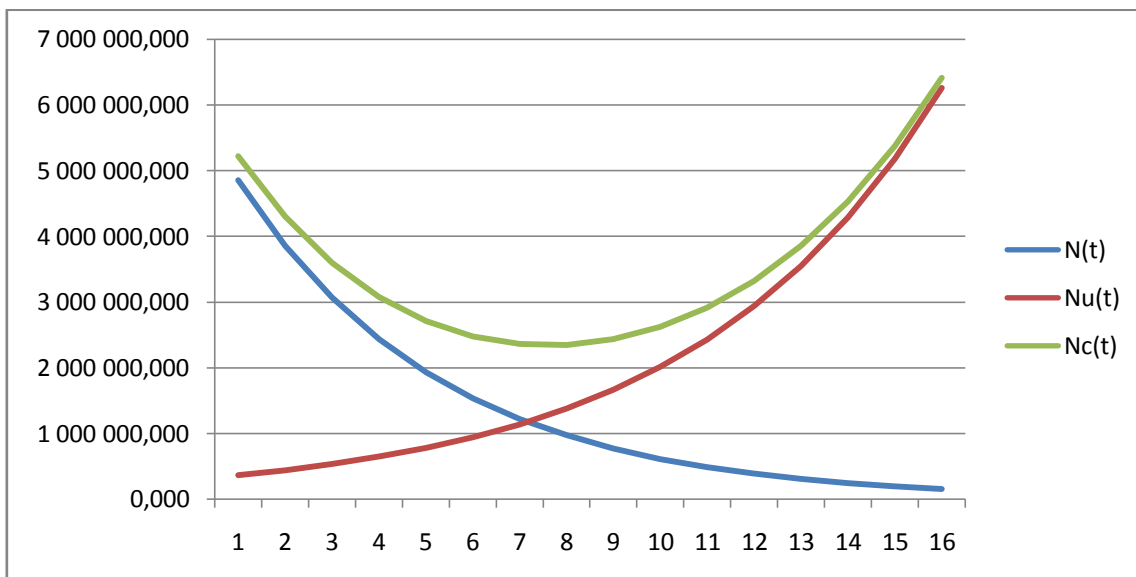


Rovnice exponenciály –  $y = 6111460,462 * e^{-0,230t}$  (34)

Amplituda – pořizovací cena vozidla –  $A = 6111460,462$

Součinitel klesající exponenciály –  $\lambda = 0,230$

Obrázek 14 – Celková hodnota autobusu Karosa B 932 – HIM020602



**Tabulka 15 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 941 z vozového parku DPO – Poruba**

Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]	Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]
HIM020602	7,661	HIM020361	7,564
HIM020603	7,661	HIM020229	7,405
HIM020604	7,659	HIM020231	7,443
HIM020608	7,678	HIM020233	7,408
HIM020520	7,656	HIM020238	7,419
HIM020521	7,656	HIM020241	7,417
HIM020360	7,565		

## 6.6. Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 932

**Tabulka 16 – Výpočet  $T_H$  Karosa B 932**

$\overline{T_{opt}} =$	7,553 [Rok]
S (výběrová směrodatná odchylka) =	0,116 [Rok]
n (počet autobusů) =	13
$t_{1-\alpha, n-1} =$	1,356
<b>Výsledná doba pro vyřazení =</b>	<b><math>T_H = 7,5</math> roku</b>

Autobusy karosa typu B 941 by mely být vyřazeny z vozového parku DPO –Poruba nejpozději po 7,5 letech v provozu.

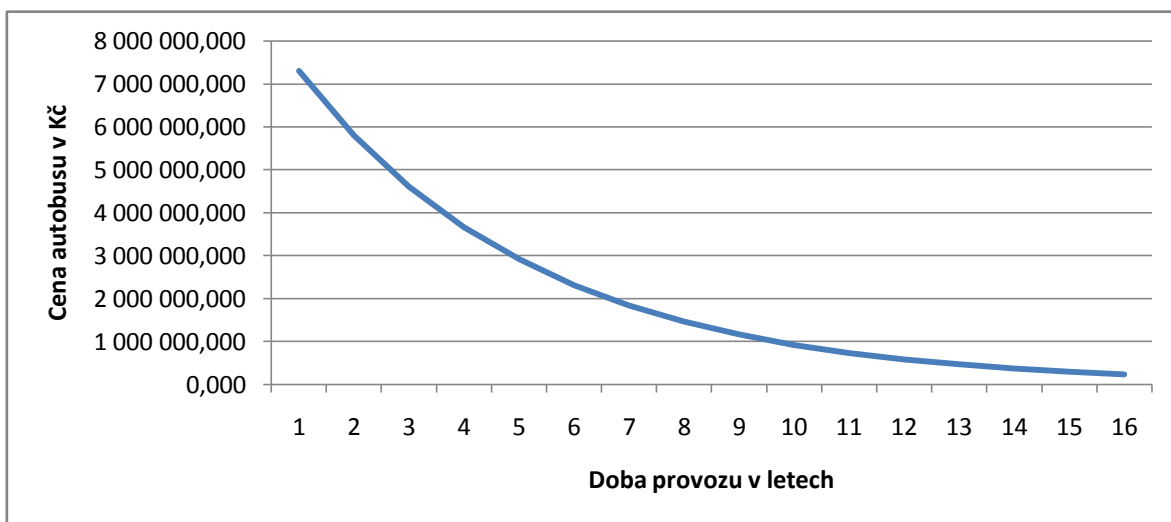
## 6.7. Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 941

**Karosa B 941 – HIM020593:**

**Tabulka 17 – Data pro sestavení exponenciály klesající ceny Karosa B 941 – HIM020593**

Cena k 2007 = 5 716 397,65 Kč			
Roční odpisy = 571 639,77 Kč			
Kalendářní rok	Hodnota [Kč]	Kalendářní rok	Hodnota [Kč]
2001	5 716 397,65	2005	3 429 838,59
2002	5 144 757,89	2006	2 858 198,83
2003	4 573 118,12	2007	2 286 559,06
2004	4 001 478,36	2008	1 714 919,30

**Obrázek 15 – Klesající cena autobusu Karosa B 941 – HIM020593**

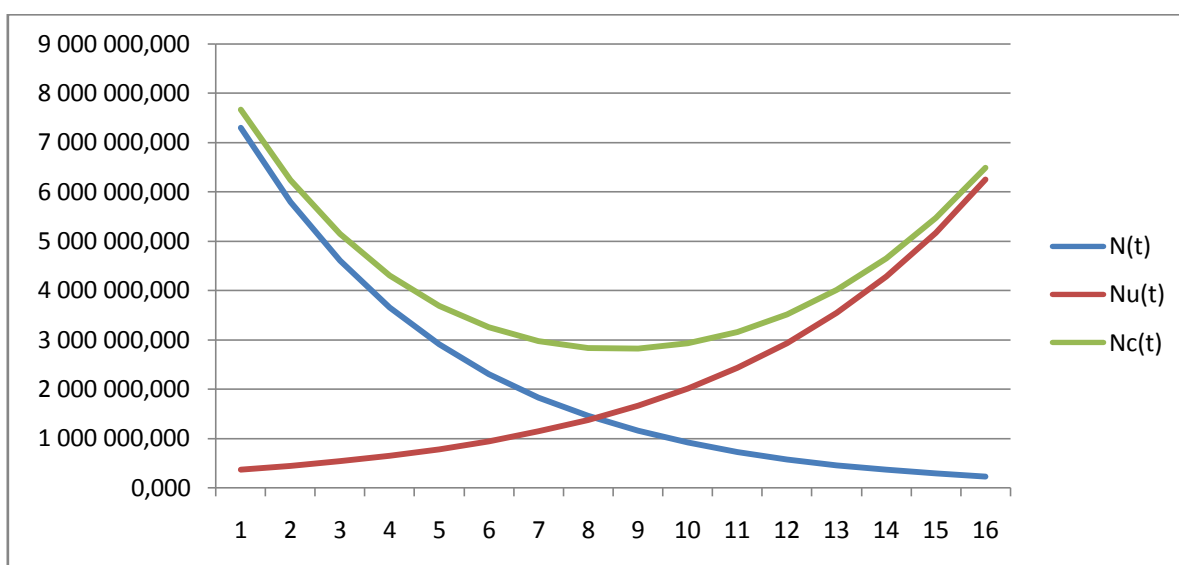


$$\text{Rovnice exponenciály} - y = 9192908,913 * e^{-0,230t} \quad (35)$$

Amplituda – pořizovací cena vozidla –  $A = 9192908,913$

Součinitel klesající exponenciály –  $\lambda = 0,230$

Obrázek 16 – Celková hodnota autobusu Karosa B 941 – HIM020593



Tabulka 18 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 941 z vozového parku DPO – Poruba

Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]	Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]
HIM020593	8,637	HIM020344	8,557
HIM020497	8,643	HIM020345	8,557
HIM020498	8,634	HIM020356	8,564
HIM020499	8,636	HIM020357	8,565
HIM020500	8,636	HIM020225	8,483
HIM020446	8,603	HIM020226	8,354
HIM020447	8,602	HIM020249	8,481
HIM020342	8,556	HIM020250	8,477
HIM020343	8,557		

## 6.8. Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 941

Tabulka 19 – Výpočet  $T_H$  Karosa B 941

$\overline{T_{opt}} =$	8,561 [Rok]
S (výběrová směrodatná odchylka) =	0,077 [Rok]
n (počet autobusů) =	17
$t_{1-\alpha, n-1} =$	1,337
<b>Výsledná doba pro vyřazení =</b>	<b><math>T_H = 8,5</math> roku</b>

Autobusy karosa typu B 941 by mely být vyřazeny z vozového parku DPO – Poruba nejpozději po 8,5 letech v provozu.

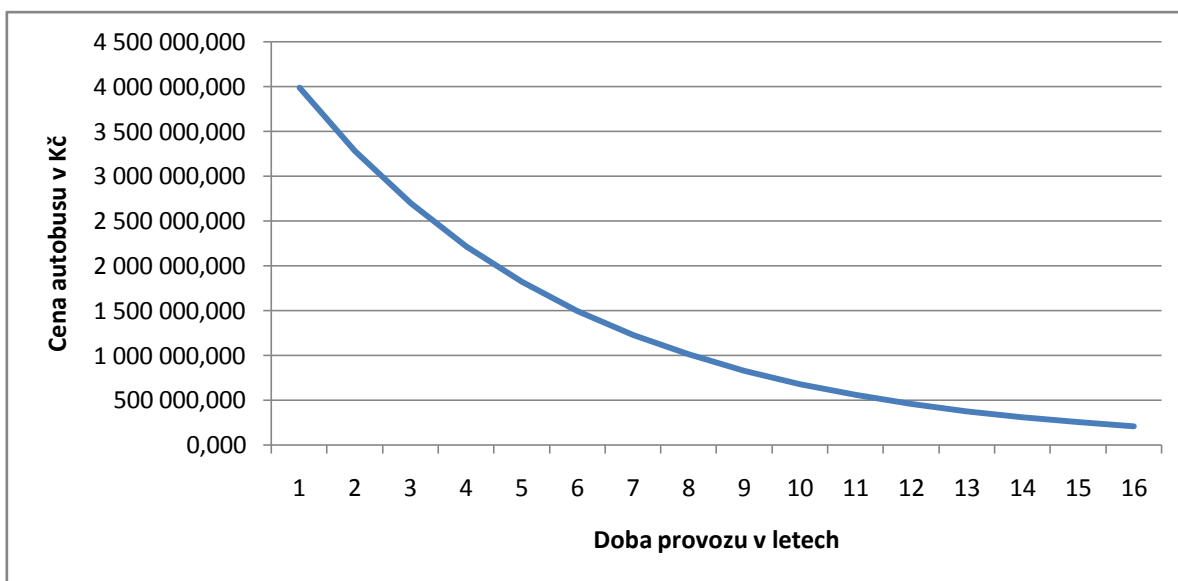
## 6.9. Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 952

**Karosa B 952 – HIM022152:**

**Tabulka 20 – Data pro sestavení exponenciály klesající ceny Karosa B 952 – HIM022152**

Cena k 2007 =	3 061 949,22 Kč
Roční odpisy =	254 141,79 Kč
Kalendářní rok	Hodnota [Kč]
2006	3 061 949,22
2007	2 807 807,44
2008	2 553 665,65

**Obrázek 17 – Klesající cena autobusu Karosa B 952 – HIM022152**

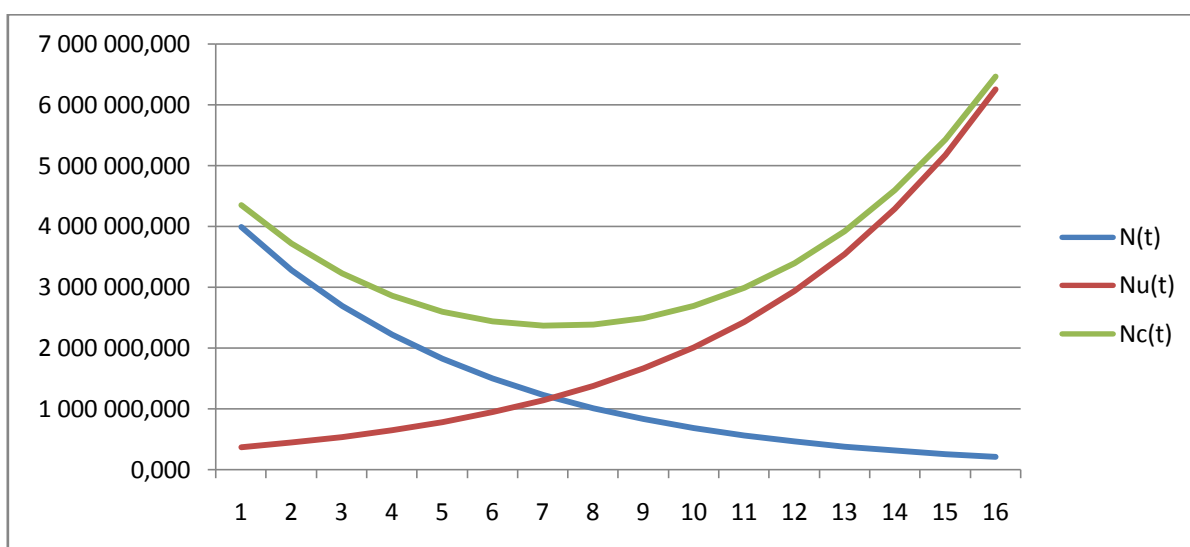


Rovnice exponenciály –  $y = 4853420,140 * e^{-0,196t}$  (36)

Amplituda – pořizovací cena vozidla –  $A = 4853420,140$

Součinitel klesající exponenciály –  $\lambda = 0,196$

**Obrázek 18 – Celková hodnota autobusu Karosa B 952 – HIM022152**



**Tabulka 21 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 952 z vozového parku DPO – Poruba**

Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]	Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]
HIM022152	7,321	HIM020863	7,907
HIM022153	7,319	HIM020864	7,908
HIM022154	7,318	HIM020865	7,908
HIM022155	7,369	HIM020866	7,905
HIM020853	7,907	HIM020867	7,907
HIM020857	7,904	HIM020757	7,683
HIM020860	7,905	HIM020758	7,683
HIM020861	7,907	HIM020759	7,679
HIM020862	7,905	HIM020760	7,682

## 6.10. Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 952

**Tabulka 22 – Výpočet  $T_H$  Karosa B 952**

$\overline{T_{opt}} =$	7,729 [Rok]
S (výběrová směrodatná odchylka) =	0,237 [Rok]
n (počet autobusů) =	18
$t_{1-\alpha, n-1} =$	1,333
<b>Výsledná doba pro vyřazení =</b>	<b><math>T_H = 8</math> let</b>

Autobusy karosa typu B 952 by mely být vyřazeny z vozového parku DPO – Poruba nejpozději po 8 letech v provozu.

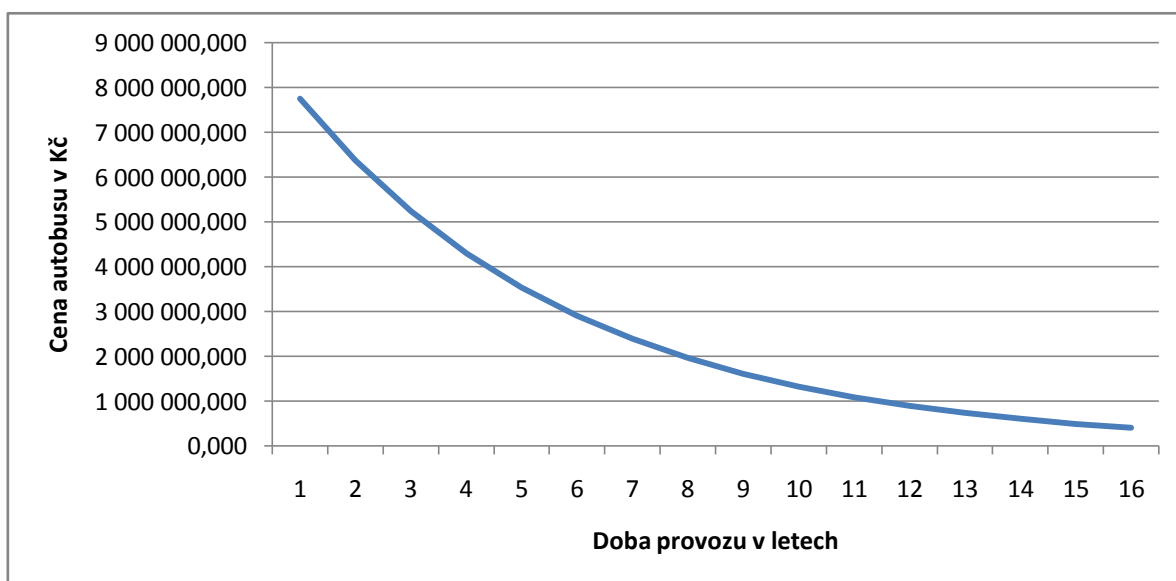
## 6.11. Výpočet $t_{opt}$ pro Karosa B 961

**Karosa B 961 – HIM020896:**

**Tabulka 23 – Data pro sestavení exponenciály klesající ceny Karosa B 961 – HIM020896**

Cena k 2007 = 5 946 691,82 Kč	
Roční odpisy = 493 575,42 Kč	
Kalendářní rok	Hodnota [Kč]
2004	5 946 691,82
2005	5 453 116,39
2006	4 959 540,97
2007	4 465 965,55
2008	3 972 390,13

**Obrázek 19 – Klesající cena autobusu Karosa B 961 – HIM020896**

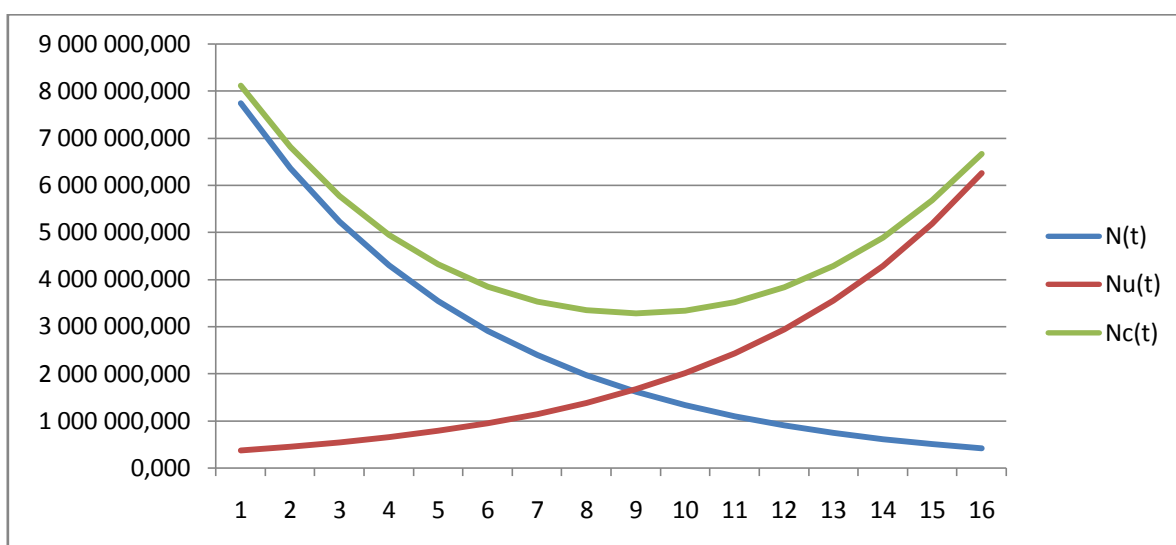


Rovnice exponenciály –  $y = 9425954,424 * e^{-0,196t}$  (37)

Amplituda – pořizovací cena vozidla –  $A = 9425954,424$

Součinitel klesající exponenciály –  $\lambda = 0,196$

Obrázek 20 – Celková hodnota autobusu Karosa B 961 – HIM020896



Tabulka 24 – Optimální doby vyřazení autobusů Karosa B 961 z vozového parku DPO – Poruba

Označení autobusu	$T_{opt}$ [rok]
HIM020896	9,051
HIM020899	9,051
HIM020900	9,051
HIM020859	7,917

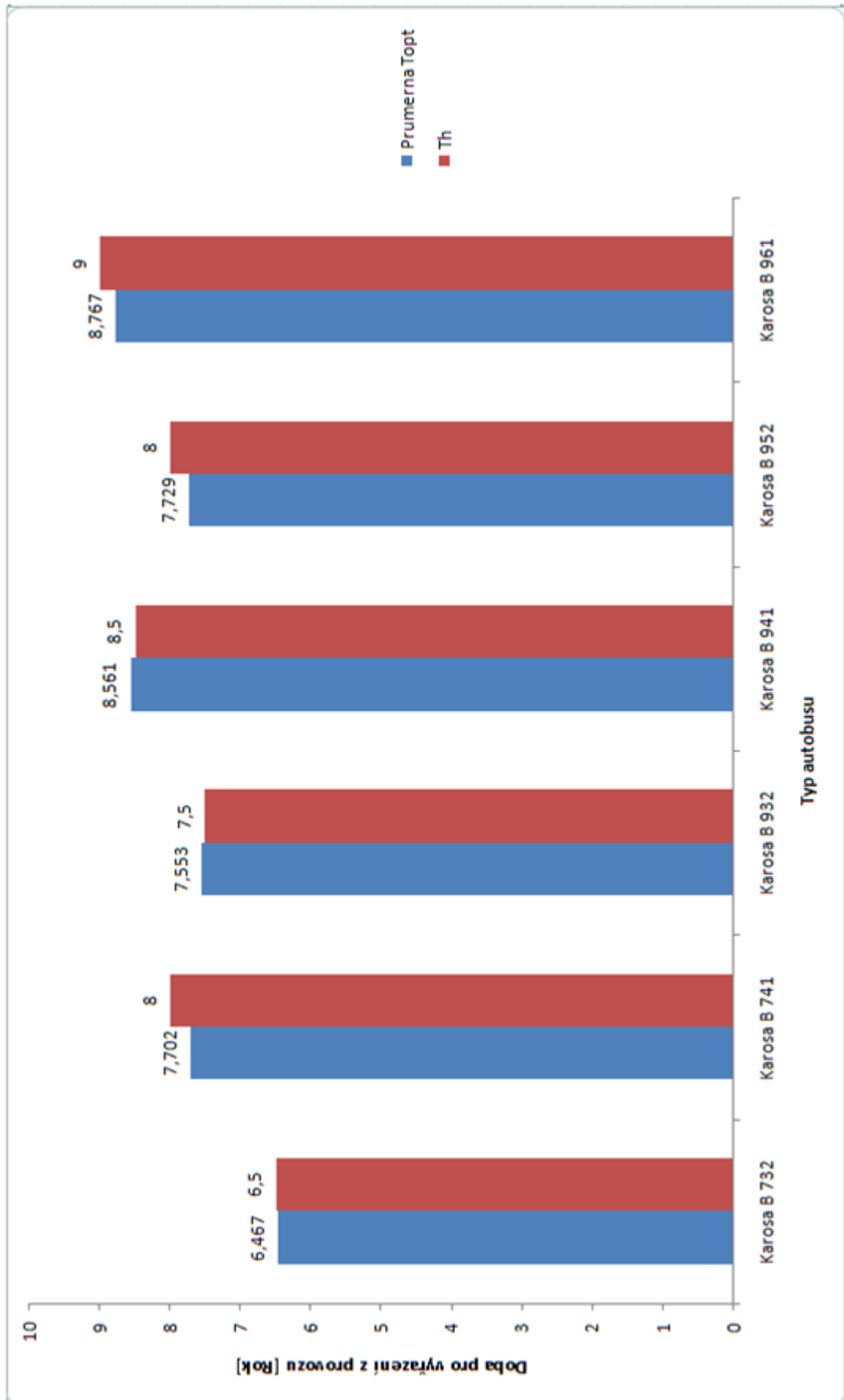
## 6.12. Horní hranice odhadu vyřazení autobusu Karosa B 961

Tabulka 25 – Hodnoty Výpočet  $T_H$  Karosa B 961

$\overline{T_{opt}} =$	8,767 [Rok]
S (výběrová směrodatná odchylka) =	0,567 [Rok]
n (počet autobusů) =	4
$t_{1-\alpha, n-1} =$	1,638
<b>Výsledná doba pro vyřazení =</b>	<b><math>T_H = 9</math> let</b>

Autobusy karosa typu B 961 by mely být vyřazeny z vozového parku DPO – Poruba nejpozději po 9 letech v provozu.

Obrázek 21 – Průměrná doba a horní odhad ( $T_H$ ) doby vyřazení autobusů z provozu



## 7. Návrh obnovy vozového parku

### 7.1. Prodej autobusů

V tabulce 26 je uveden přehled hodnot horní hranice prodeje pro různé typy autobusů Karosa:

Tabulka 26 – Horní hranice doby prodeje autobusů

Typ autobusu	$T_H$ – doba prodeje autobusu [rok]
Karosa B 732	6,5
Karosa B 741	8
Karosa B 932	7,5
Karosa B 941	8,5
Karosa B 952	8
Karosa B 961	9

Podle těchto hodnot jsem provedl porovnání všech autobusů v provozu v DPO – Poruba, jak dlouho jsou již provozovány vzhledem ke skutečnosti, kdy by měly být prodány na základě mnou vypočítané doby. Výsledky tohoto srovnání jsem vložil do následujících tabulek (Tabulka 27, Tabulka 28 a Tabulka 29):

Tabulka 27 – Seznam autobusů, které se už měly prodat

Datum uvedení do provozu	Označení autobusu	Typ autobusu	Datum, kdy měl být autobus prodán
1.10.1993	HIM009537	Autobus Karosa B 732.1654	1.4.2000
1.10.1993	HIM009542	Autobus Karosa B 732.1654	1.4.2000
1.6.1994	HIM009648	Autobus Karosa B 732.1654	1.12.2000
1.6.1994	HIM009649	Autobus Karosa B 732.1654	1.12.2000
1.6.1994	HIM009650	Autobus Karosa B 732.1654	1.12.2000
1.6.1994	HIM009651	Autobus Karosa B 732.1654	1.12.2000
1.6.1994	HIM009654	Autobus Karosa B 732.1654	1.12.2000
1.6.1994	HIM009654	Autobus Karosa B 732.1654	1.12.2000

Datum uvedení do provozu	Označení autobusu	Typ autobusu	Datum, kdy měl být autobus prodán
1.12.1994	HIM009756	Autobus Karosa B 741.1908	1.12.2002
1.12.1994	HIM009769	Autobus Karosa B 741.1908	1.12.2002
1.7.1995	HIM009834	Autobus Karosa B 732.1666	1.1.2002
1.7.1995	HIM009836	Autobus Karosa B 732.1666	1.1.2002
1.7.1995	HIM009837	Autobus Karosa B 732.1666	1.1.2002
1.7.1995	HIM009838	Autobus Karosa B 732.1666	1.1.2002
1.12.1995	HIM009960	Autobus Karosa B 741.1922	1.12.2003
1.7.1996	HIM020006	Autobus Karosa B 741.1924	1.7.2004
1.7.1996	HIM020007	Autobus Karosa B 741.1924	1.7.2004
1.7.1996	HIM020008	Autobus Karosa B 741.1924	1.7.2004
1.7.1996	HIM020010	Autobus Karosa B 741.1924	1.7.2004
1.9.1996	HIM020028	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020035	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020042	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020043	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020044	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020045	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020046	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020047	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020048	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020049	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020050	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.9.1996	HIM020051	Autobus Karosa B 732.1666	1.3.2003
1.8.1997	HIM020225	Autobus Karosa B 941.1930	1.2.2006
1.8.1997	HIM020226	Autobus Karosa B 941.1930	1.2.2006
1.8.1997	HIM020229	Autobus Karosa B 932.1676	1.2.2005
1.8.1997	HIM020231	Autobus Karosa B 932.1676	1.2.2005
1.8.1997	HIM020233	Autobus Karosa B 932.1676	1.2.2005
1.9.1997	HIM020238	Autobus Karosa B 932.1676	1.3.2005
1.9.1997	HIM020241	Autobus Karosa B 932.1676	1.3.2005
1.9.1997	HIM020249	Autobus Karosa B 941.1930	1.3.2006

Datum uvedení do provozu	Označení autobusu	Typ autobusu	Datum, kdy měl být autobus prodán
1.9.1997	HIM020250	Autobus Karosa B 941.1930	1.3.2006
1.8.1998	HIM020342	Autobus Karosa B 941.1930	1.2.2007
1.8.1998	HIM020343	Autobus Karosa B 941.1930	1.2.2007
1.8.1998	HIM020344	Autobus Karosa B 941.1930	1.2.2007
1.8.1998	HIM020345	Autobus Karosa B 941.1930	1.2.2007
1.8.1998	HIM020356	Autobus Karosa B 941.1930	1.2.2007
1.8.1998	HIM020357	Autobus Karosa B 941.1930	1.2.2007
1.8.1998	HIM020360	Autobus Karosa B 932.1676	1.2.2006
1.8.1998	HIM020361	Autobus Karosa B 932.1676	1.2.2006
1.6.1999	HIM020446	Autobus Karosa B 941.1962	1.12.2007
1.6.1999	HIM020447	Autobus Karosa B 941.1962	1.12.2007
1.3.2000	HIM020497	Autobus Karosa B 941.1962	1.9.2008
1.3.2000	HIM020498	Autobus Karosa B 941.1962	1.9.2008
1.3.2000	HIM020499	Autobus Karosa B 941.1962	1.9.2008
1.3.2000	HIM020500	Autobus Karosa B 941.1962	1.9.2008
1.4.2000	HIM020520	Autobus Karosa B 932E.1688	1.10.2007
1.4.2000	HIM020521	Autobus Karosa B 932E.1688	1.10.2007
31.5.2001	HIM020602	Autobus Karosa B 932E	31.11.2008
31.5.2001	HIM020603	Autobus Karosa B 932E	31.11.2008
31.5.2001	HIM020604	Autobus Karosa B 932E	31.11.2008
31.5.2001	HIM020608	Autobus Karosa B 932E	31.11.2008

**Tabulka 28 – Seznam autobusů, které by se měly brzy prodat (do konce roku 2010)**

Datum uvedení do provozu	Označení autobusu	Typ autobusu	Datum, kdy by měl být autobus prodán
30.4.2001	HIM020593	Autobus Karosa B 941.1962	30.10.2009
30.11.2002	HIM020757	Autobus Karosa B 952.1714	30.11.2010
30.11.2002	HIM020758	Autobus Karosa B 952.1714	30.11.2010
30.11.2002	HIM020759	Autobus Karosa B 952.1714	30.11.2010
30.11.2002	HIM020760	Autobus Karosa B 952.1714	30.11.2010

**Tabulka 29 – Seznam autobusů v provozu po roce 2010 s a daty, kdy je nejpozději prodán**

Datum uvedení do provozu	Označení autobusu	Typ autobusu	Datum, kdy by měl být autobus prodán
31.10.2003	HIM020853	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020857	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020859	Karosa IRISBUS B 961.197031 E	31.10.2012
31.10.2003	HIM020860	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020861	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020862	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020863	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020864	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020865	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020866	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.10.2003	HIM020867	Autobus Karosa B 952.171401 E	31.10.2011
31.3.2004	HIM020896	Karosa IRISBUS B 961.197031 E	31.3.2013
31.3.2004	HIM020899	Karosa IRISBUS B 961.197031 E	31.3.2013
31.3.2004	HIM020900	Karosa IRISBUS B 961.197031 E	31.3.2013
28.2.2006	HIM022152	Karosa IRISBUS B 952.171831	28.2.2014
28.2.2006	HIM022153	Karosa IRISBUS B 952.171831	28.2.2014
28.2.2006	HIM022154	Karosa IRISBUS B 952.171831	28.2.2014
28.2.2006	HIM022155	Karosa IRISBUS B 952.171831	28.2.2014

Přehled, kolik by se jakých autobusů mělo prodát ihned (Tabulka 30) a kolik do konce roku 2010 (Tabulka 31), je uveden v následujících tabulkách:

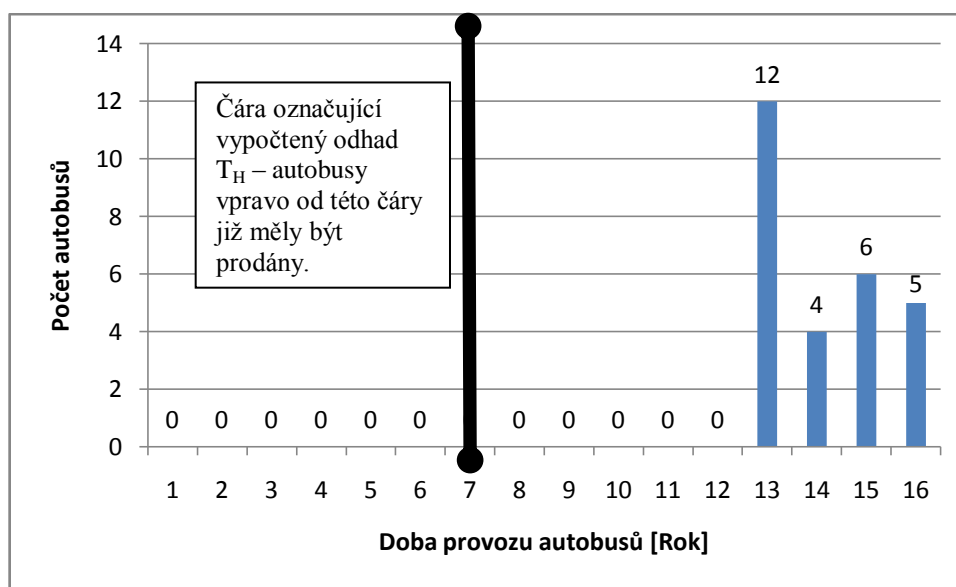
**Tabulka 30 – Počet a typy autobusů, které by se měly ihned prodát**

Typ autobusu	Počet autobusů	Počet míst celkem (sezení/stání)
Karosa B 732	24	90 (31/59)
Karosa B 741	7	150 (42/108)
Karosa B 932	13	94 (31/63)
Karosa B 941	16	150 (42/108)

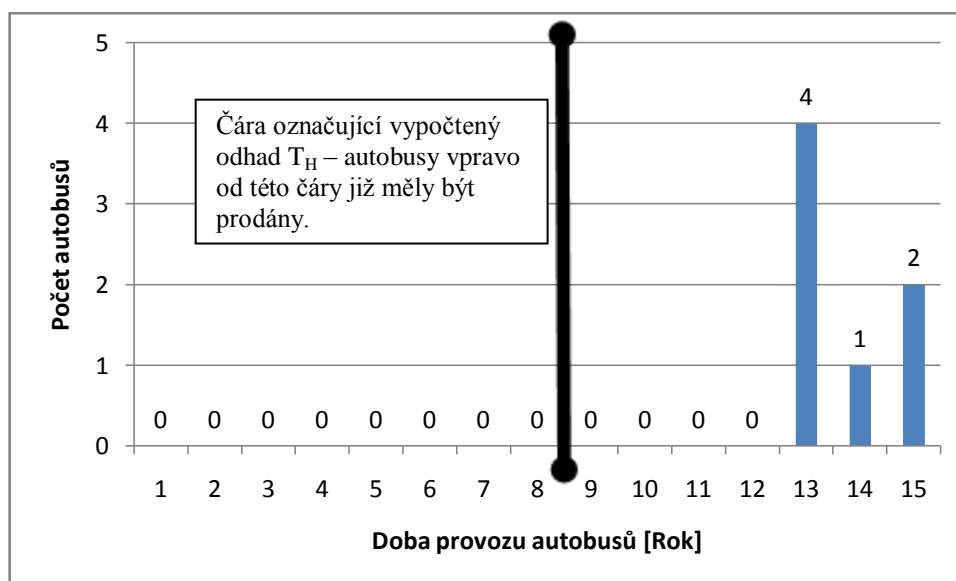
**Tabulka 31 – Počet a typy autobusů, které by se měly prodat do konce roku 2010**

Typ autobusu	Počet autobusů	Počet míst celkem (sezení/stání)
Karosa B 941	1	150 (42/108)
Karosa B 952	4	99 (31/68)

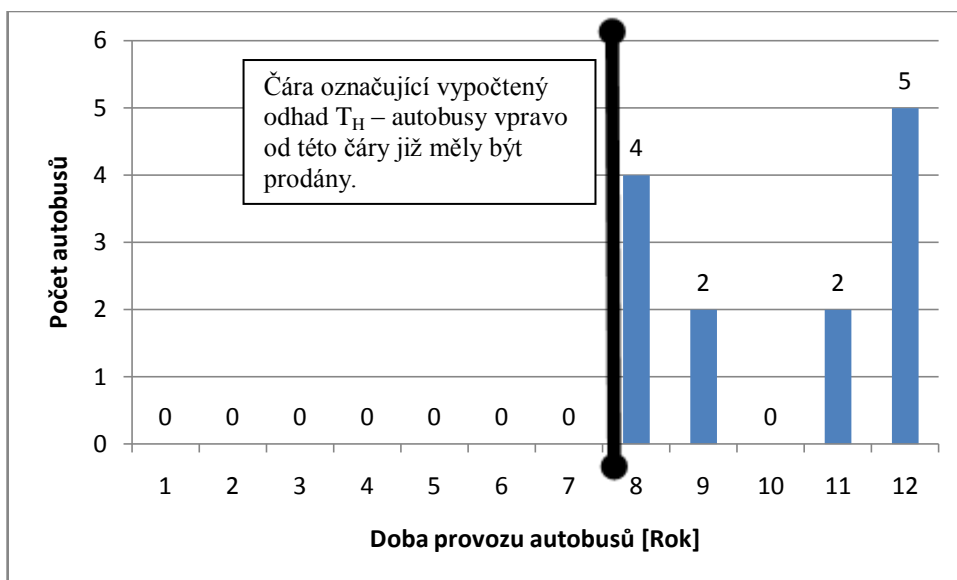
**Obrázek 22 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 732 pro dané doby provozu**



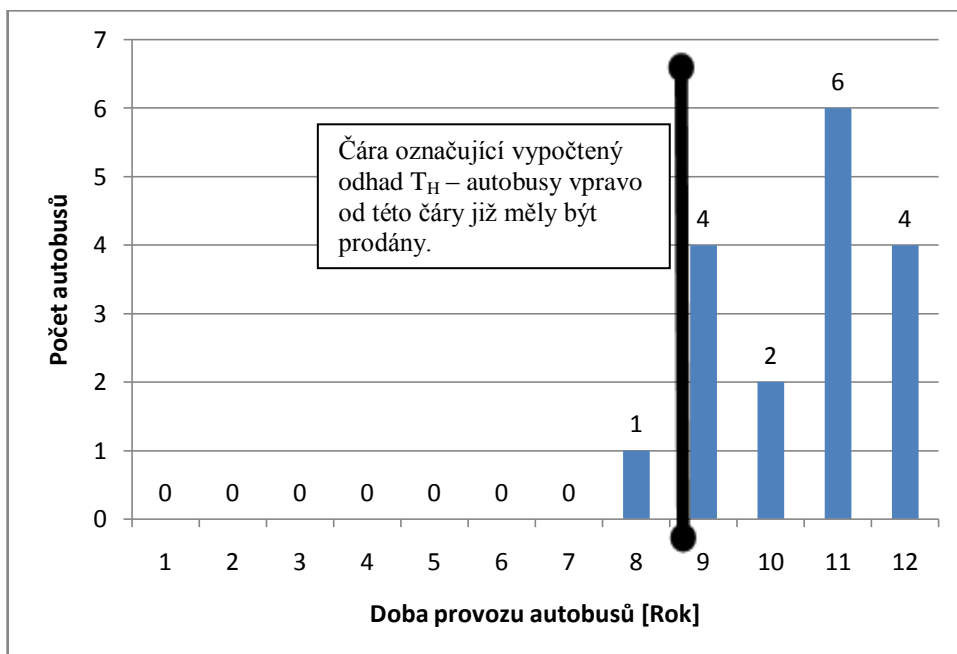
**Obrázek 23 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 741 pro dané doby provozu**



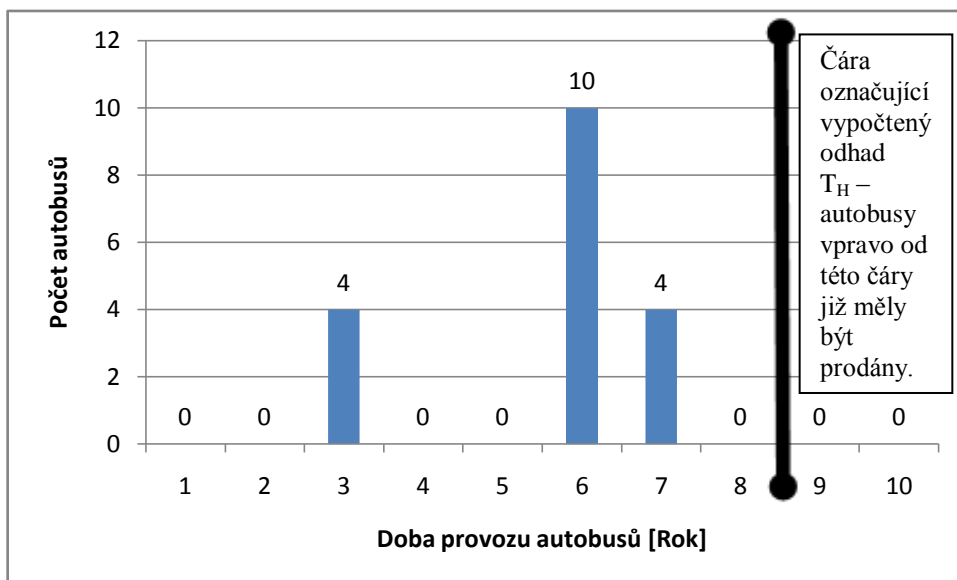
Obrázek 24 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 932 pro dané doby provozu



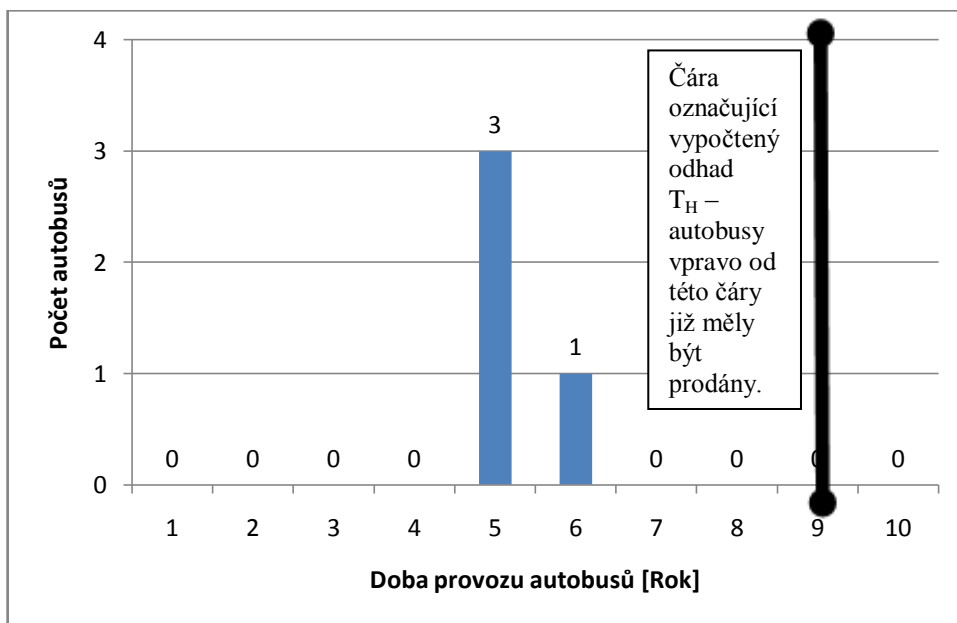
Obrázek 25 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 941 pro dané doby provozu



Obrázek 26 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 952 pro dané doby provozu



Obrázek 27 – Histogram četnosti autobusů Karosa B 961 pro dané doby provozu



## 7.2. Nákup nových autobusů

Jediným kritériem pro nákup nových autobusů je počet míst pro cestující, který by měl být u každého nového autobusu minimálně stejný, jako ve vyřazeném autobuse, který je tímto novým nahrazen. Další podmínkou je také dodržet stejný počet autobusů, jaký by měl být prodán, včetně poměru „krátkých“ a „dlouhých“ (standardní a kloubové).

Příklad možné náhrady autobusů typu Karosa B 732, Karosa B 932 a Karosa B952 je autobus Irisbus Citelis 12M. [10]

### 7.2.1. Irisbus Citelis 12M



Citelis se snaží o nový přístup ve vývoji vozidel určených pro městskou dopravu. Tento model je výsledkem snahy o dokonalý design, vytvoření přátelského prostředí, spolehlivosti a bezpečnosti.

Citelis je autobus, který se vyznačuje citlivým přístupem k životnímu prostředí, což se v praxi vyznačuje nízkou hlučností a zvýšenou ochranou atmosféry před nežádoucími emisemi.

Zajímavé je nové pojetí prosklených ploch, které byly zpracovány tak, aby umožňovaly lepší viditelnost a působily odlehčeným dojmem. Vnitřní architektura vozu byla koncipována tak, aby cestujícím umožnila naprostou volnost pohybu.

Tento model nabízí možnost vybavit vozidlo tak, aby bylo plně přístupné i pro osoby se sníženou pohyblivostí. Byla odstraněna stoupání a klesání podlahy, vůz je vybaven nájezdovou rampou pro invalidní cestující a funkcí naklánění ke straně při zastavení.

#### **Technické údaje:**

délka 11 990 mm

šířka 2 500 mm

nejvyšší výška 2 979 mm

celková max. hmotnost na přední nápravu 6 500 kg

celková max. hmotnost na zadní nápravu 11 500 kg

nástupní výška u předních dveří 320 mm

nástupní výška u středních a zadních dveří 330 mm

počet míst k sezení 28 až 32

počet míst k stání 65 (dle výbavy).

#### **Pohonná jednotka:**

motor Iveco Cursor 8 (EURO 4)

max. výkon 180 kW při 1 850 ot/min

kroutící moment 1 100 Nm při 1 080 ot/min

automatická převodovka Voith nebo ZF

ovládání převodovky 3tlačítkovým, 5tlačítkovým nebo 6tlačítkovým voličem. [10]

Autobusy řady Karosa B 741 a Karosa B 941 lze nahradit například autobusem Irisbus Citelis 18M.

## 7.2.2. Irisbus Citelis 18M



K přepravě většího počtu osob ve městech a přidružených aglomeracích je určen Citelis 18M. V tomto modelu autobusu může cestovat v závislosti na výbavě až 44 sedících a 115 stojících cestujících. Cestující mohou do vozu vstupovat čtyřmi dvoukřídlými dveřmi, které se otevírají dovnitř vozu a jsou elektropneumaticky ovládané z místa řidiče.

### **Technické údaje:**

délka 17 800 mm

šířka 2 500 mm

nejvyšší výška 3 185 mm

celková max. hmotnost na přední nápravu 6 500 kg

celková max. hmotnost na střední nápravu 10 000 kg

celková max. hmotnost na zadní nápravu 11 500 kg

nástupní výška u předních dveří 320 mm

nástupní výška u středních a zadních dveří 330 mm

počet míst k sezení 40 až 44

počet míst k stání cca 115 míst (dle výbavy).

### **Pohonná jednotka:**

motor Iveco Cursor 8 (EURO 4)

max. výkon 213 kW při 2 050 ot/min

krouticí moment 1 100 Nm při 1 080 ot/min

převodovka automatická Voith nebo ZF

ovládání převodovky 3tlačítkovým, 5tlačítkovým nebo 6tlačítkovým voličem. [10]

## 8. Závěr

V této práci je obsažen návrh pro obnovu autobusů typu Karosa ve vozovém parku DPO – Poruba. Součástí tohoto návrhu je představení firmy Dopravní podnik Ostrava a.s. a analýza současného stavu jeho vozového parku. Dále je zde uvedena teorie k metodě pro výpočet optimální doby pro prodej autobusu. Já jsem použil metodu exponenciálních trendů, která posuzuje vozidla z technicko – ekonomického hlediska. Bohužel vinou problémů popsanych v této práci jsem musel tuto metodu upravit, abych ji mohl aplikovat na data, která jsem měl k dispozici. Dále je zde uvedena teorie pro rozšíření vypočtených dob jednotlivých autobusů do intervalu pro celou skupinu autobusů stejného typu. Tento interval udává, kdy nejpozději je vhodné prodat autobus z dané typové skupiny. Tento interval jsem vypočítal na základě statistiky se Studentovým t rozdělením náhodné veličiny. Vypočítané výsledky jsem analyzoval a určil jsem, kolik autobusů, které už měly být prodány je stále v provozu, kolik autobusů bude nutno již brzy prodat (do konce roku 2010) a u zbylých autobusů jsem určil, kdy nejpozději by měly být prodány v budoucnu.

Tato metoda je založena na předpokladu, že autobus bude prodán dříve, než náklady, které budou do autobusu vloženy, přesáhnou hodnotu autobusu danou jeho počáteční cenou, která se lety v provozu snižuje. Právě u autobusů je problém v tom, že neexistuje volný trh, kde by se dal autobus prodat tehdy, kdy je to pro DPO výhodné. Současná praxe spočívá v tom, že autobusy slouží až do ukončení svého technického života, nebo jsou prodávány staré a často nepojízdné do zahraničí (Maďarsko, Ukrajina), kde po opravách tyto autobusy dále slouží cestujícím. Já ale věřím, že v budoucnu bude možnost prodávat autobusy i dříve a ne jen vyřazené, což by přispělo k vyšší kvalitě cestování v České Republice a tím i k vyšší spokojenosti cestujících a vyššímu zájmu o veřejnou dopravu.

## Použitá literatura

- [1] DANĚK A., FAMFULÍK J., ŠIROKÝ J.: Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků. Vydal: Repronis Ostrava, 1999. ISBN 80-86122-41-7
- [2] BRIŠ R., LITSCHMANNOVÁ M.: Statistika I. Skripta. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2004.
- [3] ČERVENÁ R., FILIPOVÁ J.: Odpisový plán účetních odpisů. Norma. Dopravní podnik Ostrava a.s., 2008.
- [4] Soupis hmotného investičního majetku. Dopravní podnik Ostrava a.s., 2009.
- [5] ČERVENKA M.: Změna trendu ve financování veřejné dopravy, 2007.
- [6] Strategie podpory dopravní obsluhy území. Ministerstvo dopravy České Republiky, 2006
- [7] Přepočet na stálou cenu. České dráhy a.s., 2000.

### Internetové zdroje:

- [8] <http://www.czso.cz/> - Český statistický úřad, 2009.
- [9] <http://www.dpo.cz/> - Dopravní podnik Ostrava a.s., 2009
- [10] <http://www.karosa.cz/> - Irisbus – Iveco

## ÚDAJE PRO KNIHOVNICKOU DATABÁZI

Název práce	Návrh obnovy parku silničních vozidel vybrané firmy
Autor práce	Zdeněk Petržela
Obor	Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury
Rok obhajoby	2009
Vedoucí práce	Ing. Jan Famfulík, Ph.D.
Anotace	Práce je zaměřena na obnovu vozového parku. Obsahuje představení firmy – Dopravní podnik Ostrava a.s., popis metody exponenciálních trendů, stanovení optimálního času vyřazení autobusu z provozu a statistiku Studentova $t$ – rozdělení náhodné veličiny pro intervalový. Dále obsahuje výpočty a analýzu výsledků. Cílem práce je navrhnout obnovu autobusového parku pro Dopravní podnik Ostrava a.s.
Klíčová slova	Obnova vozového parku, životnost dopravních prostředků, metoda exponenciálních trendů, optimální doba vyřazení vozidla z provozu, Studentovo $t$ rozdělení náhodné veličiny, intervalový odhad, přepočtení ceny na stálou cenu, Dopravní podnik Ostrava.