

Vysoká škola logistiky o.p.s.

## Obnova vozidlového parku

(Diplomová práce)



Vysoká škola  
logistiky  
o.p.s.

# Zadání diplomové práce

studentka **Bc. Jana Jonášová**  
studijní program Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Obnova vozidlového parku**

Cíl práce:

S využitím teorie obnovy stanovit optimální okamžik pro obnovu vozidlového parku nákladních vozidel v dané firmě. Zhodnotit získané výsledky a porovnat je se stávajícím okamžikem obnovy.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

- Úvod
- 1. Teorie spolehlivosti a údržby
- 2. Teorie obnovy
- 3. Vozidlový park
- 4. Sběr a zpracování dat
- 5. Zhodnocení získaných výsledků
- Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

ČAPKA, Alexander. Dopravní systémy. Přerov: Vysoká škola logistiky, 2022. ISBN 978-80-87179-60-4.

DANĚK, Alois. Cvičení z teorie obnovy dopravních prostředků. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0249-X.

HRABLIK CHOVANOVÁ, Henrieta a kol. Operační analýza: část II. Trnava: STU Bratislava, 2012. ISBN 978-80-8096-165-7.

JABLONSKÝ, Josef. Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Alexander Čapka, Ph.D.


Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2022

Datum odevzdání diplomové práce:

6. 5. 2023

Přerov 31. 10. 2022

  
Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.  
rektor

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní, a že jsem ji vypracovala samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, a že jsem v práci neporušila autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb.; o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byla také seznámena s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byla poučena o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce a verze nahraná do informačního systému školy jsou totožné.

V Přerově, dne 6. 5. 2023

.....  
*Jonašová*

## **Poděkování**

Tímto bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce Ing. Alexanderovi Čapkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a cenné připomínky, které mi poskytl při zpracování mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za neustálou podporu.

## **Anotace**

Diplomová práce je zaměřena na obnovu vozidlového parku silničních nákladních vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o. Významnou součástí diplomové práce je analýza stávajícího okamžiku obnovy vozidlového parku a následné stanovení optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku vybrané společnosti, a to prostřednictvím vybraného výpočetního modelu obnovy – modelu exponenciálních trendů.

## **Klíčová slova**

spolehlivost, údržba, teorie obnovy

## **Annotation**

The diploma thesis is focused on the renewal of the fleet of road trucks of the company JONAS SPEED, s. r. o. An important part of the diploma thesis is the analysis of the current moment of renewal of the vehicle fleet and the subsequent determination of the optimal moment of renewal of the vehicle fleet of the selected company, by means of the selected calculation model of renewal – the model of exponential trends.

## **Keywords**

dependability, maintenance, recovery theory

# Obsah

Úvod.....	9
1 Teorie spolehlivosti a údržby .....	11
1.1 Spolehlivost.....	11
1.1.1 Objekt.....	12
1.1.2 Vztah jakosti a spolehlivosti .....	12
1.1.3 Sledované veličiny .....	14
1.1.4 Ukazatele spolehlivosti .....	16
1.1.5 Mezní stav .....	18
1.2 Údržba .....	20
1.2.1 Údržbová soustava a rozdělení údržbových systémů .....	22
1.2.2 Doba údržby .....	27
1.2.3 Porucha .....	28
2 Teorie obnovy.....	34
2.1 Teorie obnovy .....	34
2.2 Obnova objektu .....	36
2.3 Stavy objektu.....	38
2.4 Zkušební plán .....	41
2.5 Technická diagnostika a diagnostický signál .....	42
2.6 Životnost a životní cyklus .....	45
2.7 Výpočetní modely obnovy .....	47
2.8 Model exponenciálních trendů.....	49
3 Vozidlový park .....	55
3.1 Představení společnosti .....	55
3.2 Vozidlový park společnosti.....	57
4 Sběr a zpracování dat.....	63
4.1 Stávající okamžik obnovy .....	63

4.2 Stanovení optimálního okamžiku obnovy.....	64
5 Zhodnocení získaných výsledků.....	69
Závěr .....	71
Seznam zdrojů.....	72
Seznam grafických objektů.....	74
Seznam zkratk .....	76



# Úvod

Tato diplomová práce je zaměřena na obnovu vozidlového parku silničních nákladních vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o. Silniční doprava je jedním z konvenčních dopravních systémů. Mezi hlavní vlastnosti silničního dopravního systému patří kvalita (jakost), spolehlivost a stabilita. [1]

Spolehlivost a obnova vozidlového parku silničních nákladních vozidel mají na sebe vzájemnou vazbu, a proto je teorii spolehlivosti bezprostředně věnovaná celá první podkapitola první kapitoly.

Pro potřeby této diplomové práce se bude za pojem vozidlový park silničních nákladních vozidel považovat pojem objekt.

Cílem diplomové práce je s využitím teorie obnovy stanovit optimální okamžik pro obnovu vozidlového parku nákladních vozidel v dané firmě. Zhodnotit získané výsledky a porovnat je se stávajícím okamžikem obnovy.

Diplomová práce je členěná do pěti kapitol. První kapitola diplomové práce je rozdělená do dvou podkapitol. První podkapitola je věnována teorii spolehlivosti objektu, včetně teorie objektu, vztahu jakosti a spolehlivosti, sledovaných veličin, ukazatelů spolehlivosti a mezního stavu objektu. Druhá podkapitola je věnována teorii údržby objektu, včetně údržbové soustavy a rozdělení údržbových systémů, doby údržby a poruchy objektu.

Druhá kapitola diplomové práce je věnována teorii obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel jako objektu. Tato druhá kapitola se následně rozděluje na další podkapitoly, mezi které patří: teorie obnovy, obnova objektu, stavy objektu, zkušební plán, technická diagnostika a diagnostický signál, životnost a životní cyklus, výpočetní modely obnovy a model exponenciálních trendů.

Třetí kapitola diplomové práce je nejprve věnována představení vybrané společnosti JONAS SPEED, s. r. o. a následně je věnována analýze současného vozidlového parku silničních nákladních vozidel této vybrané společnosti.

Čtvrtá a pátá kapitola diplomové práce jsou věnovány předem stanovenému cíli diplomové práce. Čtvrtá kapitola je nejprve věnována analýze stávajícího okamžiku obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o. a následně je věnována stanovení optimálního okamžiku obnovy

vozidlového parku silničních nákladních vozidel v dané firmě, a to prostřednictvím využití teorie obnovy jako prostředku pro výpočet modelu obnovy.

Následuje poslední pátá kapitola diplomové práce, která je věnována zhodnocení získaných výsledků stanovení optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel vybraného výpočetního modelu obnovy objektu – modelu exponenciálních trendů a následnému porovnání se stávajícím okamžikem obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o.

# 1 Teorie spolehlivosti a údržby

Tato první kapitola diplomové práce je věnována teorii spolehlivosti a údržbě objektu.

Spolehlivost a údržba spolu úzce souvisí a zároveň na sebe plynule navazují. Avšak pro zpřehlednění diplomové práce jsou rozděleny do jednotlivých podkapitol v této první kapitole.

## 1.1 Spolehlivost

Tato první podkapitola diplomové práce je věnována charakteristice pojmu spolehlivost objektu. Tato první podkapitola se následně rozděluje na další podpodkapitoly mezi které patří: objekt, vztah jakosti a spolehlivosti, sledované veličiny, ukazatele spolehlivosti a mezní stav.

Pro pojem spolehlivost má mnoho různých autorů své vlastní rozdílné výklady. Například někteří autoři definují **pojem spolehlivost** jako:

- „pravděpodobnost, s jakou bude objekt schopen plnit bez poruchy požadované funkce po stanovenou dobu a v daných provozních podmínkách,
- obecnou schopnost výrobku plnit požadované funkce po stanovenou dobu a v daných podmínkách, která se vyjadřuje dílčími vlastnostmi jako jsou bezporuchovost, životnost, opravitelnost, pohotovost apod.,
- souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti a činitelů které ji ovlivňují: bezporuchovost, udržitelnost a zajištěnost údržby,
- věda o správné nebo nesprávné funkci objektu“. [2, s. 5-6]

V technické praxi se používá pojem spolehlivost spolu s těmito významově různými **přívlastky spolehlivosti**:

- **inherentní,**
- **provozní,**
- **odhadovaná (predikovaná).** [2]

**Inherentní spolehlivost** je spolehlivost, kterou výrobce vložil do objektu již při návrhu konstrukce a výrobě tohoto objektu. Do inherentní spolehlivosti tudíž nepatří negativní vlivy související již se zahájením provozního využívání objektu. Mezi tyto negativní

vlivy patří například: provozních podmínek, podmínek prostředí, způsobů údržby, lidského faktoru apod. [2], [3]

**Provozní spolehlivost** je rozšířená počáteční inherentní spolehlivost objektu. Do provozní spolehlivosti se již promítají negativní vlivy plynoucí ze způsobu provozního využívání objektu včetně údržby uživatelem tohoto objektu. [3]

**Odhadovaná (predikovaná) spolehlivost** je spolehlivost získaná výsledkem analýz, prognóz a matematických výpočtů, především pravděpodobnostmi a statistikami spolehlivosti objektu. [2]

### 1.1.1 Objekt

**Pojem objekt** je definován jako: „*Jakákoliv část, součást, zařízení, část systému, funkční jednotka, přístroj nebo systém, s kterým je možné se individuálně zabývat*“. [2, s. 14]

Pro potřeby této diplomové práce se za pojem objekt považuje vozidlový park silničních nákladních vozidel.

Pojem objekt se dále rozděluje na:

- **obnovovaný** objekt,
- **neobnovovaný** objekt. [4]

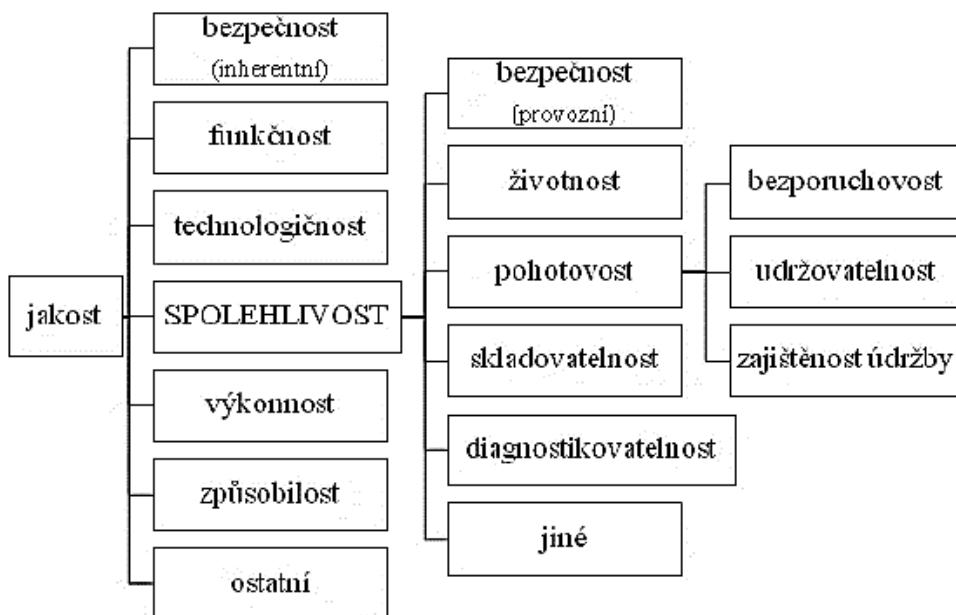
**Obnovovaný objekt** je opravitelný objekt, na kterém se po poruše uskutečňuje oprava, a to do dosažení mezního stavu (viz podkapitola 1.1.5). Příkladem obnovovaného objektu je například strojní zařízení.

**Neobnovovaný objekt** je opravitelný nebo neopravitelný objekt, na kterém se po poruše další oprava již neuskutečňuje. Příkladem neobnovovaného objektu jsou například: žárovky, ozubená kola, ložiska apod. [2], [4], [5]

### 1.1.2 Vztah jakosti a spolehlivosti

**Pojem jakost** u objektu představuje základní hodnotící kritérium, a to z hlediska užité hodnoty tohoto objektu. Užité hodnoty je pokaždé závislá na celkovém souhrnu jakostních vlastností (viz Obr. 1.1). [3], [4]

Spolehlivost je jednou ze základních jakostních vlastností a zaujímá tak z pohledu teorie obnovy silničních nákladních vozidel velmi významné místo. Spolehlivost je též společně se stabilitou kvalitativní ukazatel jakosti. [1], [4]



Obr. 1.1 Základní rozdělení jakostních a spolehlivostních vlastností objektu

Zdroj: [1].

V odstavcích níže jsou vypsány jednotlivé definice **spolehlivostních vlastností objektu** (viz Obr. 1.1).

**Bezpečnost (provozní)** je spolehlivostní vlastností objektu (v našem případě silničních nákladních vozidel), projevující se schopností tohoto objektu plnit požadované funkce při zachování požadované úrovně ochrany obsluhovatele objektu před negativním vlivem na zdraví (například před následkem dopravní nehody jako je újma na zdraví obsluhovatele (lehká a těžká zranění nebo usmrcení) apod).

**Životnost** je spolehlivostní vlastností objektu, projevující se schopností tohoto objektu plnit požadované funkce do mezního stavu (viz podpodkapitola 1.1.5), a to při předem určeném systému nařízené údržby a oprav. Životnost číselně vyjadřuje například užitečný technický život objektu, společně s předem určenou pravděpodobností.

**Pohotovost** je komplexní spolehlivostní vlastností objektu, projevující se schopností tohoto objektu být v pohotovostním stavu, tzn. stavu, ve kterém lze plnit požadovanou funkci objektu. Pohotovost se dále rozděluje na bezporuchovost a opravitelnost objektu (udržovatelnost a zajištěnost údržby) při jeho provozu.

**Skladovatelnost** je spolehlivostní vlastností objektu, projevující se schopností tohoto objektu udržovat jeho stálý stav bez žádných vad.

**Diagnostikovatelnost** je spolehlivostní vlastností objektu, projevující se způsobilostí k užití diagnostických metod a prostředků pro zjišťování technického stavu objektů a jejich potřeby například: po údržbě, opravě nebo výměně.

**Bezporuchovost** je spolehlivostní pohotovostní vlastností objektu, projevující se schopností tohoto objektu plnit požadované funkce v předem určených podmínkách a v předem určeném intervalu.

**Udržovatelnost** je spolehlivostní pohotovostní vlastností objektu, projevující se schopností tohoto objektu plnit požadované funkce za předpokladu předem určené údržby objektu (například: čištění, mazání, seřizování apod.) jako preventivní činnosti. Díky této pravidelné údržbě se předchází poruchám objektu. Údržbou se též diagnostikují příčiny vzniku případných poruch objektu a následně se jí odstraňují i její následky. Jde tudíž o vlastnost objektu, která určuje, jak moc (například: časově nebo nákladově) náročné vykonávání technické údržby tohoto objektu bude.

**Zajištěnost údržby** je spolehlivostní pohotovostní vlastností objektu, projevující se schopností organizace zajistit objektu potřebnou údržbu podle požadavků v předem určených podmínkách. [1], [3]

Sledované vlastnosti spolehlivosti obnovovaných objektů a neobnovovaných objektů jsou znázorněny viz Tab. 1.1 a Tab. 1.2 podpodkapitoly 1.1.4.

### 1.1.3 Sledované veličiny

**Pojem sledované veličiny** je vymezen jako: „většinou nezáporné spojité náhodné veličiny“. [3, s. 25]

V odstavcích níže jsou vypsány jednotlivé definice sledovaných veličin spolehlivosti obnovovaných objektů a neobnovovaných objektů (viz Tab. 1.1 a Tab. 1.2 podpodkapitoly 1.1.4).

**Doba provozu do poruchy** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující celkovou dobu provozu objektu, začínající buďto od momentu jeho prvního plnění požadované funkce objektu neboli od jeho prvního provedení určité práce až do poruchy. Nebo celkovou dobu provozu objektu, začínající od momentu obnovy objektu do jeho

následující poruchy. Doba provozu do poruchy tudíž vyjadřuje dobu užitečného technického života neobnovovaného objektu.

**Doba provozu mezi poruchami** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující celkovou dobu provozu obnovovaného objektu, začínající od momentu jeho prvního provedení určité práce mezi jeho dvěma následujícími poruchami.

**Doba užitečného (technického) života** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující časový interval objektu, který začíná od momentu jeho prvního provedení určité práce a končí po dosažení mezního stavu objektu (viz podpodkapitola 1.1.5), čímž je objekt následně vyřazen z provozu. Zkráceně tudíž doba užitečného (technického) života vyjadřuje dobu životnosti tohoto objektu.

**Doba údržby** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující časový interval objektu, v jehož průběhu se vykonává buďto ruční nebo automatický údržbářský zásah (viz Tab. 1.3 podpodkapitoly 1.2). Do tohoto časového intervalu doby údržby objektu se zahrnuje i technické a logistické zpoždění. Avšak pokud v tomto časovém intervalu k žádnému logistickému zpoždění nedojde, jedná se o **dobu aktivní údržby**.

**Doba preventivní údržby** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující část doby údržby, v jejímž průběhu se na objektu vykonává preventivní údržba. Do této části doby preventivní údržby objektu se zahrnuje i technické a logistické zpoždění. Avšak pokud v této části k žádnému logistickému zpoždění nedojde, jedná se o **dobu aktivní preventivní údržby**.

**Doba opravy** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující část doby aktivní údržby po poruše, v jejímž průběhu se na objektu vykonávají opravárenské práce. Doba opravy se dále dělí na dobu lokalizace porouchané části, dobu aktivní opravy a na dobu kontroly.

**Pracnost údržby** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující celkovou dobu údržby, skládající se z trvání jednotlivých dob (normohodin) údržby objektu. Pracnost údržby se dále dělí na pracnost preventivní údržby a na pracnost údržby po poruše neboli pracnost opravy.

**Doba údržby po poruše** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující část doby údržby, v jejímž průběhu se na objektu vykonává údržba po poruše. Do této části doby údržby po poruše objektu se zahrnuje i technické a logistické zpoždění.

Avšak pokud v této části k žádnému logistickému zpoždění nedojde, jedná se o **dobu aktivní údržby po poruše**.

**Logistické zpoždění** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující celkovou dobu objektu, v jejímž průběhu se na objektu nemohou vykonávat údržbářské práce. A to ať už kvůli nedostatku údržbářských prostředků nebo kvůli administrativnímu zpoždění. K logistickému zpoždění tak může nastat například: z důvodu čekání na náhradní díly, údržbáře, zkušební zařízení, informace, vhodné podmínky prostředí apod.

**Doba použitelného stavu** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující časový interval objektu, v jehož průběhu je objekt ve stavu způsobilém k provedení určité práce.

**Doba nepoužitelného stavu** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující časový interval objektu, v jehož průběhu objekt není ve stavu způsobilém k provedení určité práce. [2]

#### 1.1.4 Ukazatele spolehlivosti

**Pojem ukazatelé spolehlivosti** je obecně vymezen jako: „*nástroje umožňující popis stochastických (náhodných) jevů a procesů, které charakterizují spolehlivost objektu*“. [1, s. 19]

Ukazatelem spolehlivosti je tudíž funkce nebo číselná hodnota, která se používá pro charakteristiku konkrétní sledované náhodné proměnné veličiny (viz podkapitola 1.1.3), konkrétní sledované vlastnosti spolehlivosti objektu (viz podkapitola 1.1.2). [1]

V odstavcích níže jsou vypsány jednotlivé definice ukazatelů spolehlivosti obnovovaných objektů (viz Tab. 1.1) a neobnovovaných objektů (viz Tab. 1.2).

Přehled vybraných ukazatelů spolehlivosti obnovovaných objektů je znázorněn viz Tab. 1.1.



Tab. 1.1 Vybrané ukazatele spolehlivosti obnovovaných objektů

Sledované vlastnosti	Sledované veličiny	Ukazatelé spolehlivosti
Bezporuchovost	Doba provozu mezi poruchami	Pravděpodobnost bezporuchového provozu
		Intenzita poruch
		Střední intenzita poruch
		Parametr proudu poruch (okamžitý)
		Střední parametr proudu poruch
		Střední doba provozu mezi poruchami
Životnost	Doba užitečného (technického) života	Střední užitečný (technický) život
		p-kvantil užitečného (technického) života
Udržovatelnost a zajištění údržby	Doba údržby	Pravděpodobnost provedení údržby
	Doba preventivní údržby	Střední doba preventivní údržby
	Doba opravy	Intenzita opravy (okamžitá)
		Střední intenzita opravy
		Střední doba opravy
		p-kvantil doby opravy
	Pracnost údržby	Střední pracnost údržby
	Pracnost preventivní údržby	Střední pracnost preventivní údržby
	Pracnost opravy	Střední pracnost opravy
	Doba údržby po poruše	Střední doba do obnovy
Logistické zpoždění	Střední logistické zpoždění	
	p-kvantil logistického zpoždění	
Pohotovost	Doba použitelného stavu, Doba nepoužitelného stavu	Střední doba použitelného stavu
		Střední doba nepoužitelného stavu
		Okamžitá pohotovost
		Součinitel asymptotické pohotovosti
		Součinitel střední pohotovosti
		Okamžitá nepohotovost
		Součinitel střední nepohotovosti
		Součinitel asymptotické nepohotovosti

Zdroj: vlastní zpracování podle [2].

V následující Tab. 1.2 je znázorněn přehled vybraných ukazatelů spolehlivosti neobnovovaných objektů.

Tab. 1.2 Vybrané ukazatele spolehlivosti neobnovovaných objektů

Sledované vlastnosti	Sledované veličiny	Ukazatele spolehlivosti
Bezporuchovost	Doba provozu do poruchy	Pravděpodobnost bezporuchového provozu
		Intenzita poruch
		Střední doba provozu do poruchy
		p-kvantil doby do poruchy
Životnost	Doba užitečného (technického) života	Střední užitečný (technický) život
		p-kvantil užitečného (technického) života
Udržovatelnost a zajištěnost údržby	Doba preventivní údržby	Střední doba preventivní údržby
		Pravděpodobnost provedení údržby
	Pracnost preventivní údržby	Střední pracnost preventivní údržby
		Střední logistické zpoždění
Logistické zpoždění	p-kvantil logistického zpoždění	

Zdroj: vlastní zpracování podle [2].

Definice jednotlivých sledovaných spolehlivostních vlastností neobnovovaných objektů a obnovovaných objektů jsou vymezeny viz podpodkapitola 1.1.2 a jednotlivé definice sledovaných veličin spolehlivosti neobnovovaných objektů a obnovovaných objektů jsou vymezeny viz podpodkapitola 1.1.3.

### 1.1.5 Mezní stav

Pojem mezní stav, nemá stejně jako pojem spolehlivost, jednotnou definici, čímž dochází k různým autorským výkladům tohoto pojmu. Například **pojem mezní stav** je definován jako:

- „stav při kterém musí být ukončeno používání objektu z technických, technologických, ekonomických, bezpečnostních či jiných závažných důvodů“, [2, s. 16]
- „mechanický stav zatížených konstrukcí strojů nebo součástí, při kterém je ještě zaručena jejich normální funkce, avšak kdy i malé zvýšení vede k poruše této funkce. Při tom může docházet k nadměrné deformaci, vzniku trhlin, lomů nebo vybočení části, popřípadě ke zborcení konstrukce. M.S. platí pro statické nebo krátkodobé zatížení, periodické, kde M.S. je mez únavy materiálu“. [3, s. 35]

Z výše uvedených definic pojmu tudíž vyplývá, že po dosažení mezního stavu objekt ztrácí jeho schopnost plnit požadované funkce, a to ať už z důvodů technologických, ekonomických nebo z jiných závažných důvodů. [2], [4], [6]

V okamžik, kdy objekt dosáhne mezního stavu, dochází k bezprostřednímu ukončení jeho životnosti. Přičemž neobnovovaný objekt dosáhne mezního stavu v momentě, kdy dojde k jeho první a současně poslední poruše. [2] [4]

Kritéria, která určují dosažení mezního stavu objektu musí být obsažena v předem určených technických podmínkách. [2]

Rozsáhlý systém **klasifikace mezního stavu** můžeme rozdělit z **hlediska**:

- **charakteru hodnoty sledovaného parametru,**
- **metody stanovení,**
- **účinků,**
- **poškozovacího mechanismu, poškození,**
- **charakteru poškození.**

Mezní stav z **hlediska charakteru hodnoty sledovaného parametru** se následně rozděluje na:

- deterministický (viz Obr. 1.2),
- statistický (viz Obr. 1.3) (například Weibullový model),
- podle zadané hodnoty spolehlivosti (v procentech) pro další období (určení z měřených hodnot).

Mezní stav z **hlediska metody stanovení** se následně rozděluje na:

- výpočtem při konstruování,
- pokusným měřením při zatěžování do zničení,
- provozními měřeními po celou dobu životnosti,
- jinak (například: smluvně, normou).

Mezní stav z **hlediska účinků** se následně rozděluje na:

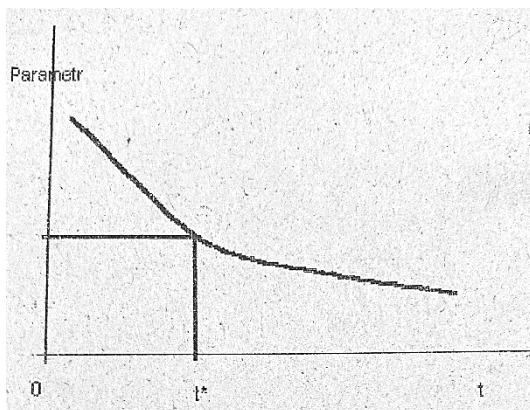
- nefunkční stav,
- stav snížené funkčnosti,
- stav nevhodný z hlediska bezpečnosti,
- stav znečišťující životní prostředí nad hranicí platné normy.

Mezní stav z hlediska poškozovacího mechanismu, poškození se následně rozděluje na:

- mechanické,
- tribotechnické,
- tepelné,
- elektrické, elektromechanické, korozní, kavitační apod.

Mezní stav z hlediska charakteru poškození se následně rozděluje na:

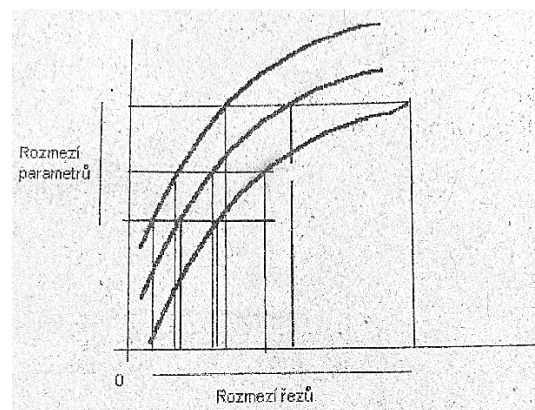
- poškození povrchové (například: trhliny, tepelné deformace, tvarové změny apod.),
- poškození vnitřní (například: trhliny a deformace, změny mechanických a jiných vlastností apod.). [3]



Obr. 1.2 Deterministický mezní stav

Zdroj: [3].

Kde:  $t$  ..... čas.



Obr. 1.3 Statistický mezní stav

Zdroj: [3].

## 1.2 Údržba

Se spolehlivostí objektu souvisí a zároveň na ní plynule navazuje pojem údržba objektu. Důkazem souvislosti mezi pojmy spolehlivost a údržba objektu je například mnohonásobné zmínění pojmu údržba v souvislosti s udržitelností a zajištěností údržby jako jednou ze spolehlivostních vlastností objektu (viz podkapitola 1.1.2).

Dalším příkladem je třeba zmínění údržby v souvislosti s dobou údržby jako jedné ze sledovaných veličin spolehlivosti objektu (viz podkapitola 1.1.3). Z tohoto důvodu je tato druhá podkapitola diplomové práce věnována charakteristice pojmu údržba objektu.

Tato druhá podkapitola diplomové práce se následně rozděluje na další podpodkapitoly mezi které patří: údržbová soustava a rozdělení údržbových systémů, doba údržby a porucha.

**Pojem údržba** je vymezen jako: „*kombinace všech technických a administrativních činností, včetně činností dozoru, zaměřených na udržení objektu ve stavu nebo navrácení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci*“. [2, s. 18]

Pojem údržba se přibližně po 60letém vývoji (viz Obr. 1.4) dále rozděluje na těchto pět následujících **druhů údržby**:

- **represivní (reaktivní, neplánovanou, dodatečnou) údržba** neboli **údržba po poruše**,
- **preventivní údržba**,
- **prediktivní údržba**,
- **údržba zaměřenou na spolehlivost**,
- **totálně produktivní údržbu**. [7]

**Represivní údržba** neboli **údržba po poruše** se vykonává až po vzniku poruchového stavu objektu, jenž je následkem selhání jeho prvku. Represivní údržba je tudíž určena pro znovuvvedení objektu do provozuschopného stavu.

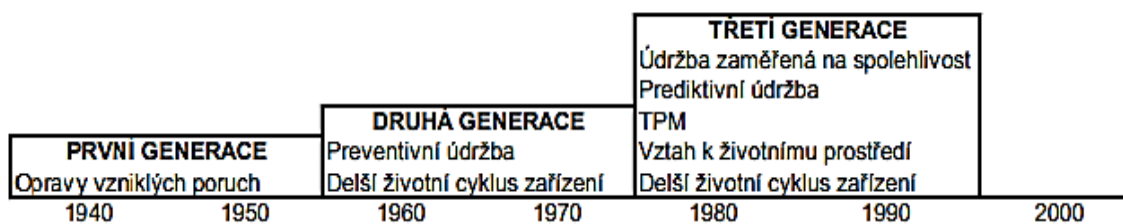
**Preventivní (profylaktická) údržba** se vykonává v předem určených pravidelných časových intervalech pro uchování objektu v jeho co nejdéle možném provozuschopném stavu. Cílem preventivní údržby je tudíž úsilí o účelné zamezení, časového oddálení okamžiku nebo dokonce i o celkové zabránění vzniku poruchového stavu objektu. Preventivní údržba zahrnuje úkony a operace preventivního charakteru jako například: výměnu, přezkoušení, rekonfiguraci objektu a kontrolu stavu objektu (například: čištění, mazání, seřizování apod.). [3], [7]

**Prediktivní údržba** se vykonává na základě odhadu výskytu budoucího poruchového stavu objektu. Jednotlivé úkony a operace prediktivní údržby slouží k předcházení poruchového stavu objektu. Prediktivní údržba používá pro sledování a vyhodnocování stavu objektu matematické statistické metody.

**Údržba zaměřená na spolehlivost** se zabývá vymezením jednotlivých postupů s jejichž pomocí se zabezpečí pokračování budoucí provozuschopnosti objektu podle současných

parametrů tohoto objektu. Tato údržba nejen předchází poruchovému stavu objektu, ale především minimalizuje následky poruchového stavu objektu.

**Totálně produktivní údržba** je koncept údržby, který původně vznikl v Japonsku. Podstatou tohoto konceptu je, že jsou všichni pracovníci provozu zapojeni do údržby objektu a zároveň každý z pracovníků bezprostředně zodpovídá za stav objektu. Tento koncept dále zdůrazňuje důležitost neustálého zlepšování procesu údržby. Hlavním cílem totálně produktivní údržby je minimalizace pravděpodobnosti neplánované údržby objektu. [7]



Obr. 1.4 Vývoj názorů na úlohu údržby

Zdroj: [7].

### 1.2.1 Údržbová soustava a rozdělení údržbových systémů

**Pojem údržbová soustava** je vymezen jako: „soubor prostředků, dokumentace pro údržbu, a pracovníků, nezbytných pro udržování a obnovu provozuschopnosti objektů, které patří do této sestavy“. [3, s. 110]

Základním prvkem souboru prostředků údržbové soustavy, jenž má významný vliv na efektivnost údržby je **údržbový systém**.

**Údržbový systém** můžeme následně rozdělit z hlediska:

- reakce na poškození objektu,
- prvků objektu,
- výpočtu ukazatelů spolehlivosti objektu, životnosti a s ohledem na věk prvků.

Údržbový systém můžeme následně rozdělit podle toho, jak reagujeme na poruchový stav objektu neboli jestli reagujeme na poškození objektu vykonáním opravy nebo údržbovým zásahem.

Údržbový systém z **hlediska reakce na poškození objektu** se rozděluje na:

- údržbový systém **po poruše**,
- údržbový systém **v pevném cyklu**,
- údržbový systém **po prohlídce** (například: po kontrole nebo revizi objektu).

**Údržbový systém po poruše** neboli nápravná údržba se vykonává v tom případě, jestliže při poruše nebo poškození prvku nastává malé riziko nebezpečí vzniku dalšího poškození prvku. Dále se tento údržbový systém vykonává v tom případě, jestliže je prvek snadno a v krátkém časovém okamžiku vyměnitelný, čímž vznikne krátký prostoj objektu.

**Údržbový systém v pevném cyklu a údržbový systém po prohlídce** se vykonávají preventivně a systematicky (plánovitě). Plánovitost údržbového systému tkví v plánování cyklu (časových intervalů) údržby objektu a jejich náplně pro objekt.

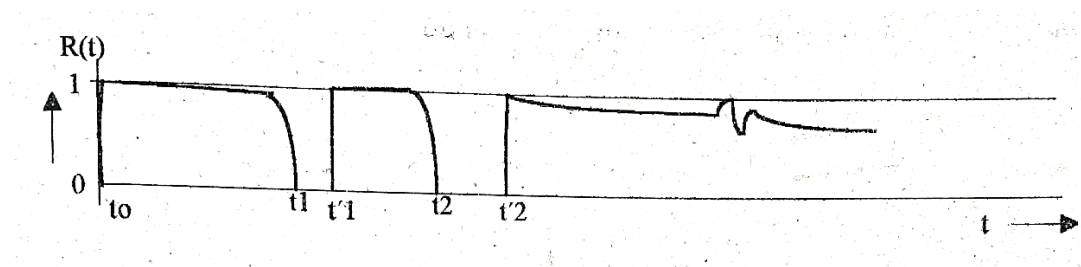
Údržbový systém z **hlediska prvků objektu** se rozděluje na:

- údržbový systém, při kterém se jakýkoliv **prvek objektu opraví nebo vymění** teprve poté **až to bude z hlediska využití prvku nejvýhodnější** (individuální prvková údržba),
- údržbový systém, při kterém se **údržba vykoná na více prvcích objektu současně** (agregovaná údržba),
- údržbový systém, při kterém se **údržba vykoná na všech prvcích objektu současně** (komplexní údržba).

Údržbový systém z **hlediska výpočtu ukazatelů spolehlivosti objektu, životnosti a s ohledem na věk prvků** se rozděluje na:

- údržbový systém **po poruše** (viz Obr. 1.5),
- údržbový systém **v pevném cyklu bez ohledu na věk prvku** (viz Obr. 1.6),
- údržbový systém **v pevném cyklu s ohledem na věk prvku** (viz Obr. 1.7),
- údržbový systém **po prohlídce se zabezpečením požadované spolehlivosti** (viz Obr. 1.8),
- údržbový systém **po prohlídce s preventivně stanovenými intervaly údržby** (viz Obr. 1.9),
- údržbový systém **s průběžnými prohlídkami** (kontrolami) (viz Obr. 1.10). [3]

### Údržbový systém po poruše:



Obr. 1.5 Údržbový systém po poruše

Zdroj: [3].

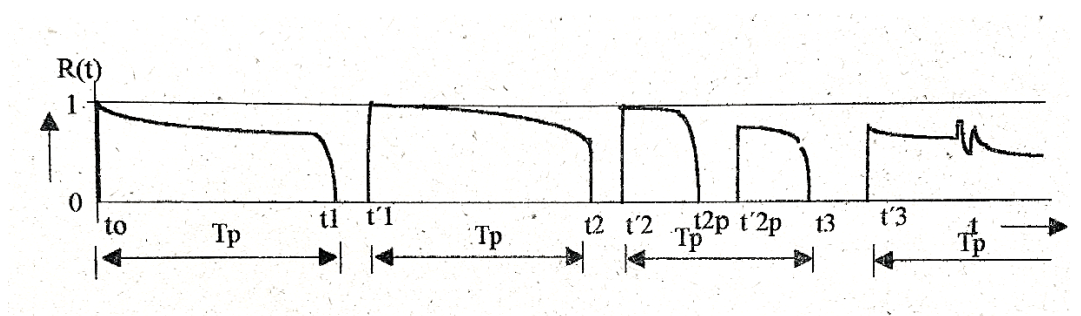
kde:  $R(t)$  ..... pravděpodobnost bezporuchového stavu (provozu),

$t_0 - t_1, t'_1 - t_2$  ..... náhodná doba provozu prvku,

$t_1 - t'_1, t_2 - t'_2$  ..... náhodná doba opravy (výměny),

$t_1, t_2, \dots, t_n$  ..... okamžiky vzniku poruch.

### Údržbový systém v pevném cyklu bez ohledu na věk prvku:



Obr. 1.6 Údržbový systém v pevném cyklu bez ohledu na věk prvku

Zdroj: [3].

kde:  $R(t)$  ..... pravděpodobnost bezporuchového stavu (provozu),

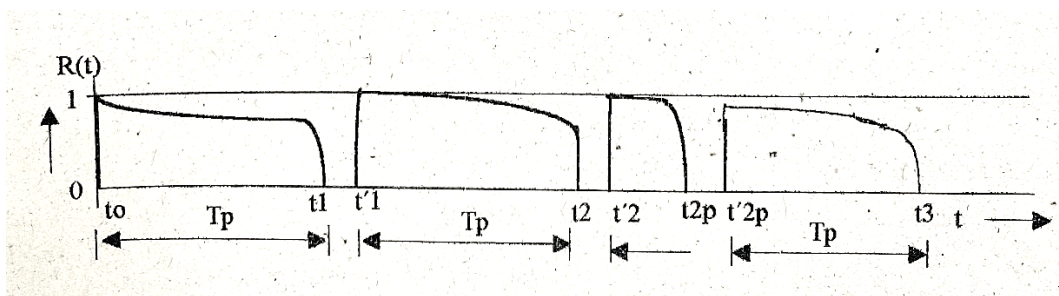
$t_1, t_2, \dots, t_n$  ..... okamžik preventivní výměny prvku,

$t_1 - t'_1, t_2 - t'_2$  ..... náhodná doba opravy (výměny),

$T_p$  ..... pevně stanovená doba provozu prvku, stejná i v případě, že uvnitř intervalu  $T_p$  vznikne u prvku náhlá porucha.



### Údržbový systém v pevném cyklu s ohledem na věk prvku:



Obr. 1.7 Údržbový systém v pevném cyklu s ohledem na věk prvku

Zdroj: [3].

kde:  $R(t)$  ..... pravděpodobnost bezporuchového stavu (provozu),

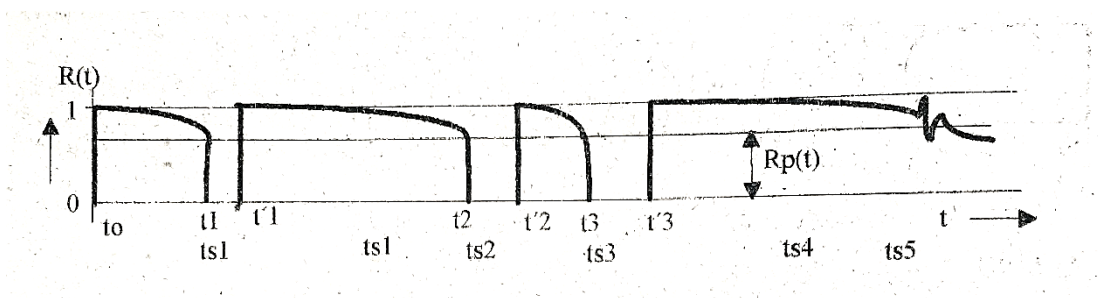
$t_1, t_2, \dots, t_n$  ..... okamžik preventivní výměny prvku,

$t_1 - t_1, t_2 - t_2$  ..... náhodná doba opravy (výměny),

$T_p$  ..... pevně stanovená doba provozu prvku, stejná i v případě, že uvnitř intervalu  $T_p$  vznikne u prvku náhlá porucha.

V případě vzniku náhlé poruchy uvnitř intervalu  $T_p(t_{zp})$  začíná nový interval  $T_p$  po opravě nebo výměně prvku.

### Údržbový systém po prohlídce se zabezpečením požadované spolehlivosti $R_p(t)$ :



Obr. 1.8 Údržbový systém po prohlídce se zabezpečením požadované spolehlivosti  $R_p(t)$

Zdroj: [3].

kde:  $R(t)$  ..... pravděpodobnost bezporuchového stavu (provozu),

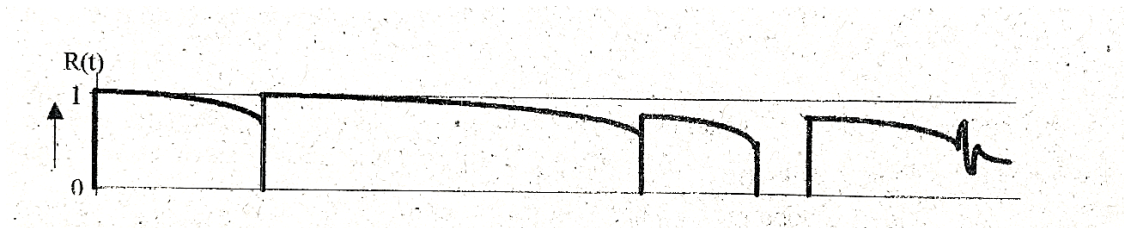
$t_s$  ..... kontrola a zjištění technického stavu prvku,

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  ..... okamžik preventivní údržby po dosažení  $R_p(t)$ ,

$t_3$  (například) ..... okamžik vzniku náhlé poruchy před  $T$ ,

$t_{s1}, t_{s2}, \dots, t_{sn} \dots$  stanovení nového termínu prohlídky prvku nebo vykonání preventivní údržby (při dostatečně velké životnosti).

### Údržbový systém po prohlídce s preventivně stanovenými intervaly údržby:



Obr. 1.9 Údržbový systém po prohlídce s preventivně stanovenými intervaly údržby

Zdroj: [3].

kde:  $R(t) \dots$  pravděpodobnost bezporuchového stavu (provozu),

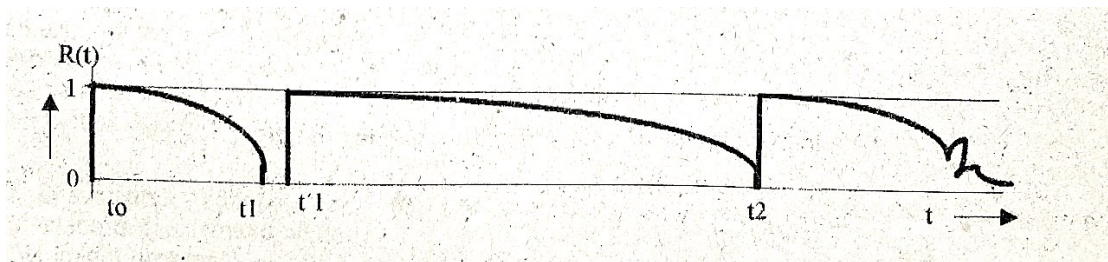
$t_{su} \dots$  okamžiky preventivních prohlídek.

Údržba se vykonává v okamžiku  $t_{sn}$  tehdy, když je životnost prvku kratší jak  $t_{sn-1} - t_{sn}$  (například  $t_{s1}$ ).

Náhlé poruchy mohou vznikat uvnitř intervalu  $t_{sn}$  (při  $t_p$ ).

Spolehlivost prvků objektu je pokaždé v jakémkoliv intervalu různá.

### Údržbový systém s průběžnými prohlídkami (kontrolami):



Obr. 1.10 Údržbový systém s průběžnými prohlídkami (kontrolami)

Zdroj: [3].

kde:  $R(t) \dots$  pravděpodobnost bezporuchového stavu (provozu),

$t_0 - t_1, t_1 - t_2, \dots, t_n - t_{n+1} \dots$  doby provozu prvku jsou blízké jeho životnosti,

$t_1 - t_1 \dots$  náhodná doba opravy, ale krátká, dopředu naplánovaná.

Uplatněním údržbového systému s průběžnými prohlídkami (kontrolami) se zvýší spolehlivost prvků objektu. Tento údržbový systém je možný uplatnit pouze při zavedení průběžné diagnostické kontroly.

Uvedené rozdělení šesti druhů údržbového systému, z hlediska výpočtu ukazatelů spolehlivosti objektu, životnosti a s ohledem na věk prvků, naznačuje na komplikovanost návrhu údržbového systému. [3]

## 1.2.2 Doba údržby

**Pojem doba údržby** je jednou ze sledovaných veličin spolehlivosti obnovovaných a neobnovovaných objektů (viz podkapitola 1.1.3), vyjadřující časový interval objektu, v jehož průběhu se vykonává buďto ruční nebo automatický údržbářský zásah. V Tab. 1.3 je znázorněno schéma dob údržby objektu.

Tab. 1.3 Schéma dob údržby

Doba údržby						
Doba preventivní údržby		Doba údržby po poruše				
Logistické zpoždění	Doba aktivní preventivní údržby	Doba aktivní údržby po poruše				Logistické zpoždění
		Technické zpoždění	Doba opravy			
			Doba lokalizace porouchané části	Doba aktivní opravy	Doba kontroly	
Doba aktivní údržby						

Zdroj: vlastní zpracování podle [2].

V odstavcích níže jsou vypsány jednotlivé definice **doby údržby** (viz Tab. 1.3).

**Technické zpoždění** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující celkovou dobu objektu, v jejímž průběhu se na objektu vykonávají nezbytné pomocné technické operace, související s údržbářským zásahem. K technickému zpoždění dochází pouze v rámci doby údržby po poruše objektu. Technické zpoždění může nastat například: z důvodu přesunu objektu na náležité opravárenské pracoviště a zpět, odstranění nečistot objektu před jeho samotnou opravou apod.

**Doba aktivní opravy** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující část doby aktivní údržby po poruše, v jejímž průběhu se na objektu vykonávají vlastní opravárenské operace.

**Doba kontroly** je sledovaná veličina spolehlivosti objektu, vyjadřující část doby aktivní údržby po poruše, v jejímž průběhu se na objektu vykonává kontrola funkce objektu.

Zbývající jednotlivé definice pojmů, mezi které patří: doba údržby, doba preventivní údržby, doba údržby po poruše, doba aktivní údržby po poruše, doba aktivní preventivní údržby, doba opravy, logistické zpoždění a doba aktivní údržby jsou definovány viz podpodkapitola 1.1.3.

### 1.2.3 Porucha

V předešlé podkapitole spolehlivost a v této podkapitole údržba objektu byl mnohokrát zmíněn pojem porucha. Ať už to bylo například v souvislosti s bezporuchovostí jako jednou ze spolehlivostní vlastností objektu (viz podpodkapitola 1.1.2), s dobou provozu do poruchy či dobou provozu mezi poruchami jako jedné ze sledovaných veličin spolehlivosti objektu (viz podpodkapitola 1.1.3).

Dalším příkladem je třeba zmínění poruchy v souvislosti s údržbou po poruše jako jedním z druhů údržby (viz podkapitola 1.2). Z tohoto důvodu je tato podpodkapitola diplomové práce věnována pojmu porucha objektu.

**Pojem porucha** je vymezen jako: „*jev spočívající v ukončení schopnosti objektu plnit požadovanou funkci*“. [2, s. 18]

Poněvadž až do této doby nebyla přijata sjednocená **klasifikace poruch objektu**, sjednocení klasifikačních hledisek poruch objektu by bylo vhodné především **z těchto třech důvodů:**

- **technických** (například: při popisu poruchy, jejích příčin, mechanismu rozvoje, rozsahu, následků apod.),
- **ekonomických** (například: při popisu rozsahu vzniklých škod, stanovení optimálního stavu pro obnovu apod.),
- **právních** (například: při úhradě vzniklých škod způsobených poruchou objektu apod.). [3]

Rozsáhlý systém **klasifikace poruch** můžeme rozdělit **z hlediska:**

- **rychlosti vzniku,**
- **stupně rozsahu,**
- **příčiny,**
- **důsledků.**

Poruchy z **hlediska rychlosti vzniku** se rozdělují na:

- **postupnou** poruchu,
- **náhlou** poruchu. [2]

**Postupná porucha** je porucha, která vznikla pozvolnou očekávanou změnou stanovených hodnot parametru objektu v čase. Predikovat vznik postupné poruchy a sledovat její průběh (vývoj) můžeme s pomocí údržbových prověrek a zkoušek objektu. Dokonce je i někdy možné postupné poruše objektu zcela předejít, a to s pomocí preventivní údržby tohoto objektu. Příkladem postupné poruchy je mechanické opotřebení součástí objektu.

**Náhlá porucha** je porucha, která vznikla náhlou neočekávanou změnou stanovených hodnot parametru objektu v čase. Predikovat vznik náhlé poruchy nemůžeme ani s pomocí výsledků předešlých údržbových prověrek a zkoušek objektu. Příkladem vzniku náhlé poruchy je únava materiálu součástí objektu. [2], [3]

Poruchy z **hlediska stupně rozsahu** se rozdělují na:

- **úplnou** poruchu,
- **částečnou** poruchu. [2]

**Úplná porucha** je porucha, projevující se úplnou nezpůsobilostí objektu k provozu, jenž vznikla odchylkou od stanovených hodnot parametru objektu uvedených v jeho technické dokumentaci.

**Částečná porucha** je porucha, projevující se částečnou nezpůsobilostí objektu k provozu, jenž vznikla v přípustných limitech stanovených hodnot parametru objektu uvedených v jeho technické dokumentaci. [2], [3]

Poruchy z **hlediska příčiny** se rozdělují na:

- **nezávislou** poruchu,
- **závislou** poruchu,
- poruchu z **nesprávného použití**,
- poruchu z **nesprávného zacházení**,
- **konstrukční** poruchu,
- **výrobní** poruchu,
- poruchu **způsobenou stárnutím**. [2]

**Nezávislá porucha** je porucha prvku objektu, která vznikla nezávisle, bez zřetele na poruchu jiného prvku objektu. Příkladem nezávislé poruchy je provozní opotřebení.

**Závislá porucha** je porucha prvku objektu, která vznikla závisle, se zřetelem na poruchu jiného prvku objektu. Příkladem závislé poruchy je porucha regulace tlaku, jenž vede k překročení maximálního povoleného tlaku, jenž vede k prasknutí tlakového potrubí. [2], [3]

**Porucha z nesprávného použití** je porucha, která vznikla v důsledku přetížení, nepřiměřeného namáhání objektu. Příkladem poruchy z nesprávného použití je přetížení čerpadla elektromotoru.

**Porucha z nesprávného zacházení** je porucha, která vznikla v důsledku nedostatečné péče o objekt nebo nesprávným zacházením. Příkladem poruchy z nesprávného zacházení je zadření spalovacího motoru v důsledku nevyměňování a nedoplňování motorového oleje. [2]

**Konstrukční porucha** je porucha, která vznikla chybou konstruktéra (například: jeho chybným návrhem, projektem, konstrukcí objektu apod.) nebo chybnou konstrukční metodou.

**Výrobní porucha** je porucha, která vznikla v důsledku chybného výrobního postupu nebo chybné výroby objektu. [2], [3]

**Porucha způsobená stárnutím** je porucha, která vznikla v důsledku působení času na objekt a jeho provoz. Příkladem poruchy způsobené stárnutím je změna vlastností materiálů nebo únava materiálů objektu.

Poruchy z hlediska důsledků se rozdělují na:

- **kritickou** poruchu,
- **nekritickou** poruchu.

**Kritická porucha** je porucha objektu, jenž může mít za následek ohrožení na zdraví a životů osob, materiální škody na objektu nebo může představovat jiné bezpečnostní riziko.

**Nekritická porucha** je porucha objektu, jenž nemůže mít za následek ohrožení na zdraví a životů osob, materiální škody na objektu ani nemůže představovat jiné bezpečnostní riziko. [2]

V technické praxi se pojem porucha objektu ještě dále rozděluje na poruchu (bez uvádění klasifikačního hlediska):

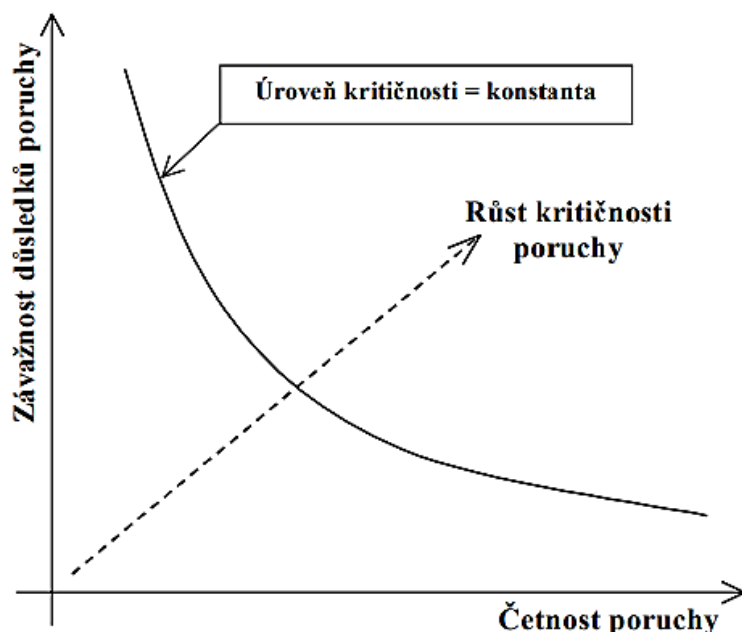
- přetížením, provozní, opravárenskou, dožitím, náhodnou, systematickou, havarijní, degradační, zjevnou, skrytou, odstranitelnou, neodstranitelnou, lehkou, těžkou, nezávažnou aj. [3]

**Kritičnost poruchy prvku** je definovaná jako: „*ohodnocení závažnosti důsledků dané poruchy při uvažování její četnosti*“. [2, s. 133]

Existence a vliv samotného důsledku poruchy na prvek objektu, především na jeho schopnosti plnit požadovanou funkci nebo pravděpodobnost vzniku této poruchy ještě nezbytně neznamená, že povede k vysoké kritičnosti této poruchy.

Hodnocení kritičnosti poruch se zpracovává tak, že se nejprve u jednotlivé poruchy prvku objektu vymezí závažnost (kritičnost) důsledků a poté se vymezí pravděpodobnost vzniku (četnost výskytu) této poruchy.

Následné vyhodnocení kritičnosti poruch objektu je možné zpracovat například do grafu (viz Obr. 1.11). [2]



Obr. 1.11 Filozofie hodnocení kritičnosti poruch

Zdroj: [2].

**Způsob poruchy** je definován jako: „*jev, prostřednictvím něhož je porucha na prvku pozorována*“. [2, s. 130]

Všechny způsoby poruchy, jimiž se projevuje selhání prvků objektu se zaznamenávají například pro potřeby analýzy způsobů poruch.

**Klasifikaci způsobů poruch** můžeme rozdělit na:

- **obecnou,**
- **podrobnou.**

Charakteristickým znakem **obecné klasifikace** způsobů poruch je výčet všeobecných způsobů poruch, pomocí nichž je možné přiřazení většiny způsobů poruch do jedné nebo více kategorií. [2]

Příklad obecné klasifikace způsobů poruch je uveden v Tab. 1.4.

Tab. 1.4 Příklad obecné klasifikace způsobů poruch

Způsob poruchy
Předčasná činnost
Není v činnosti v předepsaném okamžiku
Neukončil v průběhu činnosti

Zdroj: vlastní zpracování podle [2].

Většinou je ale tato obecná klasifikace způsobů poruch nedostačující například pro potřeby podrobné analýzy způsobů poruch. Tato podrobná analýza vyžaduje výčet **podrobnějších** způsobů poruch prvků objektu s dostačující diferenciací. [2]

Příklad podrobné klasifikace způsobů poruch je uveden v Tab. 1.5.

Tab. 1.5 Příklad podrobné klasifikace způsobů poruch

Způsob poruchy	Způsob poruchy
Porucha celistvosti (lom)	Chybné uvedení do provozu
Mechanické omezení nebo zaseknutí	Nezastavuje
Vibrace	Nenabíhá
Nezůstává v pozici	Nespíná
Neotevívá	Předčasná činnost
Nezavírá	Zpožděná činnost
Porucha v pozici otevřeno	Chybný vstup (zvýšený)
Porucha v pozici zavřeno	Chybný vstup (snížený)
Vnitřní netěsnost	Chybný výstup (zvýšený)
Vnější netěsnost	Chybný výstup (snížený)
Je mimo toleranci (pod)	Ztráta vstupu
Je mimo toleranci (nad)	Ztráta výstupu



Způsob poruchy	Způsob poruchy
Omylem vyvolává činnost	Zkrat (elektrický)
Přerušovaná činnost	Přerušení (elektrické)
Nesprávná činnost	Svod (elektrický)
Chybná indikace	Jiné zvláštní podmínky podle parametrů systému, provozních podmínek a provozních omezení
Omezený průtok (proud)	

Zdroj: vlastní zpracování podle [2].

Některým druhům poruch objektu lze **předcházet**, a to prostřednictvím určitých metod a opatření, které vedou ke snižování intenzity poruch jako ukazatele spolehlivosti objektu.

**Předcházení poruch** objektu lze uskutečnit v těchto následujících třech etapách objektu:

- **návrhu,**
- **výroby,**
- **provozu.**

**Předcházení poruchám v etapě návrhu** objektu je možné především prostřednictvím správného výběru spolehlivých komponentů a spolehlivé technologie objektu. Při jejich správném výběru je nezbytné posoudit i podmínky nadcházejícího provozu objektu. Dále je při správném výběru spolehlivých komponentů objektu nezbytné se rozhodnout pro optimální komponenty, například: z hlediska jejich výkonu, tepelného režimu, mechanického namáhání, pracovní frekvence apod.

**Předcházení poruchám v etapě výroby** objektu lze především prostřednictvím přejímky jako způsobu kontroly při přijímání, například: dílů, polotovarů a použitých materiálů apod. Významnost přejímky spočívá v následném vyřazení vadných dílů, polotovarů a materiálů a v použití těch bez vady. Přejímka přispívá ke zvyšování spolehlivosti objektu, a tudíž i k předcházení jeho poruše.

**Předcházení poruchám v etapě provozu** objektu je možné především prostřednictvím dodržováním technických podmínek výrobce tohoto objektu, například: servisní doporučení, výměny filtrů a náplní apod. [4]

## 2 Teorie obnovy

Tato druhá kapitola diplomové práce je věnována teorii obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel jako objektu. Tato druhá kapitola se následně rozděluje na další podkapitoly, mezi které patří: teorie obnovy, obnova objektu, stavy objektu, zkušební plán, technická diagnostika a diagnostický signál, životnost a životní cyklus, výpočetní modely obnovy a model exponenciálních trendů.

### 2.1 Teorie obnovy

Pojem teorie obnovy nemá do této doby jednotnou definici, čímž dochází k různým výkladům tohoto pojmu. Například **pojem teorie obnovy** je definován jako:

- „*velice silný nástroj pro stanovení optimální strategie provádění obnovy a údržby zařízení (...), která za pomoci matematických modelů zkoumá problémy hospodárnosti, výměny a provozuschopnosti technických zařízení*“. [7, s. 2]
- „*jev spočívající v obnovení schopnosti objektu po poruše plnit požadované funkce podle technických podmínek, k obnově může dojít např. okamžitou výměnou nebo ukončením opravy porušeného prvku uvažovaného objektu...*“. [3, s. 7]

Teorii obnovy lze následně uplatnit v těchto následujících čtyřech **aplikačních oblastech**:

- stanovení optimálního **okamžiku a rozsahu** obnovy objektu,
- stanovení optimálního **systemu údržeb** objektu,
- stanovení optimálního **užitečného technického života** (neboli životnosti) objektu,
- stanovení optimální **efektivnosti systému** obnovy objektu (například: systému údržeb, technické diagnostiky, oprav objektu apod.). [6]

V teorii obnovy se následně uvažují tyto dva následující **druhy problémů** obnovy objektu:

- problémy obnovy objektu (včetně jeho prvků), které souvisejí s **postupným snížením užitečnosti** pro systém tohoto objektu,

- problémy obnovy prvků objektu, které souvisejí s jejich **selháním v určitém momentu**, čímž zanikne jejich schopnost plnit požadovanou funkci tohoto objektu.

Potenciálním východiskem pro **řešení prvního druhu problémů** obnovy objektu (včetně jeho prvků) je **nahrazení starého objektu objektem novým**.

Opodstatněním tohoto krajního řešení mohou být především těchto pět následujících skutečností:

- stávající objekt je nedostatečný, jelikož svým výkonem nevyhovuje vyšším nárokům, i přestože je tento objekt jinak v bezchybném stavu,
- stávající objekt je morálně opotřeбенý (zastaralý), i přestože je jeho výkon v podstatě stejný jako na začátku jeho využívání,
- stávající objekt potřebuje pro svůj provoz nepřiměřeně velké množství oprav a údržby, jejichž prostřednictvím se podstatně navyšují náklady na provoz tohoto objektu,
- výkon stávajícího objektu se snižuje, což způsobuje navýšení provozních nákladů na jednotku výroby,
- kombinace.

Potenciálním východiskem pro **řešení druhého druhu problémů** obnovy prvků objektu je stanovení optimálního okamžiku obnovy, jenž konkrétně spočívá ve **stanovení okamžiku výměny, opravy příslušných prvků objektu**.

Jestliže jsou v systému tohoto objektu prvky, jež jsou stejného nebo obdobného druhu, tak můžeme pro vykonání výměny, opravy těchto prvků uvažovat o těchto třech následujících variantách:

- výměna, oprava systému objektu se vykonává až po selhání prvku tohoto objektu (represivní údržba) (viz podkapitola 1.2), následně uvažujeme o těchto třech variantách:
  - výměna, oprava pouze poškozeného prvku objektu, zbývající prvky ponecháme,
  - kontrola zbývajících prvků objektu, jež jsou stejného druhu a podle nutnosti je následně vyměníme, opravíme,
  - výměna, oprava veškerých prvků objektu, jež jsou stejného druhu,

- kontrola objektu se vykonává v předem určených pravidelných časových intervalech a následná výměna, oprava se vykonává pouze u těch prvků, jež jsou už opotřebovány (preventivní údržba) (viz podkapitola 1.2),
- v předem určených pravidelných časových intervalech se vykoná výměna, oprava veškerých prvků objektu, jež jsou stejného druhu, a to bez zřetele na míru jejich opotřebení (prediktivní údržba) (viz podkapitola 1.2).

Uplatněním jakékoliv z předchozích uvedených variant pro řešení obou druhů problémů obnovy objektu vzniknou určité náklady, mezi které patří tyto tři následující **druhy nákladů**:

- náklady na **montáž** nových prvků objektu,
- náklady na **demontáž** poškozených, opotřebovaných prvků objektu,
- náklady způsobené **ztrátou schopnosti plnit požadovanou funkci objektu** (provozuschopnosti) během výměny, opravy prvků objektu. [7]

## 2.2 Obnova objektu

Pojem obnova nemá doposud jednotnou definici, čímž dochází k různým výkladům tohoto pojmu. **Pojem obnova** lze například definovat jako:

- „*jev, kdy objekt po poruchovém stavu opět získá schopnost plnit požadovanou funkci*“. [2, s. 18]
- „*souhrn cílevědomých činností, vedoucích k udržení či obnovení provozuschopnosti objektu*“ [3, s. 7]

Obnova objektu zahrnuje pro udržení provozuschopného stavu objektu tyto tři následující **činnosti**:

- **údržba** objektu,
- **oprava** objektu,
- **výměna** objektu. [3]

**Pojem údržba** je vymezen viz podkapitola 1.2.

**Pojem oprava** je vymezen jako: „*souhrn činností, zaměřených na obnovení provozuschopného nebo bezvadného stavu objektu, anebo součástí (či prvků)*“. [3, s. 110]

**Pojem výměna** je vymezen jako: „*výměna daného objektu za jiný, který je schopen požadované funkce plnit*“. [3, s. 20]

Obnovu objektu lze následně dále rozdělit na:

- **úplnou** obnovu (neboli **výměnu** objektu za objekt nový),
- **částečnou** obnovu,
  - údržbu,
  - opravu,
  - technickou diagnostiku. [6]

**Pojem technická diagnostika** se věnuje: „*metodami a prostředky pro zjištění technického stavu objektu s cílem vyslovení diagnózy (tj. závěru o potřebě údržby, opravy, nebo výměny) a prognózy (další účelné době provozu)*“. [6, s. 11]

**Oprava objektu při poruše** se dále rozděluje na tyto dva následujících **typy oprav**:

- **úplná** oprava při poruše,
  - model standardní výměny s úplnou opravou (neboli výměna prvku objektu při opravě za nový),
  - model flexibilní výměny s úplnou opravou (preventivní údržba se vykonala po nepřetržité době neboli v tomto intervalu nenastala porucha objektu),
- **minimální** oprava při poruše,
  - model standardní výměny s minimální opravou (tento model opravy nemění charakter intenzity poruch viz podpodkapitola 1.1.4). [3]

Obnovu objektu z **hlediska počtu** obnovovaných objektů lze následně dále rozdělit na:

- **jednoduchou** obnovu,
- **rozšířenou** obnovu.

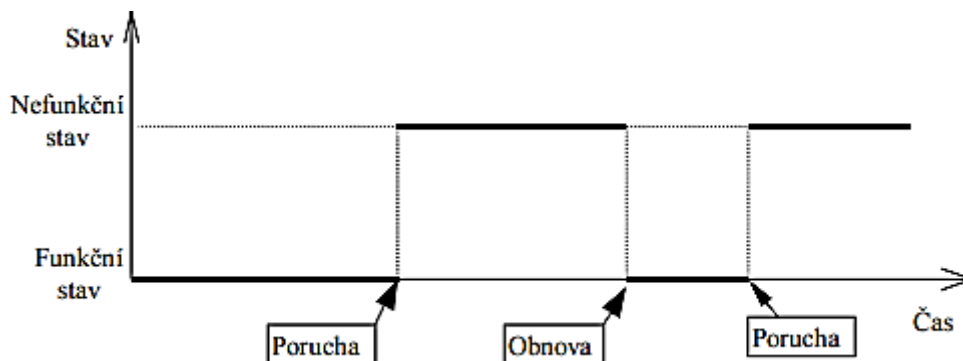
**Jednoduchá obnova** je obnova objektu, při které se zachovává stále stejný počet objektů.

**Rozšířená obnova** je obnova objektu, při které se zvětšuje počet objektů. [5]

Mezi **důvody** obnovy objektů patří:

- **fyzické** (mechanické, provozní) **opotřebení** objektu,
- **morální opotřebení** (zastarání) objektu. [6]

**Proces obnovy** objektu se vykonává až po vzniku prvního poruchového (nefunkčního) stavu objektu (viz Obr. 2.1) [7]



Obr. 2.1 Proces obnovy

Zdroj: [2].

### 2.3 Stavy objektu

Objekt se může nacházet během své existence neboli během časového intervalu, jenž začíná od momentu jeho prvního provedení určité práce až do dosažení mezního stavu (objekt je následně vyřazen z provozu) pokaždé v odlišném stavu.

Přechody objektu z jednoho stavu do druhého nastanou vždy podle předem určených kritérií. Kritéria pro přechody objektu podléhají účelu, konstrukci a provedení tohoto objektu. Dále musí být tyto kritéria přesně stanovena podle mezních hodnot funkčních a dalších parametrů objektu.

**Základní druhy stavů objektu** můžeme následně rozdělit z hlediska:

- **činnosti**, kterou objekt během stanoveného okamžiku svého zkoumání vykonává,
- **schopnosti plnit požadovanou funkci** během stanoveného okamžiku zkoumání tohoto objektu (neboli z hlediska **technického stavu** objektu).

Stav objektu z **hlediska činnosti** se dále rozděluje na:

- **provoz**,
- **prostoj**.

**Provoz** je stav objektu, v jehož průběhu objekt plní požadovanou funkci po stanovenou dobu (až do vzniku poruchy), běhemž hodnoty sledovaných parametrů tohoto objektu mohou být na nezhoršené nebo částečně zhoršené úrovni.

**Prostoj** je stav objektu, v jehož průběhu objekt neplní požadovanou funkci, jde tudíž o přerušení provozu tohoto objektu.

**Prostoj** objektu lze následně rozdělit na:

- **zálohový** prostoj (objekt je zařazen do provozu až po vzniku poruchy zálohovaného objektu),
- **poruchový** prostoj,
  - **technický** (objekt se opravuje),
  - **organizační** (objekt čeká na opravu),
- **údržbový** prostoj (na objektu se vykonává preventivní údržba).

Stav objektu z **hlediska technického stavu** se dále rozděluje na:

- **bezvadný** stav,
- **provozeschopný** stav,
- **poruchový** stav.

**Bezvadný stav** je stav objektu, v jehož průběhu se požadavky, jež jsou stanovené výrobně-technickou dokumentací zcela úplně shodují s tímto objektem.

**Provozeschopný stav** je stav objektu, v jehož průběhu je objekt schopen plnit požadovanou funkci, běhemž hodnoty sledovaných parametrů tohoto objektu jsou a zároveň musí být na úrovni, jenž je stanovená v technické dokumentaci.

**Poruchový stav** je stav objektu, v jehož průběhu objekt neplní požadovanou funkci, běhemž hodnoty sledovaných parametrů tohoto objektu nejsou na požadované úrovni, jenž je stanovená v technické dokumentaci. [3]

V technické praxi se stavy objektu dále klasifikují. Schéma **klasifikace stavů objektu** je znázorněno viz Tab. 2.1.

Tab. 2.1 Schéma klasifikace stavů objektu

		<b>Prostoj</b>	
		<b>Provozeschopný stav</b>	
<b>Provoz</b>	<b>Nevyužitý stav</b>	<b>Provozeschopný stav z vnějších příčin</b>	<b>Provozeschopný stav z vnitřních příčin</b>
			<b>Preventivní údržba</b>   <b>Poruchový stav</b>
<b>Použitelný stav</b>		<b>Nepoužitelný stav</b>	

Zdroj: vlastní zpracování podle [2].

V odstavcích níže jsou vypsány jednotlivé definice **stavů objektu** (viz Tab. 2.1).

**Použitelný stav** je stav objektu, v jehož průběhu je objekt ve stavu způsobilém k provedení určité práce.

**Nepoužitelný stav** je stav objektu, v jehož průběhu objekt není ve stavu způsobilém k provedení určité práce.

**Nevyužitý stav** je prostoj objektu neboli stav objektu, v jehož průběhu je v použitelném stavu, ale přesto neplní požadovanou funkci, jelikož funkce tohoto objektu není v tomto okamžiku požadována.

**Provozuneschopný stav** je stav objektu, v jehož průběhu objekt není schopen plnit požadovanou funkci, a to bez ohledu na jakýkoliv důvod, jenž tento stav tohoto objektu zapříčiňuje.

**Provozuneschopný stav z vnějších příčin** je stav objektu, v jehož průběhu je objekt v použitelném stavu, ale přesto není schopný provozu z vnějších příčin, mezi které nepatří například plánované operace včetně plánované údržby tohoto objektu.

**Provozuneschopný stav z vnitřních příčin** je stav objektu, v jehož průběhu je objekt v nepoužitelném stavu, tudíž není schopen provozu. A to ať už z důvodu, že je objekt v tomto okamžiku buďto v poruchovém stavu nebo se na tomto objektu vykonává preventivní údržba. [2]

Zbývající jednotlivé definice pojmů, mezi které patří: prostoj, provoz a poruchový stav jsou definovány viz podkapitola 2.3, definice pojmu preventivní údržba je definována viz podkapitola 1.2.

Stavy objektu se z **hlediska chování** jednotlivých objektů následně rozdělují na:

- **dvoustavový** objekt,
- **vícestavový** (mnohostavový) objekt. [3]

**Dvoustavový objekt** je objekt, u něhož mohou nastat pouze dva základní stavy objektu, buďto stav bezporuchového provozu nebo stav poruchového prostoje. Tyto dva základní stavy objektu se vzájemně vylučují, a zároveň se během provozního využívání tohoto objektu náhodně střídají. K vnitřním změnám technického stavu u dvoustavového objektu nedochází plynule a dále nemají zásadní vnější technickoekonomický projev. Příkladem dvoustavového objektu, který se nachází především v elektrotechnickém a elektronickém průmyslu je například žárovka.



**Vícestavový (mnohostavový) objekt** je objekt, u něhož dochází především k plynulým změnám technického stavu, a to již od zahájení provozního využívání objektu. V tomto okamžiku je objekt 100 % provozuschopný, přičemž se jeho provozuschopnost během doby jeho provozního využívání postupně snižuje, a to až do okamžiku poruchy. Objekt se tudíž může nacházet ve vícero stavech. Změny technického stavu dále mají zásadní vnější technickoekonomický projev. Příkladem vícestavového objektu, který se nachází především ve strojírenském průmyslu je například pístní skupina motoru. [3], [6]

## 2.4 Zkušební plán

**Pojem zkušební plán** je vymezen jako soubor: „*pravidel kodifikujících způsob provedení zkoušky*“. [2, s. 174]

Zkušební plán tudíž **definuje** především:

- způsob sledování (prvků) objektu,
- počet (rozsah) sledovaných (prvků) objektu neboli zkušebních vzorků,
- postup provedení obnovy (náhrady nebo obnovy) po poruše (prvků) objektu v průběhu zkoušky,
- způsob ukončení sledování neboli zkoušky (prvků) objektu. [2], [3]

Přehled hlavních zkušebních plánů viz Tab. 2.2. Zkušební plán se zapisuje ve tvaru kombinace uspořádané trojice symbolů v uzavřených hranatých závorkách.

**Postup zápisu zkušebního plánu:**

- nejprve se jako první v pořadí zapíše symbol ( $n$ ), který udává počet sledovaných (prvků) objektu zkoušky,
- následně se jako druhý v pořadí zapíše symbol ( $U, R, M, Tr$ ), který popisuje postup provedení obnovy po vzniku poruchy (prvků) objektu,
- nakonec se jako třetí v pořadí zapíše symbol ( $r, t$ ), který popisuje způsob ukončení zkoušky (prvků) objektu. [2]

Malá písmena, jež jsou následně zapsána ve zkušebním plánu lze nahradit konkrétními číselnými údaji.

Tab. 2.2 Přehled hlavních zkušebních plánů

Označení zkušebního plánu	Význam označení
$[n, \cdot, \cdot]$	Postup založený na pozorování $n$ (prvků) objektu
$[\cdot, U, \cdot]$	Postup, při kterém neopravované (prvky) objektu nejsou nahrazovány po poruše v době pozorování
$[\cdot, R, \cdot]$	Postup, při kterém neopravované (prvky) objektu jsou nahrazovány po poruše v době pozorování, takže je původní počet (prvků) objektu zachován (případ procesu obnovy)
$[\cdot, M, \cdot]$	Postup, při kterém jsou pozorované (prvky) objektu po každé poruše opraveny (případ obecného procesu obnovy)
$[\cdot, Tr, \cdot]$	Postup při tzv. useknutém souboru, kde chybí informace o celkovém počtu provozovaných neopravovaných (prvků) objektu
$[\cdot, \cdot, r]$	Postup, při kterém se pozorování ukončí při $r$ -té poruše
$[\cdot, \cdot, t]$	Postup, při kterém se pozorování ukončí po uplynutí určité doby zkoušky $t$
$[\cdot, \cdot, (r, t)]$	Postup, při kterém se pozorování ukončí při $r$ -té poruše nebo po uplynutí určité doby $t$ , podle toho, který jev nastane dříve

Zdroj: vlastní zpracování podle [2].

## 2.5 Technická diagnostika a diagnostický signál

**Pojem technická diagnostika** je vymezen viz podkapitola 2.2.

Rozsah a strukturu technické diagnostiky objektu stanovuje jeho uživatel. Technická diagnostika získává informace o objektu prostřednictvím běžného provozu tohoto objektu nebo pomocí experimentálního ověřování prototypů objektu. [4]

Prostřednictvím technické diagnostiky je možné zjistit například tyto následující **informace o zkoumaném objektu:**

- skutečný technický stav a průběh jeho změn,
- zbytková doba životnosti,
- okamžitá hodnota spolehlivostní funkce,
- údržbový systém,
- rychlost vzniku, stupně rozsahu, příčiny a důsledky poruch apod. [4], [8]

Zavedení technické diagnostiky do systému obnovy objektu přináší výhody jak z technického, tak i z ekonomického hlediska.

Mezi **výhody** využití technické diagnostiky jako částečné obnovy objektu patří například:

- zjištění a stanovení optima technického stavu objektu,
- stanovení optimální efektivity systému obnovy objektu (například prostřednictvím racionalizace směrnic pro provoz a údržbu),
- zvýšení inherentní (vložené), provozní a odhadované (predikované) spolehlivosti objektu,
- vytvoření dlouhodobého informačního systému jako podpora při rozhodování o obnově objektu,
- vytvoření diagnózy a prognózy obnovy objektu neboli zda objekt potřebuje nebo bude v budoucnosti potřebovat údržbu, opravu, výměnu nebo nikoli,
- snížení rizika ekonomických ztrát v podobě předejití případné havarijní poruchy objektu při vykonání včasné preventivní obnovy tohoto objektu,
- snížení nákladů na preventivní údržby a opravy objektu při zavedení technické diagnostiky. [3], [4]

Mezi **nevýhody** (rizika) využití technické diagnostiky jako částečné obnovy objektu patří například:

- stále existuje určité riziko, které spočívá ve zhoršené funkci, popřípadě nefunkčnosti diagnostické kontroly objektu,
- riziko spočívající v použití nesprávné diagnostické metody anebo diagnostických prostředků, což může vést k chybnému stanovení diagnózy a prognózy kontrolovaného objektu,
- riziko technické diagnostiky podléhající charakteristice provozních a mezních stavů objektu,
- riziko ekonomických ztrát při předčasně obnově objektu nebo jeho vyřazení z provozu. [3]

**Pojem diagnostický signál** je vymezen jako: „*nejobecnější pojem pro jakýkoliv ukazatel technického stavu objektu (...) nejen naměřená veličina při diagnostice*“. [6, s. 13]

Príslušná hodnota diagnostického signálu definuje úroveň technického stavu, podle něhož se následně vykoná preventivní obnova objektu. Vykonáním této preventivní obnovy lze předejít případné havarijní poruše. [3]

**Základní diagnostické signály** lze následně rozdělit na:

- **dobu používání,**
- **dobu provozu,**
- **strukturní parametr,**
- **provozní parametr,**
- **okamžité jednotkové náklady.**

**Doba používání** vyjadřuje celkovou dobu provozu objektu, a to včetně přestávek. V průběhu doby používání je objekt ve stavu způsobilém k provedení určité práce. Výhoda tohoto diagnostického signálu spočívá v nenáročnosti jeho stanovení (například u autobaterie).

**Doba provozu** vyjadřuje nezbytně nutnou dobu, během které objekt vykonává určité práce. Zároveň vyjadřuje rozsah (úroveň) provozního namáhání tohoto objektu v jednotkách doby provozu, mezi které patří například: litry spotřebovaného paliva, tunokilometry, motohodiny apod. Výhodou tohoto diagnostického signálu jsou tudíž přesné údaje o technickém stavu objektu.

**Strukturní parametr** vyjadřuje rozsah defektů objektu, jakost konstrukce a vliv provozních podmínek na objekt. Nevýhodou je vysoká pravděpodobnost potřebné demontáže objektu pro stanovení diagnostického signálu.

**Provozní parametr** vyjadřuje vnější technickoekonomický projev změněného technického stavu objektu. Výhodou tohoto diagnostického signálu je jeho stanovení bez potřebné demontáže objektu. Příkladem provozního parametru jsou například: teplota, vibrace, spotřeba a účinnost apod.

**Okamžité jednotkové náklady** vyjadřují ekonomické hledisko (náklady) objektu, které závisí na technickém stavu objektu a také na tržních cenách. Nevýhoda tohoto diagnostického signálu tudíž spočívá v tom, že náklady jsou variabilní, jelikož jsou ceny proměnlivé i při stejné úrovni technického stavu tohoto objektu. Příkladem okamžitého jednotkového nákladu je proměnlivá cena pohonných hmot jako palivo pro provoz motoru objektu. [6]

## 2.6 Životnost a životní cyklus

Pojem životnost objektu a jeho životní cyklus jsou významnou součástí teorie obnovy objektu, a to například v této druhé kapitole diplomové práce, v souvislosti se stanovením optimálního užitečného technického života objektu jako jedna ze čtyř aplikačních oblastí teorie obnovy (viz podkapitola 2.1).

Pojem životnost byl již několikrát zmíněn v předchozí první kapitole diplomové práce věnované teorii spolehlivosti a údržby.

V první kapitole byla životnost objektu například zmíněna v souvislosti se spolehlivostí jako jedna ze spolehlivostních vlastností objektu (viz podpodkapitola 1.1.2), projevující se schopností tohoto objektu plnit požadované funkce do mezního stavu (neboli ukončení životnosti objektu), a to při předem určeném systému nařízené údržby a oprav. Životnost číselně vyjadřuje například užitečný technický život objektu, společně s předem určenou pravděpodobností. [1], [3]

Dalším příkladem je třeba zmínění životnosti objektu v souvislosti s dobou užitečného (technického) života (viz podpodkapitola 1.1.3), jako jednou ze sledovaných veličin spolehlivosti objektu, vyjadřující dobu životnosti tohoto objektu jako časový interval, který začíná od momentu jeho prvního provedení určité práce a končí po dosažení mezního stavu. [2]

Poté byla životnost objektu zmíněna v souvislosti s údržbovým systémem z hlediska životnosti a s ohledem na věk prvků objektu (viz podpodkapitola 1.2.1). [3]

Životnost objektu je možné zjistit pomocí náhodných pokusů. Pro modelování těchto náhodných pokusů se velmi často používají náhodné veličiny s exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti. Dále se exponenciální rozdělení pravděpodobnosti používá i pro modelování náhodných pokusů pro zjištění spolehlivosti objektu.

Exponenciální rozdělení pravděpodobnosti se používá u objektu, u kterého je jeho životnost ovlivněna vnějšími zásahy. Naopak se nepoužívá u objektu, u kterého se projevuje mechanické opotřebení, únava a stárnutí materiálu na životnosti tohoto objektu. [8]

**Pojem životní cyklus** objektu je logický proces, který lze následně rozdělit do těchto následujících pěti **etap**:

- etapa **volby koncepce a definice** objektu,
- etapa **výzkumu a vývoje** objektu,
- etapa **sériové výroby a instalace** (prodeje) objektu,
- etapa **provozu** objektu,
- etapa **zrušení a likvidace** objektu. [3]

Tyto uvedené etapy životního cyklu objektu umožňují snadné určení toho, v jaké etapě životnosti se objekt nachází. Obecně je velice žádané, aby životní cyklus objektu probíhal co nejdéle.

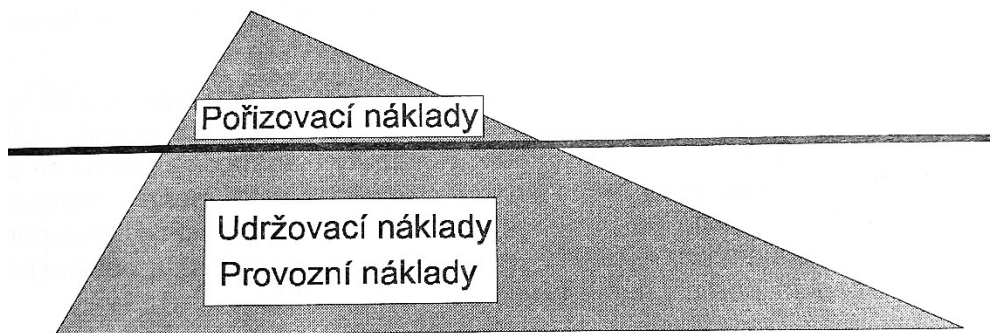
Mezi **výhody** správného stanovení etapy životnosti objektu, ve které se objekt právě nachází patří například:

- snížení rizika ekonomických ztrát v podobě předejití předčasné nebo opožděné likvidaci objektu,
- provedení výpočtu a následné zjištění nákladů na životní cyklus objektu jako ukazatele, podle kterého se následně vykoná obnova objektu nebo jeho vyřazení z provozu,
- stanovení optimálního užitečného technického života objektu z ekonomického hlediska (například: akceptovatelné náklady na provoz, opravu, údržbu objektu apod.).

Mezi **náklady životního cyklu** objektu patří tyto tři následující druhy nákladů:

- **pořizovací** (investiční) náklady,
- **udržovací** náklady,
- **provozní** náklady. [4]

Schématické zobrazení podílů jednotlivých etap životního cyklu objektu v nákladech je znázorněno viz Obr. 2.2.



Obr. 2.2 Ilustrace dělby nákladů v životním cyklu objektu

Zdroj: [4].

## 2.7 Výpočetní modely obnovy

Výpočetní modely obnovy objektu a teorie obnovy objektu spolu úzce souvisí a zároveň na sebe plynule navazují. Důkazem souvislosti mezi nimi je například stanovení optimálního okamžiku a rozsahu obnovy objektu jako jedna ze čtyř aplikačních oblastí teorie obnovy (viz podkapitola 2.1).

Dalším významným příkladem jejich vzájemné souvislosti je, že se právě teorie obnovy objektu věnuje konstrukcí těchto výpočetních modelů obnovy objektu.

Výpočetní modely obnovy objektu tudíž představují nástroj, prostřednictvím něhož je možné stanovit optimální strategii pro vykonání obnovy objektu, která zajistí objektu schopnost plnit požadovanou funkci. Modely obnovy objektu dále představují jednu z devíti jednotlivých disciplín operačního výzkumu. [9]

V rámci teorie obnovy lze použít pro obnovu objektu velmi mnoho výpočetních modelů obnovy objektu, které lze následně rozdělit podle klasifikačního hlediska.

Rozsáhlý systém **klasifikace výpočetních modelů obnovy** můžeme tudíž rozdělit do těchto následujících **hledisek**:

- **výskyt náhodné veličiny či nikoli,**
- **charakter času obnovy,**
- **uskutečnění opravy objektu po poruše či nikoli,**
- **zohlednění nákladů spojených s procesem obnovy (při konstrukci modelu obnovy),**

- **diskontování nákladů budoucích období,**
- **věková struktura objektů,**
- **stejná pravděpodobnost selhání v jednotlivých obdobích u všech objektů či nikoli,**
- **počet obnovovaných objektů.**

Výpočetní modely obnovy z **hlediska výskytu náhodné veličiny či nikoli** se následně rozdělují na:

- **deterministické** modely obnovy (bez výskytu náhodné veličiny),
- **stochastické** modely obnovy (s výskytem náhodné veličiny).

Výpočetní modely obnovy z **hlediska charakteru času** obnovy se následně rozdělují na:

- modely obnovy se **spojitým časem** obnovy (obnova objektu se vykonává okamžitě po selhání tohoto objektu),
- modely s **diskrétním časem** obnovy (obnova všech objektů se vykonává na konci určitého období, ve kterém tyto objekty selhaly).

Výpočetní modely obnovy z **hlediska uskutečnění opravy objektu po poruše či nikoli** se následně rozdělují na:

- modely obnovy **obnovovaného** objektu (opravitelný objekt, na kterém se po poruše uskutečňuje oprava do dosažení mezního stavu (například strojní zařízení)),
- modely obnovy **neobnovovaného** objektu (opravitelný nebo neopravitelný objekt, na kterém se po poruše další oprava již neuskutečňuje (například: žárovky, ozubená kola, ložiska apod.)).

Výpočetní modely obnovy z **hlediska zohlednění nákladů spojených s procesem obnovy** (při konstrukci modelu) se následně rozdělují na:

- modely obnovy **s náklady,**
- modely obnovy **bez nákladů.**

Výpočetní modely obnovy z **hlediska diskontování nákladů budoucích období** se následně rozdělují na:

- modely obnovy **s diskontováním nákladů,**
- modely obnovy **bez diskontování nákladů.**



Výpočetní modely obnovy z **hlediska věkové struktury** objektů se následně rozdělují na:

- modely obnovy se **stejnou věkovou strukturou** (předpoklad, že všechny objekty procesu obnovy jsou nové),
- modely obnovy s **různou věkovou strukturou**.

Výpočetní modely obnovy z **hlediska stejné pravděpodobnosti selhání v jednotlivých obdobích u všech objektů či nikoli** se následně rozdělují na:

- modely obnovy **technicky homogenních** objektů
- modely obnovy **technicky nehomogenních** objektů.

Výpočetní modely obnovy z **hlediska počtu obnovovaných objektů** se následně rozdělují na:

- modely **jednoduché** obnovy (počet obnovovaných objektů se zachovává, je stále stejný),
- modely **rozšířené** obnovy (počet obnovovaných objektů se zvětšuje). [5]

Další výpočetní modely obnovy (bez uvedeného klasifikačního hlediska) se následně rozdělují na:

- modely obnovy **stárnoucího** objektu,
- modely obnovy **selhávajícího** objektu. [10]

Dále je možné pro stanovení optimálního okamžiku obnovy objektu použít vhodné rozdělení pravděpodobnosti.

Pro obnovu objektu je možné použít jeden ze tří typů **rozdělení pravděpodobnosti**:

- **exponenciální** rozdělení pravděpodobnosti,
- **Poissonovo** rozdělení pravděpodobnosti,
- **Weibullovo** rozdělení pravděpodobnosti. [8]

## 2.8 Model exponenciálních trendů

Tato podkapitola diplomové práce je věnována popisu vybraného výpočetního modelu obnovy objektu pro stanovení optimálního okamžiku obnovy objektu v praktické části (viz podkapitola 4.2).

Model exponenciálních trendů je účelová (kriteriální) funkce obnovy objektu, která se používá pro **stanovení optimálního okamžiku obnovy**. Model exponenciálních trendů je založen na principu stanovení optimálního okamžiku obnovy objektu v ten moment, kdy je minimum celkové hodnoty nákladů objektu.

Optimální okamžik obnovy objektu představuje moment, kdy náklady na provoz (údržbu a opravy) objektu začínají značně převládat nad náklady vlastní obnovy (zůstatkovou hodnotou) objektu.

Jedná se tedy o model obnovy, jenž se používá pro stanovení optimálního okamžiku vyřazení (neboli výměny, náhrady) objektu z provozu a následně pořízení nového objektu. [6]

**Náklady vlastní obnovy** objektu neboli zůstatková hodnota objektu klesá, například v souvislosti s účetními odpisy ze vstupní (pořizovací) ceny objektu a dále také provozním opotřebením objektu, během doby jeho užitečného technického života neboli životnosti.

Náklady vlastní obnovy objektu mají tudíž charakter klesající exponenciály. Vzorec má následující tvar (1.1):

$$N_p(t) = C \cdot e^{-\alpha \cdot t} \text{ [Kč]} \quad (1.1)$$

kde:  $N_p(t)$  ..... velikost nákladů vlastní obnovy objektu v závislosti na čase [Kč],

$C$  ..... nákupní (pořizovací) cena objektu [Kč],

$\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-],

$t$  ..... čas, vyjadřuje dobu provozu objektu [roky],

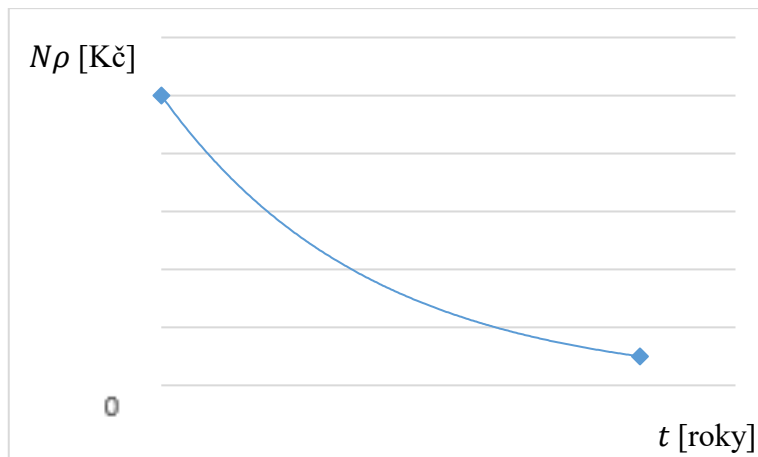
Koeficient (odpisové) klesající exponenciály  $\alpha$  se vypočítá podle následujícího vztahu (1.2):

$$\alpha = -\ln(1 - q) \text{ [-]} \quad (1.2)$$

kde:  $\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-],

$q$  ..... výška odpisového procenta [-]. [3]

Exponenciála nákladů vlastní obnovy objektu viz Graf 2.1.



Graf. 2.1 Exponenciála nákladů vlastní obnovy objektu

Zdroj: vlastní zpracování podle [4].

Zatímco **kumulativní náklady na provoz** objektu neboli kumulativní náklady na údržbu a opravy objektu rostou v souvislosti s provozem během doby jeho užitečného technického života neboli životnosti.

Kumulativní náklady na provoz objektu mají tudíž charakter rostoucí exponenciály. Vzorec má následující tvar (1.3):

$$N_u(t) = A \cdot e^{\beta \cdot t} \text{ [Kč]} \quad (1.3)$$

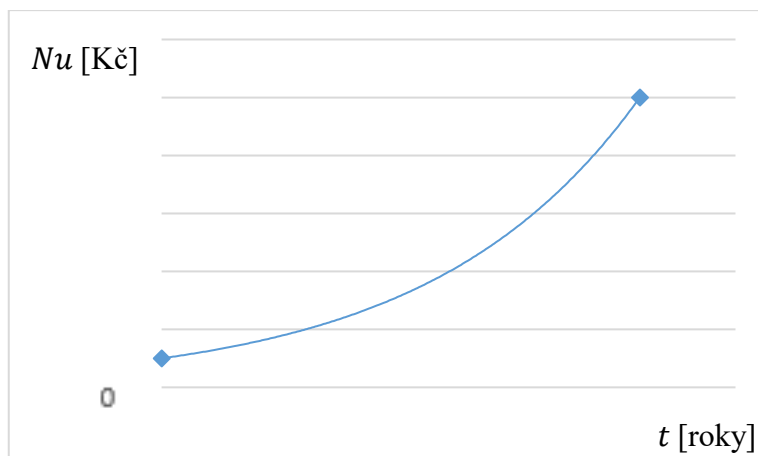
kde:  $N_u(t)$  ..... velikost kumulativních nákladů na provoz objektu v závislosti na čase [Kč],

$A$  ..... amplituda udržovacích nákladů objektu [Kč],

$\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-],

$t$  ..... čas, vyjadřuje dobu provozu objektu [roky]. [3]

Exponenciála kumulativních nákladů na provoz objektu viz Graf 2.2.



Graf 2.2 Exponenciála kumulativních nákladů na provoz objektu

Zdroj: vlastní zpracování podle [4].

Celková hodnota objektu se následně vypočte ze součtu nákladů vlastní obnovy objektu a kumulativních nákladů na provoz objektu. Vzorec má následující tvar (1.4):

$$N_C(t) = C \cdot e^{-\alpha \cdot t} + A \cdot e^{\beta \cdot t} \text{ [Kč]} \quad (1.4)$$

kde:  $N_C(t)$  ..... celková hodnota objektu v závislosti na čase [Kč],

$C$  ..... nákupní (pořizovací) cena objektu [Kč],

$\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-],

$t$  ..... čas, vyjadřuje dobu provozu objektu [roky],

$A$  ..... amplituda udržovacích nákladů objektu [Kč],

$\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-].

Následně je potřebné nalézt extrém podle času, a to z celkové hodnoty nákladů objektu neboli čas, kde bude součet nákladů vlastní obnovy objektu a kumulativních nákladů na provoz objektu minimální. Hledané minimum součtu těchto dvou uvedených nákladů neboli minimum celkové hodnoty nákladů objektu představuje optimální okamžik obnovy objektu. Vzorec má následující tvar (1.5):

$$\frac{dN_C(t)}{dt} = 0 \Rightarrow \alpha \cdot C \cdot e^{-\alpha \cdot t} = \beta \cdot A \cdot e^{\beta \cdot t} \quad (1.5)$$

kde:  $N_C(t)$  ..... celková hodnota objektu v závislosti na čase [Kč],

$t$  ..... čas, vyjadřuje dobu provozu objektu [roky],

$\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-],

$C$  ..... nákupní (pořizovací) cena objektu [Kč],

$\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-],

$A$  ..... amplituda udržovacích nákladů objektu [Kč].

Vzorec **optimálního okamžiku obnovy** objektu neboli optimálního okamžiku vyřazení (neboli výměny, náhrady) objektu z provozu a následného pořízení nového objektu má následující tvar (1.6):

$$t_{z\ opt} = \frac{1}{\alpha + \beta} \cdot \ln \left( \frac{\alpha \cdot C}{\beta \cdot A} \right) \text{ [roky]} \quad (1.6)$$

kde:  $t_{z\ opt}$  ..... optimální okamžik obnovy objektu [roky],

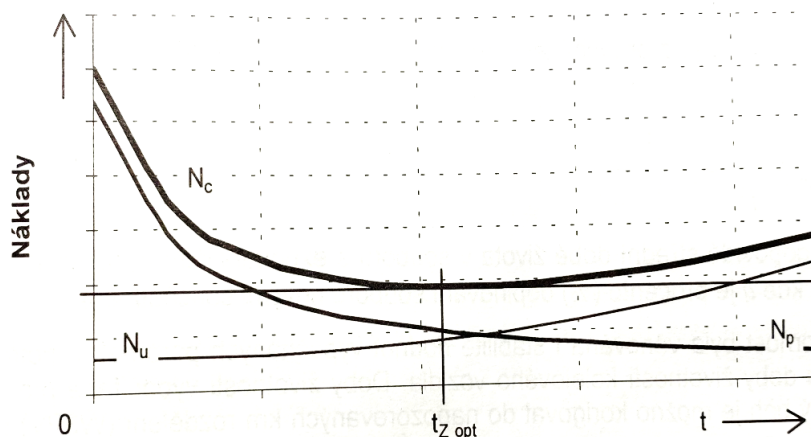
$\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-],

$\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-],

$C$  ..... nákupní (pořizovací) cena objektu [Kč],

$A$  ..... amplituda udržovacích nákladů objektu [Kč]. [3]

Průběh účelové (kriteriální) funkce obnovy viz Obr. 2.3.



Obr. 2.3 Průběh účelové (kriteriální) funkce obnovy objektu

Zdroj: [4].

Jelikož výška odpisového procenta  $q$  není známá je potřebné optimalizovat dobu optimálního okamžiku obnovy objektu  $t_{z\ opt}$  jako funkci odpisového procenta. Vzorec má následující tvar (1.7):

$$\frac{\delta t_{z\ opt}}{\delta a} = \frac{-1}{(\alpha + \beta)^2} \cdot \ln\left(R \cdot \frac{\alpha}{\beta}\right) + \frac{1}{(\alpha + \beta)^2} \cdot \frac{1}{\alpha} = 0 \quad (1.7)$$

kde:  $t_{z\ opt}$  ..... optimální okamžik obnovy objektu [roky],

$\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-],

$\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-],

$R$  ..... pomocná proměnná [-].

Pomocná proměnná  $R$  se vypočítá podle následujícího vztahu (1.8):

$$R = \frac{C}{A}; R = z \cdot e^{z+1} \quad (1.8)$$

kde:  $R$  ..... pomocná proměnná [-],

$C$  ..... nákupní (pořizovací) cena objektu [Kč],

$A$  ..... amplituda udržovacích nákladů objektu [Kč],

$z$  ..... kořen [-].

Následně se kořen  $z$  stanoví iterační metodou, optimální okamžik obnovy objektu  $t_{z\ opt}$  je potom podle vzorce následujícího tvaru (1.9):

$$t_{z\ opt} = \frac{z}{\beta} = \frac{1}{\ln(1-q)} \text{ [roky]} \quad (1.9)$$

kde:  $t_{z\ opt}$  ..... optimální okamžik obnovy objektu [roky],

$z$  ..... kořen [-],

$\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-],

$q$  ..... výška odpisového procenta [-]. [3]

### 3 Vozydlový park

Tato třetí kapitola diplomové práce je nejprve věnována představení vybrané společnosti JONAS SPEED, s. r. o. a následně je věnována analýze současného vozidlového parku silničních nákladních vozidel této vybrané společnosti.

#### 3.1 Představení společnosti

Společnost JONAS SPEED, s. r. o. je kapitálová obchodní společnost, která vznikla zápisem do obchodního rejstříku dne 11. října roku 2012, a to přechodem z fyzické osoby (osoby samostatně výdělečně činné) na osobu právnickou (společnost s ručením omezeným). Sídlem společnosti je město Uničov, které se nachází v Olomouckém kraji, jedná se tudíž o tuzemskou společnost.

**Předmětem podnikání** této společnosti jsou podle obchodního rejstříku tyto následující činnosti:

- výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona,
- silniční motorová doprava – nákladní provozovaná vozidly nebo jízdními soupravami o největší povolené hmotnosti nepřesahující 3,5 tuny, jsou-li určeny k přepravě zvířat nebo věcí,
- zprostředkování obchodu a služeb,
- velkoobchod a maloobchod,
- skladování, balení zboží, manipulace s nákladem a technické činnosti v dopravě,
- zasílatelství a zastupování v celním řízení,
- pronájem a půjčování věcí movitých. [11]

Společností je především dopravce, který provozuje mezinárodní silniční nákladní dopravu pro cizí potřeby, přičemž se specializuje zejména na přepravu nákladu do Švýcarska, ale také i do zemí Evropské Unie (EU). Konkrétně se jedná především o přepravu nákladu do Itálie, Belgie a Holandska. Avšak vnitrostátní přeprava nákladu nebo jeho přeprava do zemí mimo EU není pro společnost výjimkou.

Mezi nabízené **služby** společnosti patří například tyto činnosti:

- skladování,
- manipulace (nakládka, vykládka, překládka),
- přeprava,
- pojištění,
- celní odbavení,
- sledování pohybu zásilky (track and trace).

Mezi **přepavní prostředky**, které společnost přepravuje patří:

- palety,
- palecony (IBC).

Společnost se zaměřuje na přepravu těchto následující **typy zásilek**:

- celovozové,
- dokládkové,
- sběrné,
- nebezpečné,
- nadměrné,
- zkazitelné,
- vysoké hodnoty. [12, 13]

Jelikož společnost nepřepavuje pouze standardní náklad, musí plnit požadované povinnosti, vyplývající podle právních předpisů.

Mezi **právní předpisy**, které regulují tuto vybranou společnost patří například:

- zákon č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů,
- Úmluva o přepravní smlouvě v mezinárodní silniční nákladní dopravě (Úmluva CMR),
- Celní úmluva o mezinárodní přepravě zboží na podkladě karnetu TIR (Úmluva TIR),
- Dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (Dohoda ADR),
- Dohoda o mezinárodních přepravách zkazitelných potravin a o specializovaných prostředcích určených pro tyto přepravy (Dohoda ATP).



Názorným příkladem, kdy musí společnost plnit povinnosti, vyplývající podle právních předpisů je přeprava nebezpečného nákladu. Společnost, jenž je dopravcem (jakožto jedním ze tří hlavních účastníků přepravy) musí provést přepravu podle základního mezinárodního právního předpisu zkráceně nazvaného jako Dohoda ADR.

Mezi povinnosti společnosti **z hlediska silničních nákladních vozidel vozidlového parku** patří například:

- vybavit silniční nákladní vozidla předepsanou dokumentací a předepsanou výbavou,
- silniční nákladní vozidla musí být (technicky, konstrukčně) způsobilá a schválená k přepravě nebezpečných věcí,
- vizuálně ověřit, že jsou silniční nákladní vozidla společně s nákladem bez viditelných závad, netěsností nebo trhlin,
- ověřit, že jsou silniční nákladní vozidla nepřetížena a že jsou na nich připevněné velké bezpečnostní značky a oranžové tabulky. [14]

### 3.2 Vozidlový park společnosti

Celý vozidlový park silničních nákladních vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o. je označen logem společnosti (viz Obr. 3.1). [13]



Obr. 3.1 Logo společnosti JONAS SPEED, s. r. o.

Zdroj: [12].

Vozidlový park společnosti se skládá z vozidel kategorie N, neboli ze silničních motorových vozidel, které se používají pro dopravu nákladů. Vozidlový park je konkrétněji sestaven z:

- vozidel podkategorie **N1** neboli vozidel, jejichž celková hmotnost nepřevyšuje 3,5 tun,
- vozidel podkategorie **N2** neboli vozidel, jejichž celková hmotnost převyšuje 3,5 tun, ale nepřevyšuje 12 tun,

- vozidel podkategorie **N3** neboli vozidel, jejichž celková hmotnost převyšuje 12 tun. [15]

Vozidlový park společnosti je sestaven z:

- **5 vozidel podkategorie N1,**
- **2 vozidel podkategorie N2,**
- **12 vozidel podkategorie N3.**

Společnost tedy v současnosti disponuje vozidlovým parkem, který se skládá celkem z **19 silničních nákladních vozidel**, z nichž je:

- **5 dodávkových vozidel,**
- **4 sólo vozidel,**
- **12 tahačů.**

Veškeré tahače společnosti jsou opatřeny silničními návěsy, ale žádnými silničními přívěsy. **Silniční návěsy** tahačů jsou dále rozděleny na:

- **2 mrazírenský,**
- **10 valníkových (plachtových).** [13]

V Tab. 3.1 je uveden vývoj počtu silničních nákladních vozidel vozidlového parku společnosti z hlediska druhu vozidel, a to za posledních 5 let.

Tab. 3.1 Vývoj počtu silničních nákladních vozidel vozidlového parku

Rok	Počet vozidel [ks]			
	Dodávková vozidla [ks]	Sólo vozidla	Tahače	Celkem
<b>2019</b>	4	6	7	17
<b>2020</b>	5	5	6	16
<b>2021</b>	5	5	7	17
<b>2022</b>	5	4	8	17
<b>2023</b>	5	4	12	21

Zdroj: vlastní zpracování podle [13].

Z údajů v Tab. 3.1 vyplývá, že celkový počet silničních nákladních vozidel vozidlového parku společnosti za posledních pět let kolísá.

Dále z údajů Tab. 3.1 vyplývá, že je ve sledovaném období nejvyšší celkový počet vozidel v současnosti, a to celkem 21 vozidel.

Naopak byl za posledních 5 let nejnižší celkový počet silničních nákladních vozidel vozidlového parku společnosti v roce 2020.

Záměrem společnosti JONAS SPEED, s. r. o. je v následujících letech zvýšit počet silničních nákladních vozidel vozidlového parku.

Vozidlový park je složen z nákladních vozidel od těchto následujících čtyř výrobců:

- **MAN,**
- **RENAULT,**
- **MERCEDES-BENZ,**
- **DAF.** [13]

V následujících čtyřech tabulkách jsou uvedeny vybrané parametry silničních nákladních vozidel současného vozidlového parku z hlediska výrobce. Parametry vozidel jsou uvedeny podle velkého technického průkazu jednotlivých vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o. Znak X v buňce tabulky značí, že parametr nebyl ve velkém technickém průkazu uveden.

V Tab. 3.2 je uveden jeden model silničního nákladního vozidla výrobce MAN a jeho vybrané parametry. Jedná se o jeden model sólo vozidla.

Tab. 3.2 Parametry vozidel MAN

<b>Parametry vozidel</b>	<b>TGL</b>
<b>Druh</b>	Sólo vozidlo
<b>Rok výroby</b>	2016
<b>Výkon [kW]</b>	184
<b>Zdvihový objem [cm<sup>3</sup>]</b>	6 871
<b>Největší technicky povolená hmotnost [kg]</b>	11 990
<b>Provozní hmotnost [kg]</b>	6 810
<b>Užitečná hmotnost [kg]</b>	5 180
<b>Největší technicky povolená hmotnost jízdní soupravy [kg]</b>	24 000
<b>Emisní třída</b>	E5
<b>Palivo</b>	Nafta
<b>Průměrná spotřeba PHM [l]</b>	X
<b>Pořizovací cena [€] (včetně DPH)</b>	49 000
<b>Způsob pořízení</b>	Úvěr

Zdroj: vlastní zpracování podle [16].

V Tab. 3.3 je uveden jeden model silničních nákladních vozidel výrobce RENAULT a jejich vybrané parametry. Jedná se o jeden model s celkovým počtem tří dodávkových vozidel.

Tab. 3.3 Parametry vozidel RENAULT

Parametry vozidel	Master 2,3 dCi	Master 2,3 dCi	Master 2,3 dCi
<b>Druh</b>	Dodávkové vozidlo	Dodávkové vozidlo	Dodávkové vozidlo
<b>Rok výroby</b>	2019	2022	2022
<b>Výkon [kW]</b>	125	120	120
<b>Zdvihový objem [cm<sup>3</sup>]</b>	2 299	2 299	2 299
<b>Největší technicky povolená hmotnost [kg]</b>	3 500	3 500	3 500
<b>Provozní hmotnost [kg]</b>	2 350	2 530	2 595
<b>Užitečná hmotnost [kg]</b>	1 150	970	905
<b>Největší technicky povolená hmotnost jízdní soupravy [kg]</b>	6 000	6 000	6 000
<b>Emisní třída</b>	E6	E6	E6
<b>Palivo</b>	Nafta	Nafta	Nafta
<b>Průměrná spotřeba PHM [l]</b>	7,9	13,1	13,1
<b>Pořizovací cena [€] (včetně DPH)</b>	33 434	44 616	47 562
<b>Způsob pořízení</b>	Úvěr	Úvěr	Úvěr

Zdroj: vlastní zpracování podle [16].

V Tab. 3.4 jsou uvedeny čtyři modely silničních nákladních vozidel výrobce MERCEDES-BENZ a jejich vybrané parametry. Jedná se o dva modely sólo vozidel a dva modely dodávkových vozidel.

Tab. 3.4 Parametry vozidel MERCEDES-BENZ

Parametry vozidel	ATEGO	ACTROS	Sprinter 316 CDI/XL KA	Sprinter 316 CDI/L FG
<b>Druh</b>	Sólo vozidlo	Sólo vozidlo	Dodávkové vozidlo	Dodávkové vozidlo
<b>Rok výroby</b>	2014	2016	2016	2018
<b>Výkon [kW]</b>	220	310	120	120
<b>Zdvihový objem [cm<sup>3</sup>]</b>	7 698	12 809	2 143	2 143
<b>Největší technicky povolená hmotnost [kg]</b>	11 990	26 000	3 500	3 500

Parametry vozidel	ATEGO	ACTROS	Sprinter 316 CDI/XL KA	Sprinter 316 CDI/L FG
Provozní hmotnost [kg]	7 090	11 640	2 446	2 290
Užitečná hmotnost [kg]	4 900	14 360	1 054	1 210
Největší technicky povolená hmotnost jízdní soupravy [kg]	28 000	40 000	5 500	5 500
Emisní třída	E5	E6	E6	E6
Palivo	Nafta	Nafta	Nafta	Nafta
Průměrná spotřeba PHM [l]	X	X	9,2	8
Pořizovací cena [€] (včetně DPH)	56 500	58 000	25 977	28 767
Způsob pořízení	Úvěr	Úvěr	Úvěr	Úvěr

Zdroj: vlastní zpracování podle [16].

Pro zpřehlednění parametrů vozidel výrobce DAF (viz Tab. 3.5) jsem dopsala parametr počet kusů vozidel stejného modelu. Dále jsem také zprůměrovala pořizovací cenu (včetně DPH) vozidel stejného modelu.

V Tab. 3.5 jsou uvedeny tři modely silničních nákladních vozidel výrobce DAF a jejich vybrané parametry. Jedná se o jeden model sólo vozidla a dva modely tahačů.

Tab. 3.5 Parametry vozidel DAF

Parametry vozidel	CF 290 FA/ZSP	XF 480 FT	XG 480 FT
Druh	Sólo vozidlo	Tahač	Tahač
Počet [ks]	1	8	4
Rok výroby	2017	2017-2022	2022-2023
Výkon [kW]	217	355	355
Zdvihový objem [cm <sup>3</sup> ]	6 700	12 902	12 902
Největší technicky povolená hmotnost [kg]	18 000	18 000	18 000
Provozní hmotnost [kg]	9 120	8 288	8 208
Užitečná hmotnost [kg]	8 880	9712	
Největší technicky povolená hmotnost jízdní soupravy [kg]	X	45 000	45 000
Emisní třída	E6	E6	E6
Palivo	Nafta	Nafta	Nafta
Průměrná spotřeba PHM [l]	X	X	X
Pořizovací cena [€] (včetně DPH)	56 000	61 458	134 268
Způsob pořízení	Úvěr	Operativní leasing	Úvěr

Zdroj: vlastní zpracování podle [16].

V Tab. 3.6 jsou uvedeny údaje silničních nákladních vozidel současného vozidlového parku z hlediska stáří a doby provozu ve vybrané společnosti. Uvedené číselné údaje jsou zprůměrované a následně zaokrouhlené na celá čísla.

Tab. 3.6 Stáří a doba provozu vozidel silničních nákladních vozidel vozidlového parku

<b>Vozidla</b>	<b>Stáří [roky]</b>	<b>Doba provozu ve vybrané společnosti [roky]</b>
<b>MAN</b>	7	3
<b>RENAULT</b>	2	2
<b>MERCEDES-BENZ</b>	7	4
<b>DAF</b>	2	1
<b>Dodávková vozidla</b>	4	1
<b>Sólo vozidla</b>	7	4
<b>Tahače</b>	2	1

Zdroj: vlastní zpracování podle [13], [16].

Z údajů v Tab. 3.6 vyplývá, že z hlediska stáří jsou průměrně nejstarší sólo vozidla a vozidla výrobce MAN, společně s vozidly výrobce MERCEDES-BENZ.

Naopak z hlediska stáří jsou průměrně nejmladšími silničními nákladními vozidly vozidlového parku společnosti právě tahače a vozidla výrobce DAF, společně s vozidly výrobce RENAULT.

Dále z údajů Tab. 3.6 vyplývá, že z hlediska doby provozu ve vybrané společnosti jsou průměrně nejdéle provozovaná sólo vozidla a vozidla výrobce MERCEDES-BENZ.

Naopak z hlediska doby provozu ve vybrané společnosti jsou průměrně nejkratěji provozovanými silničními nákladními vozidly vozidlového parku společnosti dodávková vozidla a také tahače a vozidla výrobce DAF.

## 4 Sběr a zpracování dat

Tato čtvrtá kapitola diplomové práce je nejprve věnována analýze stávajícího okamžiku obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel vybrané společnosti JONAS SPEED, s. r. o. a následně je věnována stanovení optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel v dané firmě, a to prostřednictvím využití teorie obnovy jako prostředku pro výpočet modelu obnovy.

### 4.1 Stávající okamžik obnovy

Společnost JONAS SPEED, s. r. o. rozhoduje o **okamžiku obnovy** vozidlového parku silničních nákladních vozidel podle vybraných kritérií. Mezi tyto vybraná **kritéria** patří například:

- spolehlivost vozidla (například provozní bezpečnost, životnost, poruchovost apod.),
- stáří vozidla,
- doba provozu vozidla,
- fyzické opotřebení vozidla,
- morální opotřebení vozidla,
- stav tachometru vozidla,
- stav inflace, stav nabídky a poptávky vozidla na trhu,
- emisní třída vozidla,
- spotřeba paliva vozidla (například v důsledku opotřebení),
- způsob pořízení vozidla leasingem/úvěrem (například výhodou pořízení vozidla úvěrem je, že se vozidlo stává majetkem společnosti a má právo začít odpisovat),
- náklady na servis,
- náklady vlastní obnovy vozidla (například zůstatková hodnota a účetními odpisy ze vstupní (pořizovací) ceny),
- náklady na provoz (náklady na údržbu a opravy) vozidla.

Je důležité podotknout, že společnost přistupuje k obnově vozidlového parku silničních nákladních vozidel individuálně, podle druhu vozidla a také v neposlední řadě podle současné finanční situace společnosti.

Stávajícím okamžikem obnovy vozidlového parku **podle druhu** silničních nákladních vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o. je průměrně pro:

- dodávková vozidla po 6 letech,
- sólo vozidla po 6 letech,
- tahače po 5 letech. [13]

## 4.2 Stanovení optimálního okamžiku obnovy

Tato podkapitola diplomové práce je věnována stanovení neboli výpočtu optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel ve společnosti JONAS SPEED, s. r. o.

Popis vybraného výpočetního modelu obnovy objektu pro stanovení optimálního okamžiku obnovy objektu – modelu exponenciálních trendů je popsán v praktické části (viz podkapitola 2.8).

Pro potřeby výpočtu optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel ve vybrané společnosti vycházím z hodnot průměrného silničního nákladního vozidla. Pod tímto zmiňovaným pojmem se konkrétně jedná o **tahač**.

Hodnoty průměrného silničního nákladního vozidla (tahače) za prvních pět let jeho provozu jsou uvedeny v tabulkách (viz Tab. 4.1 a Tab. 4.2).

Podnětem pro rozhodnutí se pro období pěti let je, že se po toto zvolené období průměrně vykonává obnova tohoto zvoleného průměrného silničního nákladního vozidla (tahače) ve vybrané společnosti.

Mezi hlavní důvody pro zvolení právě tohoto druhu silničního nákladního vozidla (tahače) patří tyto následující důvody:

- početně nejvíce zastoupený druh vozidla ve vybrané společnosti,
- nejčastěji obnovovaný druh vozidla ve vybrané společnosti,
- nejvýdělečnější druh vozidla v porovnání s ostatními druhy vozidel ve vybrané společnosti,
- vysoká nákupní (pořizovací) cena vozidla tohoto druhu,
- vysoké náklady na obnovu vozidla tohoto druhu.



Pro výpočet čtyř hodnot **parametrů nákladů vlastní obnovy** a **kumulativních nákladů na provoz** průměrného silničního nákladního vozidla (tahače), ze vzorce optimálního okamžiku hodnot (1.6), jsem v prostředí **MS Excel** použila regresní analýzu hodnot, a to konkrétně **nelineární exponenciální regresní funkci**. [17]

Jedná se o výpočet hodnot těchto čtyř následujících **parametrů**:

- $C$  ..... nákupní (pořizovací) cena průměrného silničního nákladního vozidla [Kč],
- $\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-],
- $A$  ..... amplituda udržovacích nákladů průměrného silničního nákladního vozidla [Kč],
- $\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-].

Pro potřeby výpočtu prvních dvou hodnot **parametrů nákladů vlastní obnovy** (z celkových čtyř ze vzorce optimálního okamžiku obnovy (1.6)) je v Tab. 4.1 uvedena zůstatková hodnota průměrného silničního nákladního vozidla (tahače) za prvních pět let jeho provozu. Nákupní (pořizovací) cena vozidla je 2 636 000 Kč bez DPH.

Jedná se konkrétně o výpočet hodnot těchto dvou následujících **parametrů**:

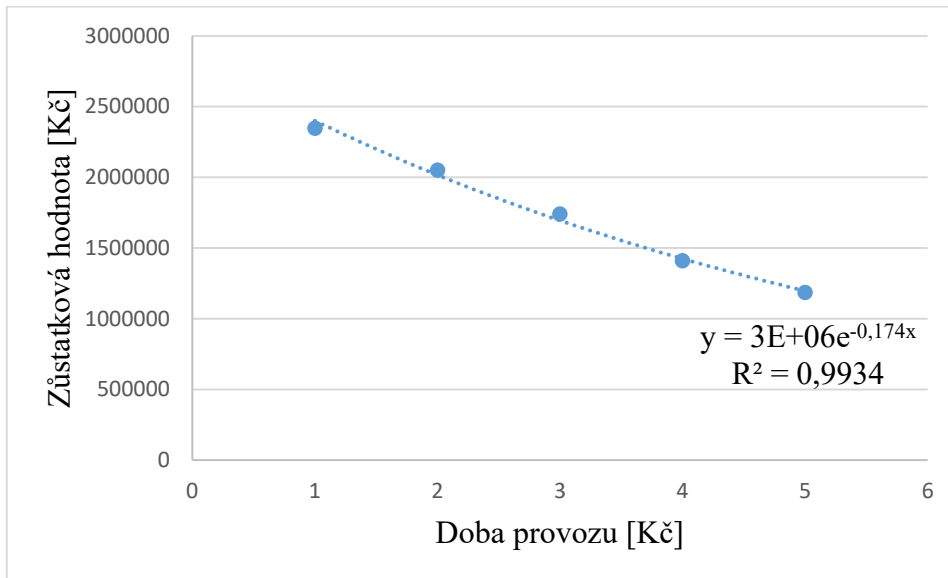
- $C$  ..... nákupní (pořizovací) cena průměrného silničního nákladního vozidla [Kč],
- $\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-].

Tab. 4.1 Zůstatková hodnota průměrného silničního nákladního vozidla

<b>Doba provozu [rok]</b>	<b>Zůstatková hodnota [Kč]</b>
1	2 347 000
2	2 049 000
3	1 739 000
4	1 410 000
5	1 186 000

Zdroj: vlastní zpracování podle [13].

Na základě hodnot nákladů vlastní obnovy vozidla (viz Tab. 4.1) jsou vypočtené hodnoty parametrů zobrazeny viz Graf 4.1



Graf. 4.1 Exponenciála nákladů vlastní obnovy průměrného silničního nákladního vozidla

Zdroj: vlastní zpracování.

Hodnoty vypočtených parametrů jsou:

- $C = 2\,636\,000$  ..... nákupní (pořizovací) cena průměrného silničního nákladního vozidla [Kč],
- $\alpha = 0,174$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-].

Pro potřeby výpočtu posledních dvou hodnot **parametrů kumulativních nákladů na provoz** (z celkových čtyř ze vzorce optimálního okamžiku obnovy (1.6)) jsou v Tab. 4.2 uvedeny kumulativní náklady na údržbu a opravy průměrného silničního nákladního vozidla (tahače) za prvních pět let jeho provozu.

Jedná se konkrétně o výpočet hodnot těchto dvou následujících **parametrů**:

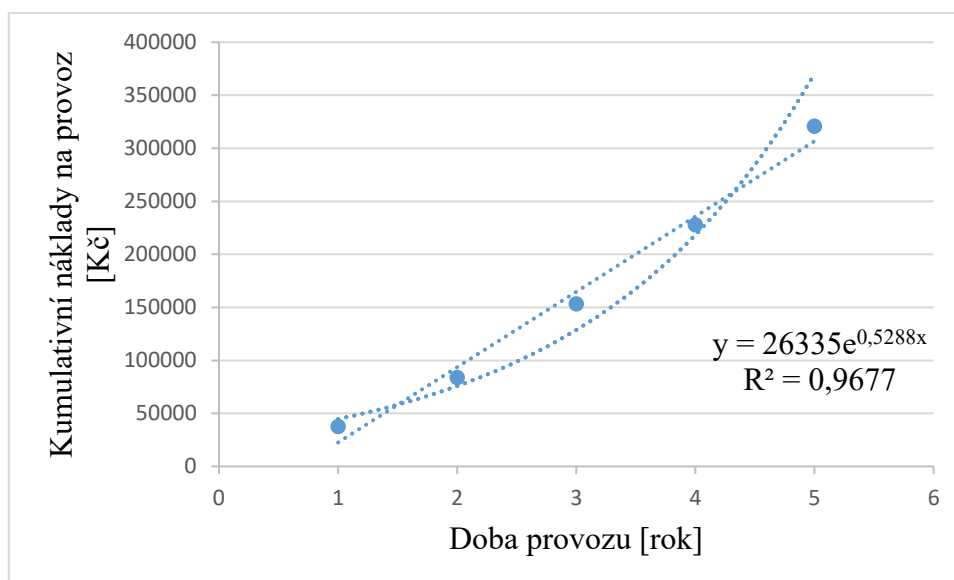
- $A$  ..... amplituda udržovacích nákladů průměrného silničního nákladního vozidla [Kč],
- $\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-].

Tab. 4.2 Kumulativní náklady na údržbu a opravy průměrného silničního nákladního vozidla

Doba provozu [rok]	Náklady na provoz [Kč]	Kumulativní náklady na provoz [Kč]
1	37 597	37 597
2	46 197	83 794
3	69 412	153 206
4	74 643	227 849
5	92 946	320 795

Zdroj: vlastní zpracování podle [13].

Na základě hodnot kumulativních nákladů na provoz (neboli na údržbu a opravy) vozidla (viz Tab. 4.2) jsou vypočtené hodnoty parametrů zobrazeny viz Graf 4.2



Graf. 4.2 Exponenciála kumulativních nákladů na údržbu a opravy průměrného silničního nákladního vozidla

Zdroj: vlastní zpracování.

Hodnoty vypočtených parametrů jsou:

- $A = 26\,335$  ..... amplituda udržovacích nákladů průměrného silničního nákladního vozidla [Kč],
- $\beta = 0,5288$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-].

Vzorec **optimálního okamžiku obnovy** neboli optimálního okamžiku vyřazení (neboli výměny, náhrady) průměrného silničního nákladního vozidla (tahače) z provozu a následného pořízení nového silničního nákladního vozidla má následující tvar (1.6):

$$t_{z\ opt} = \frac{1}{\alpha + \beta} \cdot \ln \left( \frac{\alpha \cdot C}{\beta \cdot A} \right) \text{ [roky]} \quad (1.6)$$

$$t_{z\ opt} = \frac{1}{0,174 + 0,5288} \cdot \ln \left( \frac{0,174 \cdot 2\ 636\ 000}{0,5288 \cdot 26\ 335} \right) \doteq 4,97 \doteq \mathbf{5\ let}$$

kde:  $t_{z\ opt}$  ..... optimální okamžik obnovy průměrného silničního nákladního vozidla [roky],

$\alpha$  ..... koeficient (odpisové) klesající exponenciály [-],

$\beta$  ..... koeficient rostoucí exponenciály provozních nákladů [-],

$C$  ..... nákupní (pořizovací) cena průměrného silničního nákladního vozidla [Kč],

$A$  ..... amplituda udržovacích nákladů průměrného silničního nákladního vozidla [Kč].

## 5 Zhodnocení získaných výsledků

Tato pátá kapitola diplomové práce je věnována zhodnocení získaných výsledků stanovení optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel vybraného výpočetního modelu obnovy objektu – modelu exponenciálních trendů a následnému porovnání se stávajícím okamžikem obnovy vozidlového parku silničních nákladních vozidel vybrané společnosti JONAS SPEED, s. r. o.

Nejprve je důležité znovu podotknout, že pro potřeby výpočtu optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku ve vybrané společnosti vycházím z hodnot průměrného silničního nákladního vozidla, a to konkrétně tahače. Hlavní důvody pro zvolení právě tohoto druhu silničního nákladního vozidla jsou viz podkapitola 4.2.

Podle výsledné hodnoty provedeného výpočtu modelu exponenciálních trendů jsem stanovila **optimální okamžik obnovy** vozidlového parku průměrně po prvních **5 letech** provozu ve vybrané společnosti.

Pojem optimální okamžik obnovy vozidlového parku představuje optimální okamžik vyřazení (neboli výměny, náhrady) vozidlového parku z provozu a následného pořízení nového. Jedná se o moment, kdy je minimum celkové hodnoty nákladů vozidlového parku neboli moment, kdy náklady na provoz (údržbu a opravy) začínají značně převládat nad náklady vlastní obnovy (zůstatkovou hodnotou).

Výše uvedená definice pojmu optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku naznačuje, že je tato výsledná hodnota zprůměrovaná, a tudíž i lehce zkrácená, jelikož je nutné při obnově vozidlového parku přistupovat individuálně, tedy ke každému provozovanému vozidlu vybrané společnosti zvlášť, protože se do okamžiku obnovy promítají i negativní vlivy související ze způsobu provozního využívání vozidla, včetně jeho údržby uživatelem apod.

V porovnání s optimálním okamžikem obnovy je **stávající okamžik obnovy** vozidlového parku vybrané společnosti průměrně po prvních **5 letech** provozu. Je tedy na první pohled zřejmé, že se obě porovnávané hodnoty obnovy vozidlového parku **shodují**.

Avšak je důležité znovu podotknout, že společnost JONAS SPEED, s. r. o. rozhoduje o okamžiku obnovy svého vozidlového parku silničních nákladních vozidel podle vybraných kritérií ((spolehlivost, stáří a doba provozu, fyzické a morální opotřebení

apod.) viz podkapitola 4.1), individuálně, podle druhu vozidla a také v neposlední řadě podle současné finanční situace společnosti.

## Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na obnovu vozidlového parku silničních nákladních vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o. Avšak pro každou dopravní společnost, která v rámci své podnikatelské činnosti využívá vlastní vozidlový park silničních nákladních vozidel, je velmi důležité zabývat se problematikou obnovy svého vozidlového parku.

Jedním z podnětů, jenž vedou k provedení obnovy vozidlového parku je kvůli udržení nebo obnovení vozidel v provozuschopném stavu neboli ve stavu, v jehož průběhu jsou schopny plnit požadovanou funkci do mezního stavu, a to za pomoci těchto tří činností: údržby, opravy a výměny.

Dalším z podnětů, jenž vedou k provedení obnovy vozidlového parku je kvůli zvýšení nebo udržení provozní spolehlivosti (bezpečnosti, životnosti, pohotovosti apod.), efektivnosti údržbového systému při minimálních nákladech na provoz.

Prostřednictvím výpočetního modelu obnovy – modelu exponenciálních trendů jsem stanovila optimální okamžik obnovy vozidlového parku průměrně po prvních 5 letech provozu ve vybrané společnosti.

Optimálním okamžikem obnovy vozidlového parku je optimální okamžik vyřazení (neboli výměny, náhrady) z provozu a následného pořízení nového. Jedná se tedy o moment, kdy je minimum celkové hodnoty nákladů vozidlového parku neboli moment, kdy náklady na provoz (údržbu a opravy) začínají značně převládat nad náklady vlastní obnovy (zůstatkovou hodnotou).

Následně jsem mnou stanovený optimální okamžik obnovy porovnála se stávajícím okamžikem obnovy vozidlového parku, přičemž jsem zjistila, že se obě porovnávané hodnoty shodují.

Cílem této diplomové práce bylo s využitím teorie obnovy stanovit optimální okamžik pro obnovu vozidlového parku nákladních vozidel v dané firmě, zhodnotit získané výsledky a porovnat je se stávajícím okamžikem obnovy.

## Seznam zdrojů

- [1] ČAPKA, A. *Dopravní systémy*. Přerov: Vysoká škola logistiky, o.p.s., 2022. ISBN 978-80-87179-60-4.
- [2] HOLUB, R. a Z. VINTR. *Spolehlivost letadlové techniky*. Brno: Vysoké učení technické, 2001.
- [3] DANĚK, A. a J. ŠIROKÝ. *Teorie obnovy dopravních prostředků*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1999. ISBN 80-7078-568-3.
- [4] DANĚK, A., J. ŠIROKÝ a J. FAMFULÍK. *Výpočetní metody obnovy dopravních prostředků*. Ostrava: Repronis, 1999. ISBN 80-861-2241-7.
- [5] HRABLIK CHOVANOVÁ, H. a kol. *Operační analýza: Část II*. Trnava: STU Bratislava, 2012. ISBN 978-80-8096-165-7.
- [6] PEŠKOVÁ, I. *Jakost, spolehlivost a teorie obnovy* [online]. DocPlayer, ©2023 [cit. 2023-01-21]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/15868945-Jakost-spolehlivost-a-teorie-obnovy.html>.
- [7] ŽIŽKA, M. *8 Teorie obnovy* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, ©2013 [cit. 2023-01-10]. Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/mod/resource/view.php?id=269251>.
- [8] DANĚK, A. *Cvičení z teorie obnovy dopravních prostředků*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2013. ISBN 80-248-0249-X.
- [9] JABLONSKÝ, J. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.
- [10] FÁBRY, J. *Operační výzkum pro prezenční a kombinovanou formu studia*. Mladá Boleslav: ŠKODA AUTO Vysoká škola o.p.s., 2019. ISBN 978-80-87042-84-7.
- [11] MINISTERSTVO SPRAVEDLNOSTI ČR. *Veřejný rejstřík a Sběrka listin – Ministerstvo spravedlnosti České republiky* [online]. Praha: Ministerstvo spravedlnosti ČR, 2023 [cit. 2023-02-07]. Dostupné z: [https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-\\$firma?jenPlatne=PLATNE&nazev=jonas+speed&polozek=50&typHledani=STARTS\\_WITH](https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-$firma?jenPlatne=PLATNE&nazev=jonas+speed&polozek=50&typHledani=STARTS_WITH).
- [12] JONAS SPEED, s. r. o. *Mezinárodní doprava se specializací na Švýcarsko* [online]. 2023 [cit. 2023-02-05]. Dostupné z: <https://www.ad-jonas.cz/>.
- [13] Rozhovor s jednatelem společnosti Jonas speed, s. r. o. Uničov: leden 2023.
- [14] MINISTERSTVO DOPRAVY ČR. *Dohoda ADR 2021* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy ČR, © 2021 [cit. 2023-03-09]. Dostupné z: [https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-\(1\)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021](https://www.mdcz.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/Nakladni-doprava-a-mezinarodni-osobni-doprava/Nakladni-doprava-(1)/Preprava-nebezpecnych-veci-dohoda-adr/Dohoda-ADR-2021).



- [15] TUREK, M. *Logistika silniční dopravy*. Přerov: Vysoká škola logistiky, o.p.s., 2021.
- [16] JONAS SPEED, s. r. o. *Interní dokumenty - velké technické průkazy*. Uničov: Jonas speed s. r. o., 2023.
- [17] Regrese v Excelu. *Regresní techniky v Excelu* [online]. [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~jmakov/ExcelStranky/Regrese.html>.

# Seznam grafických objektů

## Seznam obrázků

Obr. 1.1 Základní rozdělení jakostních a spolehlivostních vlastností objektu .....	13
Obr. 1.2 Deterministický mezní stav .....	20
Obr. 1.3 Statistický mezní stav .....	20
Obr. 1.4 Vývoj názorů na úlohu údržby .....	22
Obr. 1.5 Údržbový systém po poruše .....	24
Obr. 1.6 Údržbový systém v pevném cyklu bez ohledu na věk prvku .....	24
Obr. 1.7 Údržbový systém v pevném cyklu s ohledem na věk prvku .....	25
Obr. 1.8 Údržbový systém po prohlídce se zabezpečením požadované spolehlivosti $R_p(t)$ .....	25
Obr. 1.9 Údržbový systém po prohlídce s preventivně stanovenými intervaly údržby ..	26
Obr. 1.10 Údržbový systém s průběžnými prohlídkami (kontrolami).....	26
Obr. 1.11 Filozofie hodnocení kritičnosti poruch.....	31
Obr. 2.1 Proces obnovy.....	38
Obr. 2.2 Ilustrace dělby nákladů v životním cyklu objektu.....	47
Obr. 2.3 Průběh účelové (kriteriální) funkce obnovy objektu. ....	53
Obr. 3.1 Logo společnosti JONAS SPEED, s. r. o. ....	57

## Seznam tabulek

Tab. 1.1 Vybrané ukazatele spolehlivosti obnovovaných objektů .....	17
Tab. 1.2 Vybrané ukazatele spolehlivosti neobnovovaných objektů.....	18
Tab. 1.3 Schéma dob údržby .....	27
Tab. 1.4 Příklad obecné klasifikace způsobů poruch.....	32
Tab. 1.5 Příklad podrobné klasifikace způsobů poruch.....	32

Tab. 2.1 Schéma klasifikace stavů objektu.....	39
Tab. 2.2 Přehled hlavních zkušebních plánů .....	42
Tab. 3.1 Vývoj počtu silničních nákladních vozidel vozidlového parku.....	58
Tab. 3.2 Parametry vozidel MAN.....	59
Tab. 3.3 Parametry vozidel RENAULT .....	60
Tab. 3.4 Parametry vozidel MERCEDES-BENZ.....	60
Tab. 3.5 Parametry vozidel DAF .....	61
Tab. 3.6 Stáří a doba provozu vozidel silničních nákladních vozidel vozidlového parku .....	62
Tab. 4.1 Zůstatková hodnota průměrného silničního nákladního vozidla.....	65
Tab. 4.2 Kumulativní náklady na údržbu a opravy průměrného silničního nákladního vozidla.....	67

## **Seznam grafů**

Graf 2.1 Exponenciála nákladů vlastní obnovy objektu.....	51
Graf 2.2 Exponenciála kumulativních nákladů na provoz objektu.....	52
Graf 4.1 Exponenciála nákladů vlastní obnovy průměrného silničního nákladního vozidla .....	66
Graf 4.2 Exponenciála kumulativních nákladů na údržbu a opravy průměrného silničního nákladního vozidla.....	67

## **Seznam zkratk**

s. r. o. společnost s ručením omezeným

EU Evropská Unie

<b>Autorka DP</b>	<b>Jana Jonášová</b>
<b>Název DP</b>	<b>Obnova vozidlového parku</b>
<b>Studijní program</b>	<b>Logistika</b>
<b>Rok obhajoby DP</b>	<b>2023</b>
<b>Počet stran</b>	<i>63</i>
<b>Počet příloh</b>	0
<b>Vedoucí DP</b>	<b>Ing. Alexander Čapka, Ph.D.</b>
<b>Anotace</b>	Diplomová práce je zaměřena na obnovu vozidlového parku silničních nákladních vozidel společnosti JONAS SPEED, s. r. o. Významnou součástí diplomové práce je analýza stávajícího okamžiku obnovy vozidlového parku a následné stanovení optimálního okamžiku obnovy vozidlového parku vybrané společnosti, a to prostřednictvím vybraného výpočetního modelu obnovy – modelu exponenciálních trendů.
<b>Klíčová slova</b>	spolehlivost, údržba, teorie obnovy
<b>Místo uložení</b>	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
<b>Signatura</b>	