

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Provozně ekonomická fakulta

Katedra řízení



**Disertační práce**

**Využití matematických metod a simulačních  
modelů pro řešení krizových situací v lesním  
hospodářství**

Autor: Ing. Tomáš Hillermann

Školitel: doc. Ing. Jaromír Štůsek, CSc.

**2018**

---

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu disertační práce doc. Ing. Jaromíru Štůskovi, CSc. za cenné rady a připomínky.

---

# Využití matematických metod a simulačních modelů pro řešení krizových situací v lesním hospodářství

## Abstrakt

**Účel:** Základním cílem výzkumu je navržení a ověření nových metod a postupů pro řešení krizových situací v lesním hospodářství a vytvoření pomocných prostředků pro rozhodování majitelů a správců lesních majetků. Důvodem výzkumu je zvyšování se počtu vznikajících krizových situací a růst vzniklých škod na lesním prostředí.

**Základním cílem disertační práce** je analýza dosavadního systému řešení krizových situací v prostředí lesního hospodářství, navržení a ověření možnosti použití matematických metod a simulačních modelů pro hledání nových postupů řešení v dané problematice. Z důvodu rozsáhlosti lesního hospodářství v České republice, byl výzkum uskutečněn na území Lesní správy Dvůr Králové, která je organizační jednotkou Lesů České republiky, s.p.

**Výzkumný design/metody/přístup:** V rámci předvýzkumu bylo provedeno vymezení teoretických východisek problematiky, stanovení významnosti řešené problematiky pro lesní hospodářství, analýza a následně syntéza existujících literárních zdrojů, definování problematiky k výzkumu – cíl práce. Následně byla provedena analýza dat, která obsahovala zpracování dat centrální databáze LČR, s.p. z let 2008–2017, statistická analýza dat výrobních činností Lesní správy Dvůr Králové z let 2008–2017, provedení analýzy rizik – volba krizových situací k řešení, volba metod zkoumání vybraných krizových situací. Samotná řešená problematika probíhala ve dvou fázích – řešení krizových situací zvolenými metodami a ověření výsledků řešení na praktických příkladech krizových situací. Pro řešení problematiky byly zvoleny následující metody výzkumu – analýza rizik vyskytujících se krizových situací, tvorba simulačního modelu prediagnostiky vývoje kůrovce, určení pořadí zpracování polomového dříví pomocí metody MCDA, metodou PERT byla zjišťována její použitelnost pro plánování technologických postupů likvidace krizových situací.

**Výsledky:** Na základě výsledků výzkumu byla ukázána reálná možnost použití matematických metod a simulačních modelů pro podporu rozhodování řídicích pracovníků

---

v lesním hospodářství při řešení krizových situací. Byla ověřena možnost použití metody MCDA pro určení pořadí řešení zpracování polomového dříví v konkrétním případě. Pomocí simulačního modelu byl navržen nový postup prediagnostiky výskytu kůrovce a volby způsobu obrany proti přemnožení. Na příkladu řešení lesního požáru byla ověřena možnost použití metody PERT pro plánování technologických postupů likvidace krizové situace.

**Originalita/hodnota:** V lesním hospodářství v současné době dochází k narůstání počtu vznikajících krizových situací v souvislosti s klimatickými změnami prostředí a ovlivňováním životního prostředí společností. Nejproblémovějším příkladem je kůrovcová kalamita v České republice a její zhoršující se meziroční trend. Současné postupy a metody řešení krizových situací v lesním hospodářství se stávají méně účinnými. Na základě výše uvedených skutečností je v současné době nutno hledat nové metody a postupy řešení krizových situací, aby se zamezilo vzniku zásadních ekonomických a enviromentálních škod na lesním prostředí. Disertační práce je základem pro další výzkum v oblasti řešení krizových situací v lesním hospodářství.

#### **Klíčová slova**

Lesní hospodářství, krizová situace, simulační model, matematické metody, životní prostředí.

---

# Using mathematical methods and simulation models for dealing with crisis situations in forestry

## Abstract

**Purpose:** The main objective of the research is to propose and validate new methods and procedures for solving crisis situations in forestry and to create aids for decision making of forest owners and managers. The reason for the research is to increase the number of emerging crisis situations and to increase the damage caused to the forest environment. The main goal of the dissertation is to analyze the existing system of crisis management in the forestry environment, to design and verify the possibility of using mathematical methods and simulation models for finding new solutions in this field. Due to the extent of forest management in the Czech Republic, the research was carried out on the territory of Forestry Authority Dvůr Králové, which is an organizational unit of the State Forests of the Czech Republic.

**Research design / methods / approach:** In the framework of the pre-research the definition of the theoretical basis of the problems, determination of the significance of solved problems for forestry, analysis and subsequent synthesis of the existing literary sources, defining the issue to the research - aim of the work. Subsequently a data analysis was carried out, which included data processing of the central database of LČR, s.p. from 2008 to 2017, statistical analysis of production data of Forestry Authority Dvůr Králové 2008-2017, analysis of risks - choice of crisis situations to solve, selection of methods of investigation of selected crisis situations. The problem solved itself in two phases - the solution of the crisis situations by the chosen methods and the verification of the results of the solution on practical examples of crisis situations. To solve the problem, the following methods of research were selected: risk analysis of crisis situations, creation of a simulation model of bovine progeny diagnosis, determination of the order of processing of wood using MCDA method, PERT method was used for planning of technological procedures for crisis management.

**Results:** Based on the results of the research, the real possibility of using mathematical methods and simulation models to support decision-making of management in forestry in dealing with crisis situations was demonstrated. The possibility of using the MCDA method to determine the order of a woodworking solution in a case has been verified. Using

---

a simulation model, a new procedure for the diagnosis of bark beetle and the method of defenses against overgrowth was proposed. On the example of a forest fire solution, the possibility of using the PERT method for the planning of technological procedures for liquidation of the crisis was verified.

**Originality / value:** In forestry, the number of emerging crisis situations is currently increasing in the context of climate change and the environmental impact of companies. The most problematic example is bark beetle calamity in the Czech Republic and its worsening year-on-year trend. Current procedures and methods of dealing with crisis situations in forestry are becoming less effective. Based on the above, it is currently necessary to look for new methods and procedures for dealing with crisis situations to avoid the occurrence of major economic and environmental damage to the forest environment. The dissertation is the basis for further research in the field of crisis management in forestry.

**Keywords**

Forest management, crisis, simulation model, mathematical methods, environment.

---

## Obsah

Seznam obrázků.....	9
Seznam tabulek .....	10
1 Úvod.....	11
2 Literární východiska .....	13
2.1 Les jako živý organismus.....	13
2.2 Krizové jevy v lesním hospodářství.....	18
2.3 Management.....	23
2.4 Krize a krizový management .....	24
2.4.1 Fáze krize.....	34
2.4.2 Krizové plánování .....	46
2.4.3 Krizová komunikace.....	55
2.5 Metody rozhodování .....	58
2.6 Využití metod simulačních modelů v lesním hospodářství .....	63
2.7 Využití metod multikriteriálního rozhodování (MCDA) v lesním hospodářství.....	66
2.8 Shrnutí problematiky.....	67
3 Cíle disertační práce.....	70
4 Metodika a metody řešení práce .....	72
4.1. Metodika řešení práce .....	72
4.2 Metody řešení práce .....	74
4.2.1 Zpracování a analýza dat výrobních činností .....	74
4.2.2 Analýza rizik .....	76
4.2.3 Volba metod zkoumání vybraných krizových situací .....	78
5 Výsledky výzkumu .....	93
5.1 Statistická analýza dat výrobních činností LS Dvůr Králové .....	93
5.2 Výpočet analýzy rizik .....	98
5.3 Jednoduchá korelace a regrese .....	101
5.4 Model multikriteriální analýzy variant.....	105
5.5 Tvorba simulačního modelu prediagnostiky vývoje kůrovce .....	110
5.6 Určení pomocí metody PERT očekávaný termín realizace úkolu .....	121
6. Shrnutí, doporučení a přínosy práce .....	125
6.1 Teoretický a praktický přínos práce.....	125

---

6.2 Shrnutí výsledků předvýzkumu disertační práce .....	126
6.3 Shrnutí výzkumu disertační práce vzhledem ke stanoveným cílům .....	129
6.4 Závěr .....	133
6.5 Možnosti dalšího výzkumu .....	133
7 Seznam literárních zdrojů .....	135
8 Seznam zkratek .....	142



---

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Fungování lesní výroby.....	17
Obrázek 2 - Kontinuální proces krizového managementu.....	29
Obrázek 3 - Pět základních funkcí krizového managementu .....	30
Obrázek 4 - Interakce základních funkcí krizového managementu.....	31
Obrázek 5 - Obecné schéma krizového řízení v užším smyslu .....	33
Obrázek 6 - Změna rozhodujícího či globálního parametru P v závislosti na čase .....	34
Obrázek 7 - Fáze vývoje dobře řízené krize .....	36
Obrázek 8 - Fáze špatně řízené krize .....	36
Obrázek 9 - Typologie krizí.....	40
Obrázek 10 - Krizové okolí organizace .....	42
Obrázek 11 - Zdroje přírodních hrozeb .....	43
Obrázek 12 - Extrémy počasí.....	43
Obrázek 13 - Komponenty strategie řízení rizik.....	45
Obrázek 14 - Základní prvky plánování .....	46
Obrázek 15 - Zjednodušený proces tvorby krizového scénáře a krizového plánu .....	51
Obrázek 16 - Struktura krizových plánů.....	53
Obrázek 17 - Dílčí cíle disertační práce.....	71
Obrázek 18 - Metodika disertační práce .....	74
Obrázek 19 - Typické průběhy funkce hustoty pravděpodobnosti .....	88
Obrázek 20 - Přehled těžeb dříví dle roků a důvodu vytěžení dříví .....	97
Obrázek 21 - Přehled těžeb dle roků a důvodů vytěžení .....	97
Obrázek 22 - Přehled výše finanční ztráty dle druhu krizové situace .....	98
Obrázek 23 - Cyklický simulační princip.....	113
Obrázek 24 - Vytvořený síťový graf na základě vstupních hodnot.....	123
Obrázek 25 - Současný stav řešení krizové situace v lesním hospodářství.....	127
Obrázek 26 - Navrhovaný stav řešení krizové situace v lesním hospodářství.....	127

---

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Dopady rizika .....	76
Tabulka 2 - Pravděpodobnost výskytu rizika .....	77
Tabulka 3 - Rozhodovací matice .....	77
Tabulka 4 - Kvantifikace veličin analyzovaných dat.....	94
Tabulka 5 - Pomocné výpočty .....	94
Tabulka 6 - Kvantifikace vzniklých škod .....	95
Tabulka 7 - Výpočet statistických valičin.....	96
Tabulka 8 - Riziko pravděpodobnosti.....	100
Tabulka 9 - Dopady rizika .....	100
Tabulka 10 - Výběr rizik a sekcí k řešení .....	100
Tabulka 11 - Objemy polomového dříví.....	101
Tabulka 12 - Objemy kůrovcového dříví.....	102
Tabulka 13 - Vstupní údaje o vzniklé kalamitě polomového dříví.....	106
Tabulka 14 - Kriteriaální matice úlohy.....	107
Tabulka 15 - Stanovení vah z kardinální informace Sattyho metoda.....	108
Tabulka 16 - Základní kriteriaální matice .....	108
Tabulka 17 - Standartizovaná kriteriaální matice .....	109
Tabulka 18 - Výpočet užítku jednotlivých variant .....	109
Tabulka 19- Porovnání pořadí řešení dle výpočtu MCDA a intuitivního rozhodování...	110
Tabulka 20- Přehled vytěžených objemů dříví dle druhu za sledované období .....	111
Tabulka 21- Přehled rozdílů průměrných teplot od normativu let 1981–2010.....	112
Tabulka 22- Přehled rozdílů průměrných srážek od normativu let 1981–2010 .....	112
Tabulka 23- Výsledky sledování mortality vývojových stádií kůrovce .....	112
Tabulka 24 - Průměrné počty matečných chodeb na snubní komůrku.....	113
Tabulka 25 - Výsledky výpočtu simulačního modelu pro T0 = 2017 .....	119
Tabulka 26 - Výsledky výpočtu simulačního modelu pro T0 = 2016 .....	120
Tabulka 27 - Vstupní hodnoty metody PERT .....	122
Tabulka 28 - Výše ztrát za období let 2008–2017 na Lesní správě Dvůr Králové.....	128

---

## 1 Úvod

Česká republika patří k zemím s vysokou lesnatostí v rámci Evropy. Lesní pozemky pokrývají v současné době na základě informace Zprávy o stavu lesů v ČR za rok 2016 (MZe, 2017) výměru 2 655 490 ha, což představuje 33,7 % z celkového území státu.

Lesní hospodářství a navazující sektory zpracovávající dřevo, jsou významnou součástí národního hospodářství, neboť jejich podíl na HDP státu se pohybuje mezi 5–7 % (lesní hospodářství cca 0,7 % HDP, navazující sektory 5–6 % HDP, jedná se o kvalifikované odhady, jelikož není statisticky odděleně vykazováno). Lesnická strategie Evropské unie deklaruje, že evropské lesní hospodářství pro zajištění funkcí, jimiž les přispívá k trvale udržitelnému rozvoji společnosti, musí stát na třech rovnocenných pilířích, ekologickém, ekonomickém a sociálním.

V období let 2008-2017 došlo k postupnému nárůstu počtu krizových situací v rámci lesního hospodářství v České republice. Za období let 2015–2018 převážila těžba dříví z důvodu vzniklých krizových situací nad plánovanou úmyslnou těžbou. V současné době (květen 2018) stojí lesnický obor před řešením vzniklé rozsáhlé kůrovcové kalamity. Bez ohledu na vlastnictví došlo v roce 2017 v České republice k těžbě dříví z důvodu napadení a zničení kůrovcem ve výši 5 630 tis. m<sup>3</sup>. Jedná se o historicky nejvyšší objem vytěženého kůrovcového dříví během jednoho roku.

Veškeré lesy v České republice jsou dle Zákona o lesích č.289/1995 Sb. rozděleny do tří kategorií. Jedná se o les hospodářský, les zvláštního určení, les ochranný. Odlišují se vahou důležitosti produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa. Hospodářský les je typický dlouholetým vývojem v rozmezí 100-200 let. Jednotlivé zásahy lesního hospodáře do vývoje lesa mohou příznivě, nebo nepříznivě ovlivňovat nejen jeho strukturu a stav, ale i ekonomické efekty. Plánovaný vývoj lesních porostů je nepříznivě ovlivňován celou řadou krizových situací nejrůznějšího typu, které vyvolávají nezbytnost operativních zásahů řídicího managementu.

Struktura krizových situací je rozsáhlá, od živelných pohrom z důvodu přírodně klimatických faktorů, přes invaze škůdců, až po krize vzniklé zásahem člověka (např. lesní požáry). Lesy patří mezi nejpřirozenější ekosystémy, které se v České republice vyskytují. Funkce lesů pro společnost jsou rozsáhlé a nezastupitelné. Na základě pozorování životního

---

prostředí, je zřejmé, že v rámci destabilizace přírodně-klimatického systému dochází k významným poruchám funkcí, jejichž výsledkem jsou různé druhy krizových situací, které se v lesnické terminologii nazývají kalamity.

Řešení krizových situací v stávajícím systému managementu lesního hospodářství je obvykle řešeno na tzv. pragmatické bázi, kdy se průběžně zpřesňují údaje o jednotlivých vzniklých typech krizových situací a následně řešení je založeno na okamžité intuitivní improvizaci nasazení lidských a technických zdrojů pro likvidaci následků. Volba řešení vzniklé krizové situace je vždy závislá na rozhodnutí konkrétního řídicího pracovníka, který se rozhoduje na základě místních znalostí a dosavadních získaných zkušeností při řešení obdobných krizových situací v minulosti. Optimálnost řešení se zjistí až po dokončení likvidace následků krizové situace a celkovém rozboru výsledku řešení. Jelikož se jedná o rozhodnutí intuitivní, je výsledek řešení předem nejistý. Do procesu finálního rozhodnutí nad řešením krizové situace vstupuje mnoho dalších ovlivňujících faktorů, kde výsledek uvedené improvizace vyvolává obvykle výrazné navýšení nákladů, čímž dochází ke snížení míry rentability lesního majetku. Jednou z možných příčin nárůstu počtu případů a objemů škod vzniklých ze současných vyskytujících se krizových situací je nefunkčnost doposud používaných konzervativních metod řešení.

Disertační práce se zabývá výzkumem existujících krizových situací v lesním hospodářství. Proběhlé krizové situace jsou analyzovány a porovnávány s popsány existujícími krizovými situacemi v dostupných literárních zdrojích. Následná syntéza dat má za úkol pomocí matematických metod a simulačních modelů najít optimální postup pro zvládnutí jednotlivých krizových situací. Výsledky výzkumu jsou základem pro vytvoření rozhodovacího modelu, který bude sloužit jako podpora pro řídicí pracovníky při volbě optimálního řešení krizových situací v prostředí lesního hospodářství.

---

## 2 Literární východiska

Literární východiska uvádí souhrnné zpracování základních disponibilních informačních zdrojů, které jsou citovány v použité literatuře a jsou předmětně orientované na vlastní podstatu zkoumané problematiky. Zdroje jsou rozděleny do dvou základních podoblastí. První podoblast je zaměřena na les jako součást systému přírodního prostředí a druhá podoblast na krize, management a problematiku rozhodování. Základním cílem studia literárních zdrojů je zjistit přesnou determinaci přírodních vlivů na fungování lesního hospodářství a zjištění způsobů řešení vzniklých krizových situací v obecné a následně ve specifické lesnické činnosti. V současné době v lesním hospodářství neexistuje jednotný návod na řešení vzniklých krizových situací a postupuje se dle teoretických a praktických zkušeností jednotlivých správců, nebo vlastníků lesního majetku. V jednotlivých případech vzniklých krizových situací je mnoho způsobů řešení. Volba optimálního řešení krizové situace minimalizuje škody na lesním prostředí, zásadním způsobem snižuje finanční náklady na likvidaci a předchází vzniku druhotných škod.

### 2.1 Les jako živý organismus

Lesní porosty pokrývají 33,7 % území našeho státu. Patří mezi nejpřirozenější ekosystémy, které u nás máme. Funkce lesů pro společnost jsou rozsáhlé a nezastupitelné. Obecným zájmem je, aby plnění těchto funkcí bylo trvalé a rovnoměrné. Je to úkolem především lesního hospodářství, které za více než 200 let své racionální fáze fungování vypracovalo soustavu zásad a postupů k obhospodařování lesů (Křístek, 2002). Les a lesní půda jsou přírodním bohatstvím České republiky, zdrojem dřeva jako obnovitelné suroviny a nenahraditelnou složkou životního prostředí. Lesy mají nezastupitelný význam pro ochranu půdy, vody, ovzduší a klimatu. Dále pro rozvoj venkova, pro krajinu a životní prostředí lidí, živočichů a rostlin. Lesy dle znění Zákona o lesích 289/1995 Sb. musí být spravovány a obhospodařovány tak, aby mohly rovnoměrně a trvale plnit všechny tyto své ochranné, hospodářské a sociální úlohy.

Ve své práci autoři Vicena a Konopka (1979) konstatují, že s prohlubováním znalostí o významu lesů pro lidskou společnost vzrůstá i přesvědčení, že vše, co les poškozuje působí proti zájmům lidí. Krča (1928) při zkoumání vlivu existence lesů konstatuje, že pro společnost nemůže stačit hospodářský výklad o výrobě dříví, ale jsou důležité i ostatní

---

funkce lesa. Existenci lesů musíme brát v našich krajích jako činitele nutného ke zdárnému vývoji a průběhu zprvu jeho vlastních a dále pak i našich životních podmínek. Věda nám nemůže odpovědět na otázky po smyslu života, životních dějů, ona nám může konstatovat v určitých mezích následnost pochodů.

Z hlediska legislativy platné v České republice je les chápán jako lesní porosty s jejich prostředím a pozemky určené k plnění funkcí lesa. Funkcemi lesa se rozumí přínosy podmíněné existencí lesa, která se člení na produkční a mimoprodukční. Ochranou lesa jsou činnosti směřující k omezení vlivu škodlivých činitelů, ochranná opatření proti škodlivým činitelům a zmírňování následků jejich působení. Škodlivými činiteli jsou škodlivé organizmy, nepříznivé povětrnostní vlivy, imise a fyzikální, nebo chemické faktory, způsobující poškození lesa (Flora, 2005).

Základem moderního pojetí lesního hospodaření je zachování principu trvalosti. Trvale udržitelné hospodaření v lesích, deklarované v §1 Zákona o lesích č.289/1995 Sb., chápeme jako multifunkční pojetí hospodaření, při němž je les trvale schopen plnit veškeré mimoprodukční a produkční funkce včetně produkce kvalitní dřevní hmoty. Součinnost mezi lesnictvím a společností by měla být založena na partnerství, posilování vědomí společnosti o koncepci trvale udržitelného lesního hospodářství a důležitosti úlohy lesů pro trvale udržitelný rozvoj. Proto je v lesnictví zapotřebí spolupráce, uvědomování, styku s veřejností a průhlednosti. Na celostátní úrovni by měl být zachován a zlepšen zdravý regulační, institucionální a ekonomický rámec, který by motivoval všechny vlastníky lesů k trvale udržitelnému způsobu hospodaření v lesích a k dlouhodobým investicím do lesnictví (Pondělíčková a Vančura, 1998).

Zajištění dostatečné produkce kvalitního dřeva v lesích je současně chápáno jako základní strategie pro omezení stále pokračující devastace tropických pralesů a jako náhrada za materiály, jejichž výroba často zatěžuje životní prostředí. Dřevo by se mohlo stát jednou z nejvýznamnějších surovin budoucnosti. Jde o to, aby značný potenciál této obnovitelné suroviny byl obhospodařován takovým způsobem, aby les kromě produkce dříví plnil současně i ostatní stejně důležité funkce. Základní strategií trvale udržitelného hospodaření dle Svobody (2015) je správa a využívání lesů takovým způsobem a v takovém rozsahu, které zachovávají její biodiverzitu, produkční schopnost, regenerační kapacitu a vitalitu. Dále je důležitá schopnost plnit v současnosti i budoucnosti odpovídající ekologické,

---

ekonomické a sociální funkce na místní, národní a globální úrovni. Mají-li být veškeré funkce lesa zachovány trvale, tzn. být nepřetržitě plněny, je nutno hledat takové způsoby hospodaření, které tuto nepřetržitost všech funkcí lesa umožňují (Szorád, 2014).

Základní úlohou hospodaření v lesích je natrvalo zachovat, případně vytvořit stabilní a zdravé lesní ekosystémy, které v naší krajině optimálně plní všechny ekonomické, ekologické a sociální funkce společností požadované (Poleno, 1997). Ve své práci o ekonomice lesního hospodářství Kupčák (2006) uvádí informaci o Lesnické strategii Evropské unie, která deklaruje, že evropské lesní hospodářství pro zajištění funkcí lesa, jimiž les přispívá k trvale udržitelnému rozvoji společnosti, musí stát na třech rovnocenných pilířích – ekonomickém, ekologickém a sociálně-kulturním. Ekonomická životaschopnost lesa je klíčovým pilířem trvale obhospodařovaného lesa a má rozhodující význam pro udržení lesů a jejich mnohostranný užitek pro společnost. Pod pojmem trvalosti (trvalé udržitelnosti) obecně rozumíme snahu o zachování stavu působení určitého systému na sledované úrovni při dlouhodobém udržení, nebo zlepšení systémových zdrojů. Tato definice naznačuje, že trvalost je potřeba chápat v souvislosti s lidským jednáním (činností), že je možno ji aplikovat na nejrůznější systémy a má určitou etickou náplň (Poleno, 1997).

S rozvojem lesního hospodářství musí nutně postupovat i návaznost veškerých hospodářsko-technických opatření na základech biologického poznání (Vyskot, 1971). Ochrana přírody i její legislativní zajištění má na území České republiky dlouhou tradici a v této oblasti se legislativa obvykle přiklání k modernímu pojetí chápání (Miko, 2005). Pro trvale udržitelné hospodaření je důležité přihlížet také ke vztahu mezi vstupy a výstupy v rámci polyfunkčního lesního hospodářství ze společenského hlediska. Základem hodnocení je rovnováha mezi tržními, netržními a zprostředkovaně tržními funkcemi lesa (Šišák, 2008). Ze všech složek krajiny má les nejlepší předpoklady pro naplnění požadavků společnosti na kvalitní životní prostředí. V řadě evropských zemí spěje dnes už vývoj jednoznačně k integrálnímu chápání a obhospodařování krajiny jako multifunkčního zeleného prostoru (Moucha, 1999).

Lesní hospodářství je systémovým (organizovaným) uspořádáním základních výrobních faktorů (z nichž dominující složkou je les), výrobních procesů a obchodních činností. Je odvětvím materiální (tržní) i nemateriální (netržní) produkce v rámci národního hospodářství a součástí lesnického sektoru (Kupčák, 2006). Jedná se o obor lidské činnosti,

---

který se zabývá udržením a zvelebením lesů a plným využitím jejich užitků ve prospěch vlastníků a společnosti. Při tomto hospodaření les zároveň poskytuje významné kladné externality (Nožička, 1957). Zvláštnosti lesního hospodářství ve své podstatě definuje Bartůněk (1994) následovně:

- specifické stanovištní nároky dřevin,
- forma účasti lesa na výrobním procesu,
- výrobní doba a pracovní doba,
- časová rozdílnost výstupů v průběhu doby života lesa,
- prostorová rozptýlenost,
- cyklus lesní výroby,
- sezónnost a vliv klimatických jevů,
- polyfunkčnost lesního hospodářství.

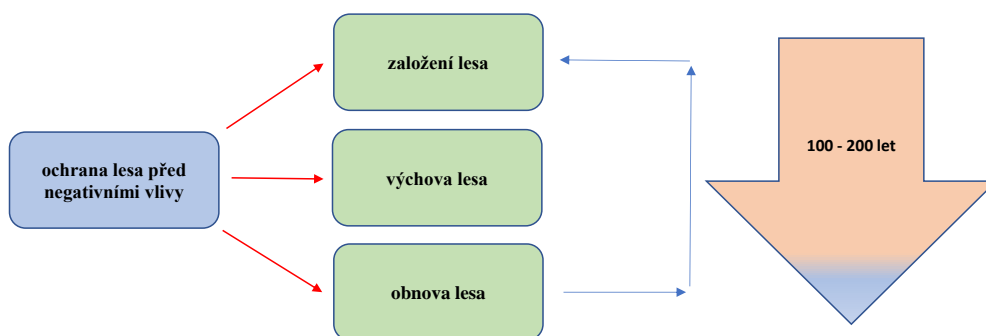
Lesní hospodářství během své racionální fáze vytvořilo soustavu metod a pracovních postupů k zakládání, pěstování a zužitkování lesa na principu jeho nepřetržitosti a vyrovnanosti produkce. Matyáš (1960) definoval lesní hospodářství jako souborné označení rozsáhlé lesnické činnosti charakteru hospodářského, technického i ekonomického, která je dokonale prostoupena organizací a důrazně je uplatňována. Lesnická věda shromáždila za dobu svého rozvoje nesmírné množství poznatků o lese a zná dokonale problémy současného lesního hospodářství, a to koncepční, metodické, provozní a jiné. Propracovává lesní hospodářství na bázi teorie systémů a systémové ekologie v tzv. management lesních ekosystémů, který by zajistil bezporuchové fungování lesních ekosystémů při všestranném a rovnoměrném poskytování funkcí, které společnost od nich vyžaduje (Kříšek, 2002). Zvláštnosti lesní výroby definoval Štícha (2015) následovně:

- mimořádně dlouhá výrobní doba,
- relativně krátká pracovní doba,
- vazba na geografické prostředí,



- časová rozdílnost v dokončování výroby,
- rozdílná forma účasti ve výrobním procesu,
- velká prostorová rozptýlenost,
- sezónnost,
- polyfunkčnost.

K základním fázím procesu lesní výroby s vynakládáním práce patří založení lesa, výchova lesa, obnova lesa, ochrana lesa před negativními vlivy, jak je schematicky zobrazeno na obrázku 1.



**Obrázek 1 - Fungování lesní výroby**

Zdroj: Kupčák (2006)

Výrobní podmínky v lesním hospodářství rozdělil Kupčák (2006) podle skupin faktorů:

- přírodní podmínky – vyjadřují obecně produkční a polohovou charakteristiku lesních porostů,
- výrobní podmínky pracovišť – jedná se o konkrétní přírodní podmínky oblasti a z části i úroveň technologické přípravy,
- faktory řízení – zahrnují širokou škálu vlivů na dosahované výsledky hospodářské činnosti, vyvolaných lidskou činností.

---

Na změnu funkcí lesa v souvislosti s vývojem společnosti ukazuje Roček (2015), kde hlavní předmět produkční funkce lesa výroba dříví se upozaďuje a do popředí se stále výrazněji dostávají mimoprodukční funkce lesa, jako nová společenská potřeba.

Na základě výzkumů výše uvedených autorů je vidět příklon definice lesního prostředí k multifunkčnímu využití. Původní preferovaná funkce lesa jako zdroje dřevní suroviny se dnes společně s vývojem společnosti přesouvá na vymezení důležitosti ostatních mimoprodukčních funkcí lesa. Lesní prostředí pro společnost dnes plní nenahraditelnou funkci zejména rekreační a každé mimořádné narušení vznikem krizové situace ovlivňuje v závislosti na fyzických a duševních potřebách jedince i společnost. Pokud chceme mít lesní prostředí maximálně využitelné pro všechny existující funkce lesů, je nutno lesní hospodářství a konkrétní zásahy do lesního prostředí provádět za účelem trvalé udržitelnosti.

## **2.2 Krizové jevy v lesním hospodářství**

Lidská společnost si v posledních letech začíná stále více uvědomovat význam lesů pro svůj život a zdravý vývoj. Poškození lesních ekosystémů abiotickými a biotickými činiteli není fenoménem posledních dvou století, ale docházelo k němu již v dávné zaznamenané historii civilizovaného světa (Simanov, 2016). Do vědomí lidí již proniká přesvědčení, že les slouží nejen k výrobě dřeva, ale i zásadně ovlivňuje životní prostředí, chrání půdu, zabezpečuje vodní zdroje, čistí ovzduší a umožňuje lidem rekreaci. V případě narušení fungování lesního ekosystému, dochází k výkyvu funkcí, které jsou dle povahy a rozsahu škodlivého činitele následky dočasné, nebo fatální. Základním rozdělením škodlivých činitelů pro les je zdroj jejich původu. Jedná se o základní tři typy, antropogenní, abiotické a biotické. Forst (1985) uvádí, že klimatické vlivy, hlavně jejich odchylky od normálních hodnot způsobují v našich lesích značné škody. Rozsahem zůstanou patrně nepřekonané větrné kalamity z r. 1740, nebo 1868. Intervaly mezi kalamitami se však zkracují, a tak roste objem škod způsobených abiotickými činiteli.

Otázkou negativního působení klimatických vlivů na lesy na území České republiky v minulosti se zabýval Heger (1957). Ojedinele se vyskytují informace o ničivém působení přírody na lesy. V dokladech se dá sledovat závislost velikosti škody na výši ovlivnění původních pralesovitých porostů člověkem. První kvantifikované a měřitelné informace o živelných katastrofách na lesích pocházejí z 19. století. Z těchto pramenů jednoznačně vychází konstatování, že k rozsáhlým poškozením pralesovitých porostů také docházelo,

---

ale vlivem fungujícího obnovujícího mechanismu přírody, byl návrat do normálu samovolný, ovšem s přihlédnutím k delším časovým úsekům. Důležitostí nutnosti zachování lesa jako trvale udržitelného zdroje produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa, zejména s přihlédnutím k negativnímu působení klimatických faktorů si uvědomovali v minulosti bez ohledu na společenské zřízení a politické uspořádání všichni odborní pracovníci. Ochrana lesa je již přes 200 let základním pilířem lesního hospodaření.

Macek (1962) uvádí, že škodlivé působení extrémních klimatických činitelů může postihnout v lese rostlinstvo (např. mraz, sucho, kroupy), jindy vznikají škody jen na dřevinách (vítr, sníh), nebo jen na půdě (prudké deště). Kromě přímých škod vznikají i nepřímé škody, k nimž je nutno počítat:

- zvýšení výdajů na ochranu lesa,
- nadměrné opotřebení komunikací a zvýšené výdaje na jejich údržbu,
- rozvrácení lesních hospodářských plánů, které musejí být často předčasně obnovovány.

V 1972-1981 bylo ve státních lesích v ČSR zpracováno 40 520 556 m<sup>3</sup> kalamitní dřevní hmoty (Křístek, 2002). Křístek (2002) rozlišuje druhy škodlivých činitelů dle typů:

- antropogenní - poškozování lesů znečištěním prostředí, těžbou surovin, liniovými stavbami, provozem komunikací, rekreací a sportovní činností, nesprávným lesním hospodářstvím,
- abiotické – poškození lesů větrem, sněhem, námrazou, suchem, záplavami, mrazem, požárem,
- biotické – poškození lesů hmyzem, zvěří.

Primárním impulsem pro působení škodlivých činitelů na lesní ekosystém z hlediska množství a objemu způsobovaných ztrát jsou nevratné antropogenní zásahy do fungování přírodních procesů vývoje lesa. Patří sem zejména působení imisního zatížení (fotochemické oxidanty, vliv kyselých depozic, depozice dusíku, organické polutanty) a chybné postupy v lesním hospodaření v posledních 200 letech. Za výše uvedené období došlo u nás k drastické změně dřevinné skladby lesů. Zastoupení smrku bylo původně 11 % nyní 56 %,

---

borovice původně 4 % nyní 18 %, jedle původně 20 % nyní 1 %, buk původně 40 % nyní 5 %, dub původně 20 % nyní 6 % (Nožička, 1957). Byly zakládány převážně přírodě cizí dřevinné monokultury, zejména smrku a borovice, což vedlo k ochuzení druhové, věkové a prostorové různorodosti lesa.

V důsledku monokulturního hospodaření a zakládání lesních porostů bez ohledu na ekologické nároky dřevin, došlo k zásadní destabilizaci celého lesního ekosystému, který je v současné době lehce náchylný na poškození škodlivými činiteli. Původní obranný potenciál lesa byl snížen na úkor pěstování dřevin technologicky lépe využitelných (stavebnictví) bez ohledu na budoucí následky. Lesní porosty jsou vystaveny účinku mnoha stresových faktorů. Uhlířová (2004) uvádí, že dlouhodobější srážkové a teplotní výchyly počasí a znečištění ovzduší cizorodými látkami jsou hlavní faktory vyvolávající poškození porostů. Cíle v ochraně lesa před škodlivými činiteli uvádí Zahradník (2006):

- škodlivý činitel je termín relativní, při nízkém objemu působení nemá zásadní vliv na lesní hospodaření a je běžným projevem působení lesního ekosystému,
- jednotkou regulace je celý ekosystém, proto musíme znát vazby mezi jednotlivými prvky ekosystému a jeho hranice,
- zdůrazňuje se úloha obranných opatření při maximální snaze posílení jejich vlivů,
- používání odborně podložených a propracovaných obranných strategií, eliminujících riziko neočekávaných, případně nežádoucích účinků v daném ekosystému,
- žádoucí je systémový, interdisciplinární přístup, využívající poznatků různých oborů.

Tentýž autor uvádí druhy škod:

- zásadní – mající vliv na konečný produkt,
- relativní – v konečném důsledku nemající vliv na konečný produkt.

---

Dále uvádí základní pojmy používané v lesním hospodářství v souvislosti s krizovými jevy. Poškození je újma fyziologická, kdy každé porušení zdárného vývoje dřeviny, popřípadě porostu, má za následek snížení dřevní produkce, nebo jakosti. Ovlivňující činitelé:

- druhy poškození – kvalitativní, kvantitativní,
- míra poškození – částečné, úplné; slabé, střední, silné,
- časová charakteristika poškození – krátkodobá (akutní), dlouhodobá (chronická).

Velikost škod se vylišuje dle existujících kvalitativních a kvantitativních škod v množstevním, nebo finančním vyjádření (Pfeffer, 1961). Pro působení škodlivých činitelů platí, že jev jako příčina vyvolává účinek (následek) za určitých podmínek (kauzální princip).

Při analýze poruch zdravotního stavu stromů, nebo porostů, musíme všechny tři typy (antropogenní, abiotické a biotické) podrobit důkladnému hodnocení chceme-li objasnit vznik poškození a škod (Křístek, 2002). Křístek (2002) dále uvádí rozdělení dle fáze působení škodlivých činitelů na základní kategorie:

- primární – způsobují škody na relativně zdravém fungujícím lesním ekosystému,
- sekundární – následné škody, které vznikají jako následek primárního poškození.

Z hlediska ekonomického posouzení působí škodlivý činitelé v lesním hospodářství v porovnání s modelově fungujícím systémem vždy ztrátu, která se projevuje ve dvou základních faktorech (Kupčák, 2006):

- zvýšení nákladů – nutnost použití mimořádných postupů, nutnost použití složitějších technologií, nutnost opakování výrobních procesů,
- snížení výnosů – snížení kvality finálního produktu (výrobku), objemové (jednotkové) snížení finálního produktu.

---

Zahradník (2006) vylišuje hlavní negativní dopady škodlivých činitelů na lesní porost:

- ztráty na přírůstu dřeva, omezující produkci,
- vliv na mimoprodukční funkce,
- bezprostřední vliv na půdu změnou světelných podmínek,
- vliv obranného zásahu (převážně chemického) na ekosystém,
- náklady na obranný zásah.

Ekologická stabilita přírodních ekosystémů je výsledkem dvou schopností ekosystému, a to jednak setrávat v dynamickém stálém stavu, pokud jej nenaruší vnější činitelé, a jednak nevratně se neměnit, nebo se vrátit do původního stavu po narušení vnějšími činiteli (Švestka, Hochmut a Jančařík, 1998).

Ke vzniku krizových situací v lesním prostředí dle doložených historických podkladů docházelo i v minulých stoletích. S následky se les vyrovnával z důvodu přirozené dřevinné skladby a nenarušeného životního prostředí s vysokou mírou samostatnosti v rámci autoregulačních schopností.

Z důvodu razantní změny druhové skladby zejména v 18. a 19. století a narušení fungování autoregulačních procesů životního prostředí se výskyt krizových situací rapidně navýšil. Za cenu vyšších zisků z produkce technicky lépe využitelné dřeviny smrk, dochází k rozsáhlým narušením fungování lesního prostředí.

Na základě výše uvedených skutečností je základním úkolem lesního hospodáře v současné době zvyšovat autoregulační schopnosti lesního prostředí úpravou dřevinné skladby k původnímu složení a hospodařit na principu trvalosti a obnovitelnosti lesa.

Produkční funkce lesa nemůže být z důvodu trvalé udržitelnosti lesního prostředí jediný prioritní směr hospodaření. Musí být v souladu s fungováním ostatních mimoprodukčních funkcí (funkce půdoochranná, vodohospodářská, rekreační atd.).

---

## 2.3 Management

Pojetí managementu v dnešní době definují autoři odborných publikací následovně. Management lze nejobecněji charakterizovat jako souhrn všech činností, které je třeba udělat, aby byl zabezpečen chod organizace. Účelem managementu je vytvářet organizace, které fungují (Veber, 2014). Výklad pojmu management je zvláště nesnadný. Především jde o pojem specificky americký a je obtížné ho výstižně přeložit do ostatních jazyků, dokonce i do britské angličtiny. Označuje nejen funkci, ale i lidi, kteří ji vykonávají. Označuje nejen sociální postavení a jeho stupeň, ale také odbornou disciplínu a obor studia (Drucker, 2012).

Management (anglicky to manage – řídit, původem z francouzského, ménagement, které má zase svůj kořen v latinském slovu manus - ruka, a jeho prazákadem bylo ruční ovládání koní; též Dispozitivní faktor) je umění řízení, působení na určitou soustavu (například společnost) a ovládání její činnosti. Tento název může také označovat skupinu vedoucích pracovníků. Vodáček a Vodáčková (2013) vysvětlují tři základní definice pojmu management, vedení lidí, specifické funkce vykonávané vedoucími pracovníky, účel a používané nástroje. Pojem management se stal výrazem, který má již mezinárodní platnost.

Především v české literatuře doznívá dříve používaný termín řízení. Antušák (2013) definuje management jako ucelený soubor přístupů, názorů, zkušeností a metod, které vedoucí pracovníci užívají ke zvládnutí specifických činností, které jsou nezbytné k dosažení soustavy cílů organizace. Z dnešního pohledu můžeme pojmu management přiřadit trojí význam či rozměr – specifická aktivita, skupina řídicích pracovníků, vědní disciplína. Drucker (2012) ve své práci uvádí management jako orgán institucí, tedy orgán, který proměňuje chaos v organizaci a lidské úsilí ve výkon. Podstatou obecného chápání řízení (managementu) je volba cílů čeho se má dosáhnout a volba prostředků, jak stanovených cílů dosáhnout (Kříž, 2015). Dosavadní historie, vývoj managementu, jeho úspěchy i problémy nás učí, že podstatou managementu je soubor principů, které pokud chceme v dnešních podmínkách uspět, musíme nejen chápat, ale i prosazovat (Blažek, 2014). Základní pravidla funkčního managementu definuje Antušák (2009):

- subjektem managementu jsou lidé,
- management je součástí národní kultury,

- 
- management vyžaduje angažovanost pro společné cíle a sdílené hodnoty,
  - management musí umožňovat růst a rozvoj nejen firmě, ale i pracovníkům v souladu s měnícími se potřebami a příležitostmi,
  - management je vybudován na základech komunikace a individuální komunikace,
  - management, a to nejen v podnikových organizacích musí být zodpovědný za výkonost organizace,
  - kritériem výkonosti podniku a jeho managementu je užitek.

## 2.4 Krize a krizový management

Pojem krize má kořeny v řečtině a znamenal „*rozhodnutí*“, „*bod obratu*“. Výraz krize se ve 20. století hojně začal používat v souvislosti s osobním životem člověka. Krizí se označuje situace, v níž jedinec čelí významným překážkám v životě a které jsou obtížně překonatelné obvyklými postupy při řešení problému. Krize má sice mnoho definic, nicméně ty vyjadřují většinu společných vlastností situací. V případě ostatních škodlivých jevů je tomu jinak. Zatímco jazyky vycházející z latiny vystačí s jediným pojmem – disaster, v češtině je pojmů několik. I když to není zcela přesné, lze všechny pojmy související s hmotným (fyzickým) systémem sjednotit do jednoho pracovního pojmu – pohroma. Toto označení naznačuje, že událost je nad rámec každodenních nepříznivých a nebezpečných situací a stavů.

Zcela obecně lze tedy působení všech nebezpečných a škodlivých jevů na společnost shrnout do dvou typů – pohromy a krize. Harmonizace české terminologie má ohled na mezinárodní názvosloví v kontextu disaster – emergenci – crisis. Zjevný problém budou činit zejména pojmy emergenci a crisis. Problémem pojmu emergenci je víceznačnost, znamená pohotovost, záchranu, výjimečný stav, nouzi, mimořádnou událost. Problém pojmu crisis je ve vhodnosti použití. Rozdílnost chápání pojmu krize je větší než při chápání pojmu rizika.

Pojem krizová situace je pojem natolik obsáhlý, že by se mohl stát námětem pro samostatnou knihu. Pro účel analýzy typů krizových situací je třeba zjednodušeně vymezit,



---

co lze za takovou situaci považovat, protože vše, co ohrožuje člověka, nebo jeho výtvoř, je popsáno různými pojmy. Pro potřeby porozumění a zvládnání těchto situací by byl žádoucí jeden sjednocující pojem.

V odborné literatuře lze najít poměrně velké množství definic a pojmů krize a krizová situace. Krizová situace je nepředvídatelný, nebo obtížně předvídatelný průběh skutečností po narušení rovnovážných stavů přírodních, technologických a společenských systémů ohrožujících životy lidí, životní prostředí, ekonomiku a hmotné statky státu a jeho obyvatelstva (Vodáček a Vodáčková, 2013).

Jednou z forem managementu je krizový management. Krizový management je systematickou odezvou na neočekávané události, které ohrožují lidi, majetky a v konečném stádiu i finanční a operační stabilitu společnosti. V širším slova smyslu představuje krizový management nástroj řízení určený k zvládnání krizového stavu, počínaje rozpoznáním krizového potenciálu společnosti a koncipováním procesů preventivního předcházení krize (Veber, 2014). Dále akčním a efektivním zvládnutím již probíhající krize a odstraněním následků proběhlé krize. Fotr (2012) uvádí, že krizový management se stal logickým rozšířením správně formulovaného systému řízení rizik na korporátní úrovni.

Krizový management není v žádném případě souborem mechanických pravidel, postupů a aktivit, ale souborem promyšlených procesů a postupových kroků zaměřených na předjímání komplexní podstaty krize. Obecná formulace krizového managementu je následující. Krize je mimořádná událost, která může výrazně ohrozit existenci organizace. Dle Linhart (2006) obecně můžeme krize podle jejich charakteru rozdělit do dvou skupin:

- krize, jejichž důvodem jsou závažné havárie – jde o krize, jež mohou být způsobeny přírodními pohromami (např. povodně, zemětřesení, větrné smrště, krupobití atd.), nebo nehodami (např. výbuch, požár, únik toxických látek, ekologické havárie, distribuovaný vadný, nebo nebezpečný produkt), popř. agresivním jednáním (např. sabotáže, teroristické útoky, válečné konflikty),
- krize, které mají původ v neutěšené ekonomické (finanční) situaci organizace, kdy organizace není schopna dostát příslušným finančním závazkům a hrozí legislativní likvidace firmy.

---

Krizové situace představované výrazně odlišnými změnami oproti normálnímu stavu mají některé společné rysy (Antušák, 2009):

- jsou obtížně předvídatelné, symptomy řady z nich nemusí být zjevné, mohou nastat až při kumulování několika negativních jevů za neopakovatelných podmínek apod.,
- probíhají rychle a nemá-li dojít k destrukci, je třeba rychle reagovat na jejich průběh,
- jde o situace neopakovatelné, s kterými manažeři ne nemají žádné zkušenosti,
- jejich negativní důsledky se netýkají pouze existence organizace, jsou stresující pro pracovníky organizace,
- mohou vést k zneužití situace obchodními partnery, konkurenty apod.

Krizový management je tradičně chápán jako specifický, zpravidla krátkodobý přístup řízení, jehož podstatou je vyřešit krizovou situaci. Antušák (2009) uvádí, že oproti standardnímu řízení má krizové řízení řadu specifických rysů:

- bývá vyhlášen výjimečný stav v řízení organizace, řízení organizace či krizové situace může být převedeno na specialisty, kteří jsou trénováni pro zvládnutí krizových situací, v řídicím stylu je upřednostňováno autoritativní řízení, cílem je mobilizovat pracovníky i dostupné zdroje za účelem rychlého zvládnutí důsledků krize, mohou být opomíjeny klasické organizační struktury a preferována může být přímá komunikace na bázi příkazů,
- ačkoli se předpokládá vyšetření příčin krizí a jejich odstranění, často při řešení krize nezbude než eliminovat až jejich projevy, resp. důsledky,
- stranou pozornosti krizového řízení by neměly být sekundární projevy krizí, potřeba zamezení chaosu v ostatních částech organizace, ustavení mluvčího pro vnější komunikaci, popř. i ustavení funkce pro vnější vztahy.

---

Jak se prohlubují frekvence změn a zvyšuje se riziko havárií či ekonomických krizí, rozšiřuje se akční prostor krizového managementu o preventivní aktivity (Antušák a Vilášek, 2016):

- monitorování rizikových situací a určování možných symptomů krizových situací,
- tvorba krizových (havarijních) plánů, které předem určují scénáře jednání pro typické krizové situace (vymezují příslušné odpovědnosti a kompetence, určují základní rysy zásahů, stanovují komunikační kanály, popř. aktivizují přímá spojení, určují relevantní obsah předávaných zpráv apod.),
- simulační tréninky krizových situací.

Kalkulování rizika vzniku krize předkládá Veber (2014):

- informování, kde může dojít k haváriím nehodám či jiným nežádoucím stavům, objasnění, jak k vzniku těchto situací mohou přispět pracovníci svým jednáním,
- informování o bezpečnostních opatřeních obecných a specifických s ohledem na riziko krizového stavu,
- přesvědčováním pracovníků, že nelze podceňovat vznik výjimečných situací.

Krizový management je možno definovat jako proces vyrovnání se s napjatou situací způsobem chování řídicího managementu, který vede ke zvládnutí krize (Veber, 2014).

Krize a potažmo i krizové řízení se vyznačuje různorodostí, což znamená, že mají různou podobu, rozsah, projev a dopady. Krize vytváří nutnost nových způsobů řízení, které se označuje pojmem krizový management. Krizový management musí zvládnout v poměrně krátkém čase procesně náročné procesy, které mají často překvapivý a nečekaný průběh včetně dopadů (Zapletalová, 2012). Řízení firmy v době krize je systémový úkol, který musí brát v úvahu mnoho faktorů a analyzovat jejich vzájemné působení (Green a Hanke, 2004). Krizová připravenost znamená být připraven minimalizovat nepříznivé účinky všech možných rizik, které mohou vyvolat krizi prostřednictvím efektivních předběžných akcí

---

(Langer a Stošek, 2000). Lidská existence je neustále provázána nejrůznějšími krizovými jevy, které Kohoutek (2004) dělí do následujících kategorií:

- přírodní (živelné) katastrofy,
- havárie,
- neuvážené a nadměrné užívání techniky,
- nemoci (epidemie),
- závažné jevy v lidském chování,
- narkomanie,
- ekonomické krizové jevy.

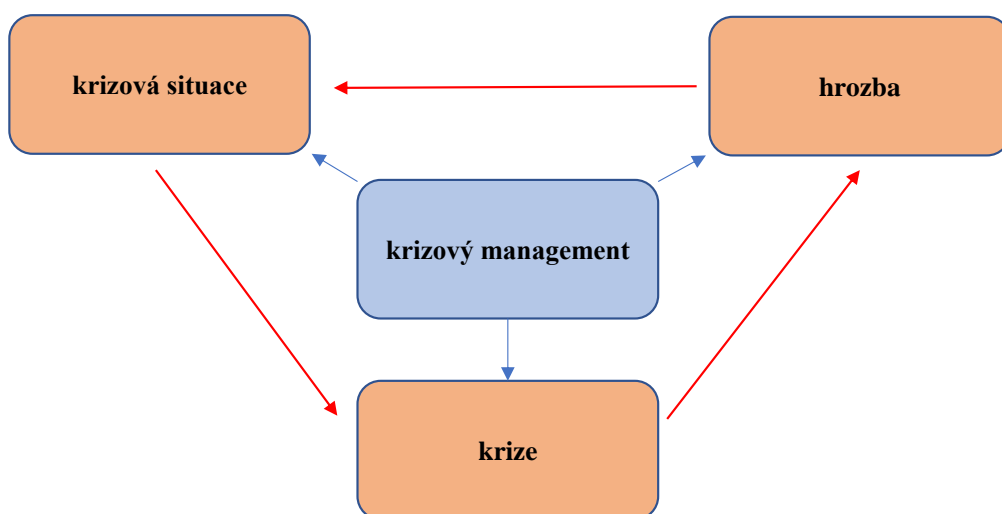
Postup řešení krize začíná identifikací krizových faktorů existujících, případně prevence očekávaných, možných, tzv. krizový potenciál (Miklánek, 1996). Antušák (2009) uvádí, že krizové řízení patří do skupiny prediktivního projektového managementu, který je zaměřen na aktivní předcházení problémům.

Na základě výše uvedených informací jednotlivých autorů je možno vybrané definice krizového managementu shrnout v následujících bodech:

- jedná se o souhrn řídicích činností věcně příslušných orgánů prováděných v souvislosti s řešením krize,
- prostředek pro řešení krizových situací, které vznikly z nejrůznějších příčin,
- souhrn vědeckých poznatků, odborných postupů a aplikačních nástrojů preventivních, operativních řídicích rozhodnutí a technologických opatření, které umožňují vedoucím pracovníkům řešit vzniklé krizové situace,
- v poslední době důležitá součást komplexní podnikové strategie, která je využitelná při vzniku mimořádné situace,

- 
- souhrn opatření, která při vhodném a včasném použití mohou zabránit vzniku chaosu,
  - komplex vazeb, vztahů a činností složek IZS při řešení krizových situací.

Z hlediska doby, kde a kdy začíná a končí krizový management existuje zásadní definice, která říká, že se jedná o kontinuální nikdy nekončící proces, jak je znázorněno na obrázku 2.



**Obrázek 2 - Kontinuální proces krizového managementu**

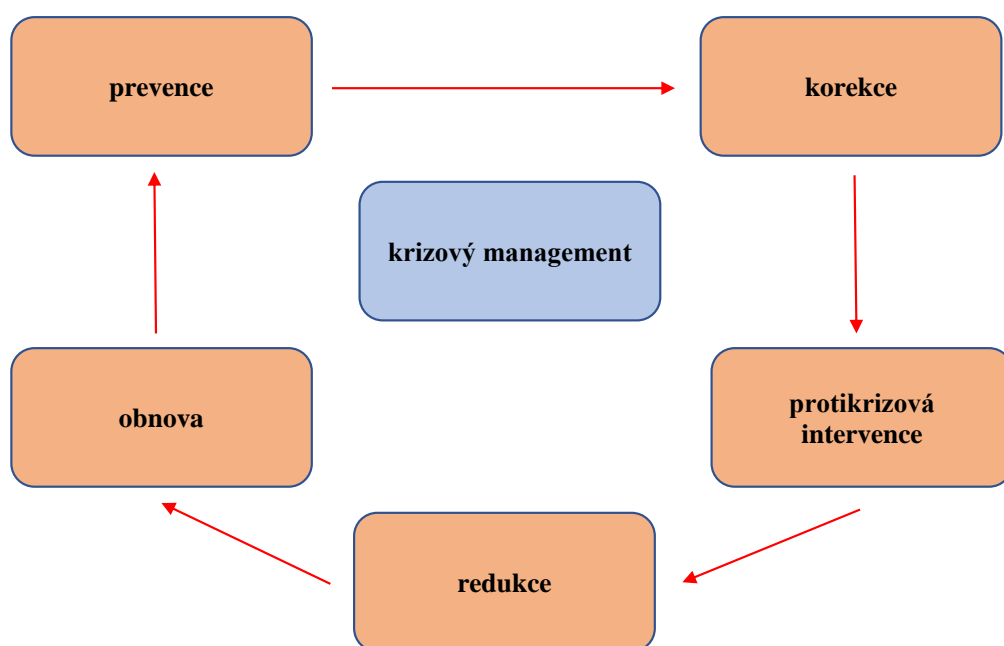
Zdroj: Antušák (2009)

Krizové řízení je forma řízení v naléhavých, nebo výjimečných situacích, kdy se všechny zdroje organizačního celku soustřeďují na překonání přechodného obtížného období a ostatní základní operativní, nebo dlouhodobé cíle se stávají okrajovými (Statt, 1995). Lednický (2006) uvádí, že krizové řízení musí zajistit vhodnou stabilitu organizačního celku, neboť všechny krizové situace se vyznačují:

- různým charakterem,
- negativními a pozitivními dopady,
- téměř vždy se vyznačují ve svém průběhu jako rozkladné a bránící možnému rozvoji,

- 
- vyvolávají zkreslené informace, nebo nesprávné dojmy o organizaci,
  - rozdělují pracovníky podniku, a tím narušují jeho akceschopnost,
  - překvapují dobou svého výskytu.

Důležitou součástí krizového řízení je vhodná reakce na budoucnost pokrizového období, na využití nových podmínek a příležitostí, které nastanou po ukončení krize a jistě budou odlišné od podmínek, které vládly před krizí (Zapletalová, 2012). Antušák (2009) celý proces krizového managementu zakládá na řadě vzájemně propojených činností, kterým říkáme základní funkce krizového managementu. Jde o funkce prevence, korekce, protikrizová intervence, redukce, obnova. Znázorněno na obrázku 3.

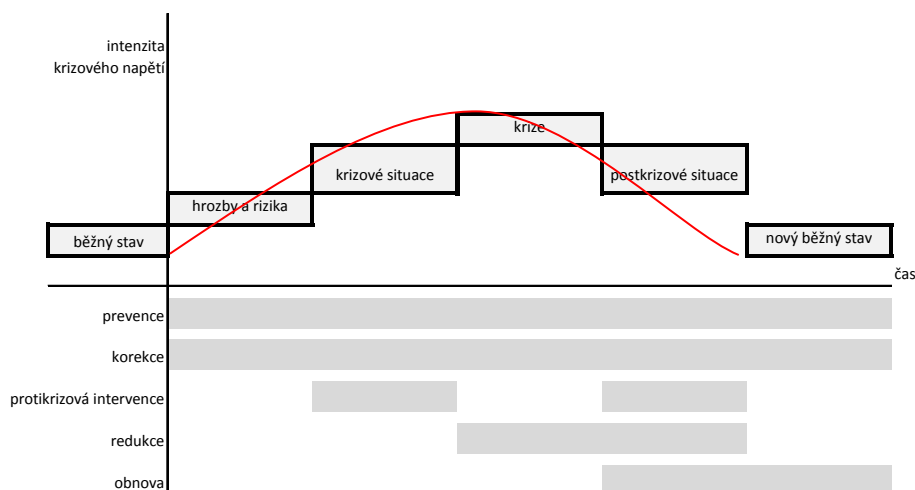


**Obrázek 3 - Pět základních funkcí krizového managementu**

Zdroj: Antušák (2009)

Vznik krizové situace v podmínkách fungování lesního hospodářství je jev, který se v nepravidelných cyklech a různých obměnách vyskytuje opakovaně. Problémem je jeho předvídatelnost, prostorové umístění, velikost a způsob řešení. Důležitým prvkem změny managementu z plánovaného na krizový je rychlost reakce. Základem optimálního

zvládnutí krize je rychlost reakce na hrozící vzniklý problém a volba funkčního a účinného řešení viz. obrázek 4.



**Obrázek 4 - Interakce základních funkcí krizového managementu**

Zdroj: Antušák (2009)

Působení každé krize má negativní důsledky na objekt zasažený krizí, tak i na jeho okolí. Z toho vyplývá snaha subjektů postižených krizí o eliminaci jejich následků a vyvedení zasaženého objektu na úroveň, ve které se nacházel před vznikem krize. Jedná se zejména o zastavení negativního vývoje a usměrnění sestupné vývojové křivky nejdříve do stabilní polohy a pak do vzestupného směru. Při krizi bývá rozhodujícím faktorem čas, v jehož průběhu se obvykle krize prohlubuje a způsobuje stále větší škody. (Antušák, 2013)

Krize v obecném vyjádření je zlomovým obdobím, kdy se u krizí postiženého objektu rozhoduje, zda další vývoj bude směřovat k jeho zániku, nebo k obnovení stavu na úroveň před vznikem krize. Krizové řízení je procesem, jehož cílem je vyvést podnik z krize. Krizové řízení v užším smyslu představuje zahájení procesu vyvedení z krize v době, kdy se krize evidentně projevuje a lze ji na základě jejích projevů identifikovat.

Krizové řízení v širším smyslu zahrnuje vytváření opatření k zamezení vzniku krize, jejího včasného identifikování a zvládnutí (Mareš, 2013). Fáze krizového řízení vyjadřují posloupnost řídicích činností z časového a obsahového hlediska (Antušák, 2009). Při krizovém řízení se objevují tzv. špatně strukturované rozhodovací problémy, tj. vyskytují

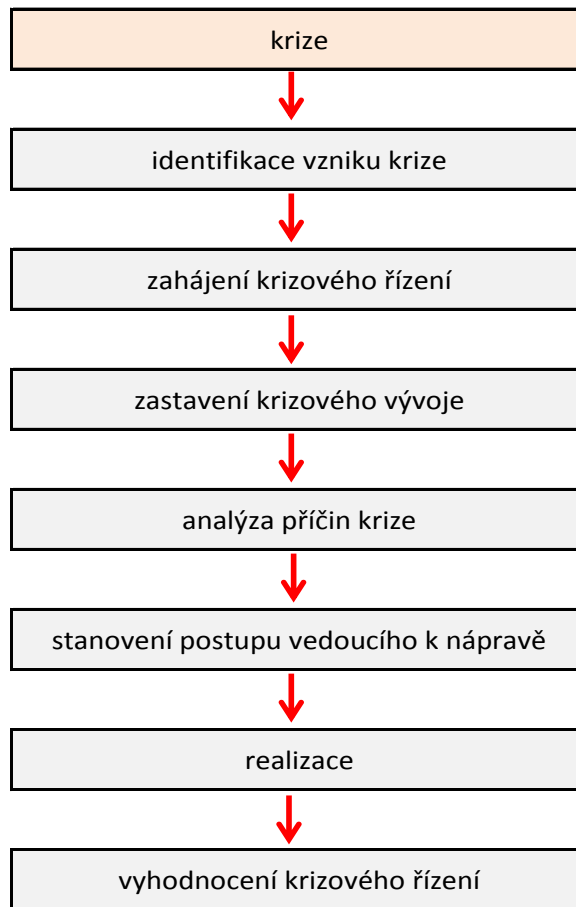
---

se problémy částečně nové a neopakovatelné, které se týkají řízení na vyšší úrovni. K řešení takových problémů je třeba uplatnění kreativního přístupu, zužitkování obsáhlých znalostí, zkušeností a intuice (Gyenes, 2011).

Řešení krizových situací lze interpretovat jako uplatnění manažerských funkcí, při působení manažerů a jejich nástrojů. Cílové působení je zaměřeno na všechny fáze krizového procesu. Od objevení signálu o pravděpodobnosti hrozby, přes ohrožení, eskalaci nebezpečného projevu, až po katastrofický účinek, jeho doznívání do fáze obnovy. Přístupy ke krizovému řízení podniku uvádějí Zuzák a Königová (2009):

- krizové řízení v užším smyslu (schematicky znázorněno na obrázku 5) – je založeno na řešení krize, která již nastala a byla identifikována,
- krizové řízení v nejširším smyslu – začíná podstatně dříve, než lze krizi evidentně identifikovat a než se dostane do fáze rozhodujícího zlomu, dokonce ještě dříve, než krize nastane,
- nejužší pojetí krizového řízení je již soustředěno pouze na řešení následků vzniklé krize.

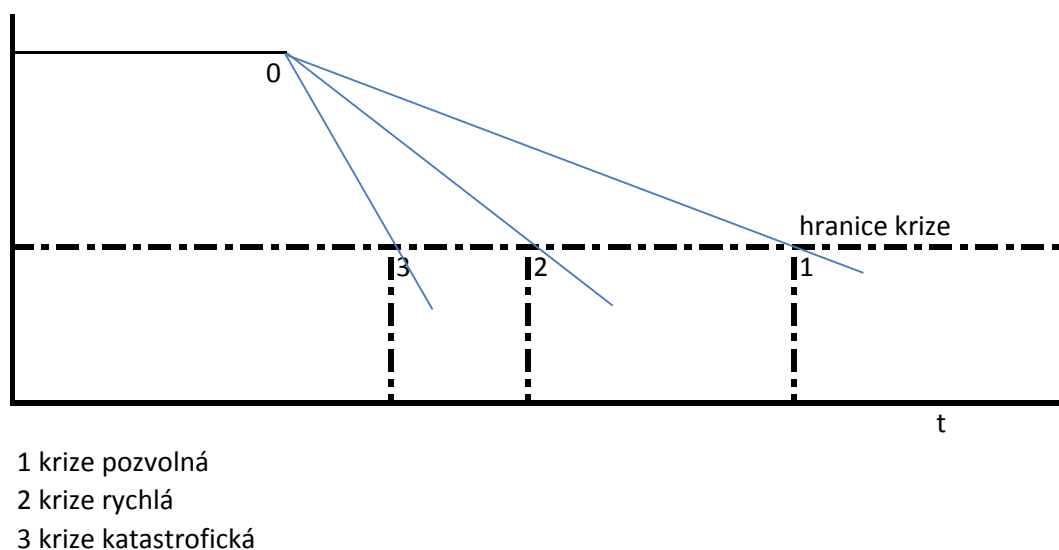




**Obrázek 5 - Obecné schéma krizového řízení v užším smyslu**

Zdroj: Zuzák a Königová (2009)

Slovo krize má původ ve starořeckém slově *crino*, které znamená v češtině vybírat, rozhodovat, posuzovat, měřit mezi dvěma opačnými variantami, které jsou úspěch či neúspěch. Z něho později vzniklo slovo *crisis*, kterým se vyjadřovala rozhodná chvíle, nebo doba, rozhodnutí samo, nebo nesnáze. Krize je složitá situace, v níž je složitým způsobem narušena rovnováha mezi základními charakteristikami systému (narušeno je poslání, filozofie, hodnoty, cíle, styl fungování systému) na jedné straně a postojem okolního prostředí k danému systému na straně druhé (Antušák, 2009). Krize je vyjádření rozporů, které vznikají mezi fungováním a rozvojem, jako např. rozpory mezi používanou novou technologií a vzděláním zaměstnanců (Zapletalová, 2012). Krizí může být postihnut jakýkoliv objekt. Na základě této skutečnosti je krize, její příčiny a řešení předmětem zájmu psychologů, sociologů, ekonomů, politologů, odborníků na řízení a řady dalších oblastí. Krizí rozumíme pokles parametrů charakterizujících vlastností objektu pod žádoucí hranici krize (obrázek 6).



**Obrázek 6 - Změna rozhodujícího či globálního parametru P v závislosti na čase**

Zdroj: Zapletalová (2012)

Parametry můžeme rozumět organizaci, proces, dílo, a podobně. Při řešení krizí se zabýváme pouze poklesem parametrů, např. ztrátou zisku, ztrátou pevnosti mostu a podobně. Krizi lze definovat jako narušení rovnováhy v některém z jeho podsystému, které může ohrozit dosahování cíle podniku, nebo jeho existenci (Zuzák, Horská a Moulis, 1999). Podnikatelskou krizi lze definovat, jako stav, v němž je významným způsobem narušena rovnováha sil mezi podnikatelskými charakteristikami firmy a postojem podnikatelského prostředí k firmě (Umlafová a Pfeifer, 1995).

Vznik krize může být výsledek vzájemného působení vnitřních a vnějších faktorů na straně jedné a nesprávných reakcí vedení firmy, případně vlastníků (Frýbert, 1995). Krize ekologická je situace, v níž se adaptační schopnosti živého systému přibližují svým mezím (Poleno, 1994).

#### 2.4.1 Fáze krize

Jsou vylíšeny čtyři fáze vývoje krize, které vyjadřují postup narušení rovnováhy systému a představují čtyři vývojová stádia krize (Zapletalová, 2012):

- stadium symptomů – ve stadium symptomů krize se začínají objevovat první nestabilní prvky a úkazy a objevují se v systému disfunkční jevy. Zde musí

---

řídící pracovník volit rozhodování, zda jsou symptomy předběžnou zprávou o začínající krizi, nebo se jedná o nevýznamný výkyv,

- akutní stadium – jedná se o stadium, kde již krize bezohledně nastupuje k porušování systému a hrozí nebezpečí jeho zničení. V tomto období je nutno nasadit protikrizová opatření a všemi dostupnými prostředky dostat krizi pod kontrolu. Jedná se o období, kdy již vznikají nevratné škody na systému a záleží na účinnosti protikrizových opatření, jak zásadní škody budou,
- chronické stadium – nastupuje v případě, kdy proti krizi byla použita opatření, ale tato nebyla dokonale účinná a stále částečná krize přetrvává. Ve fázi chronické může docházet k výkyvům síly působící krize,
- stadium vyřešení krize – stabilizace systému, obnova systému.

Základní typy krizí uvádí Antušák (2009):

- technická,
- ekonomická,
- politická,
- společenská a osobní.

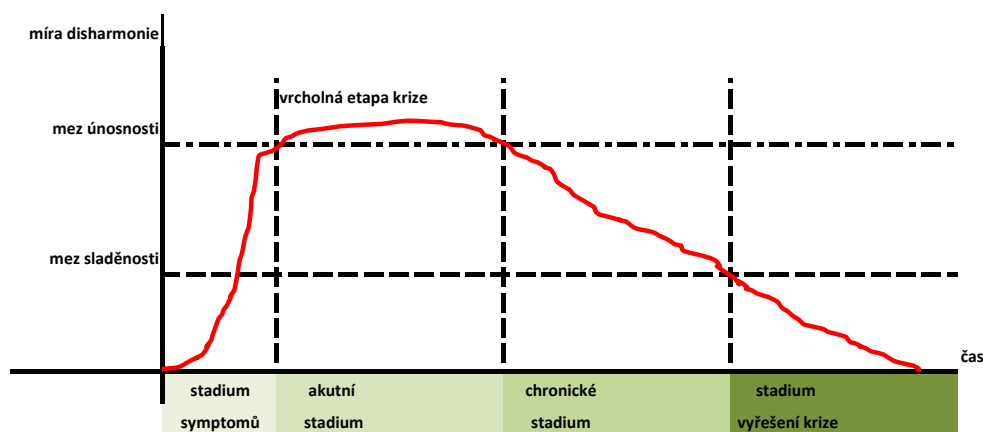
Roudný a Soušek (2014) rozlišují přístupy k řešení krizí:

- preventivní řešení,
- řešení krize již existující.

Fáze vývoje krize na obrázku 7 a obrázku 8 graficky znázorňují autoři Bělohlávek, Košťan a Šuleř, (2001):

- potenciální,
- latentní,

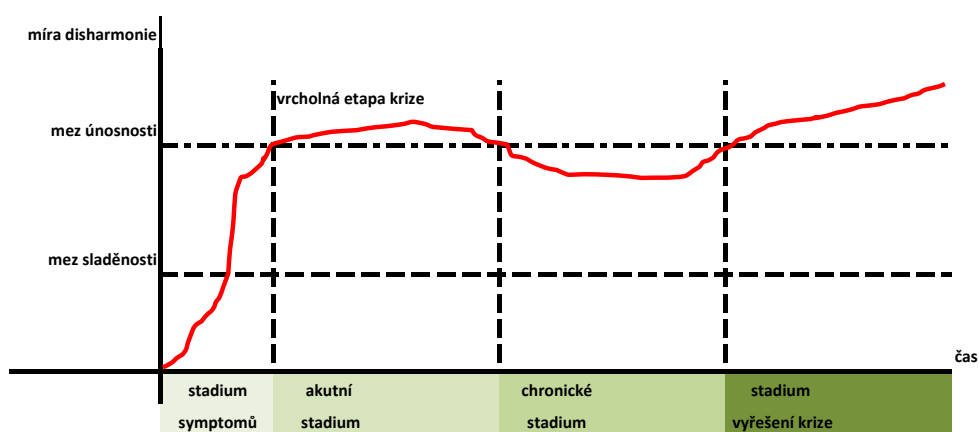
- akutní,
- chronická,
- výsledná.



**Obrázek 7 - Fáze vývoje dobře řízené krize**

Zdroj: Bělohlávek, Košťan a Šuleř, (2001)

Pojmem řízení krizí je nazývána druhá, vyšší fáze krizového managementu, která představuje ucelený soubor praktických opatření, realizovaných v hierarchizovaném a funkčně propojeném systému nasazených s cílem dostat krizi pod kontrolu, redukovat rozsah škod a ztrát, případně minimalizovat dobu trvání krize (Antušák, 2009).



**Obrázek 8 - Fáze špatně řízené krize**

Zdroj: Bělohlávek, Košťan a Šuleř, (2001)

---

Krise systému je chápána jako situace různé časové délky, ve které se rozhoduje, zda se systém navrátí (minimálně do situace), ve které byl před vznikem krize, nebo je perspektivně ohroženo dosahování podnikových cílů, případně další jeho existence. Zuzák a Königová (2009) uvádějí, že obecně jsou zdrojem krize dva základní faktory:

- nerovnováhy podniku mezi ním a jeho okolím,
- dysfunkce mezi vnitřními systémy podniku.

Z hlediska objektu postihnutého krizí, nebo příčiny vzniku krize je možno vylíčit čtyři oblasti (Antušák, 2009):

- krize osobní – je stav lidského jedince, kdy jeho onemocnění, nebo zdravotní stav je označen jako kritický se dvěma možnostmi dalšího vývoje. Negativně na jedince působí zejména zdravotní problémy, sociální trauma, ztráta zaměstnání atd.,
- krize sociální a společenská – jedná se o narušení stávajících a zažitých sociálních a společenských norem, kdy převážně zásahem zvenčí dochází k zásadnímu zásahu do fungujícího systému. Jako příklad je možno uvést politické změny na přelomu 80. a 90. Let 20. století, kdy došlo ke zhroucení dosavadního společenského systému a byl zaveden systém jiný (z hlediska ekonomiky přechod od centrálního plánování k tržnímu hospodářství se všemi dopady na obyvatelstvo),
- krize v důsledku živelných pohrom a havárií v dnešním globalizovaném světě, kde z důvodu ekonomického a populačního růstu dochází k negativnímu ovlivňování životního prostředí, dochází ke zvýšení četnosti krizí v důsledku živelných pohrom. Patří sem zejména zemětřesení, záplavy, vichřice a tornáda, požáry. Vlastní kapitolou jsou krize vznikající z důvodu selhání lidského faktoru formou havárií se všemi dopady na prostředí a společnost,
- krize ekonomického charakteru – jedná se o krize makroekonomické a mikroekonomické, které se vztahují k jednotlivým subjektům a interaktivním vazbám působící v ekonomické sféře.

---

Smejkal a Rais (2013) pojmenovávají a vysvětlují krizi z časového hlediska následovně. Jednotlivé fáze krizové události představují pět na sebe navazujících etap, jejichž úspěšné řízení umožní chránit životy, zdraví, majetek a oprávněné zájmy zúčastněných subjektů. Riziková analýza definuje hrozby a pravděpodobnost jejich naplnění, organizace pak vypracuje projekty řízení a financování rizik a krizové plány.

Časová posloupnost vývoje krize (Smejkal a Rais, 2013):

- varovné období – začínají se objevovat varovné signály, zprávy, události, předběžná vyrozumění apod., obsahující informace o zvyšujících se pravděpodobnostech naplnění určitých hrozeb; v tomto momentu by na základě analýzy jednotlivých signálů a verifikace doručovaných informací mělo dojít k aktivaci sil a prostředků pro řízení mimořádných událostí,
- série tísňových událostí – kumulace a stupňování tísňových událostí vede k vyhlášení příslušného stupně krizových opatření, v důsledku čehož dojde k omezení „normálních“ pravomocí a běžných činností a k aktivaci krizového managementu,
- přechodný stav – obnova pořádku a základních činností, zajištění záchranných prací, zamezení šíření krize,
- pokrizová fáze – obnova funkčnosti a původního stavu, celková analýza příčin mimořádné situace, zobecnění poznatků a přijetí nových opatření pro zabránění opakování událostí a posílení prevence, rozbor krize a doporučení pro změny krizových plánů.

Smejkal a Rais (2013) uvádějí typologie krizí a její faktory:

- jak velký bude dopad krize,
- jaký je původ (příčina) krize.

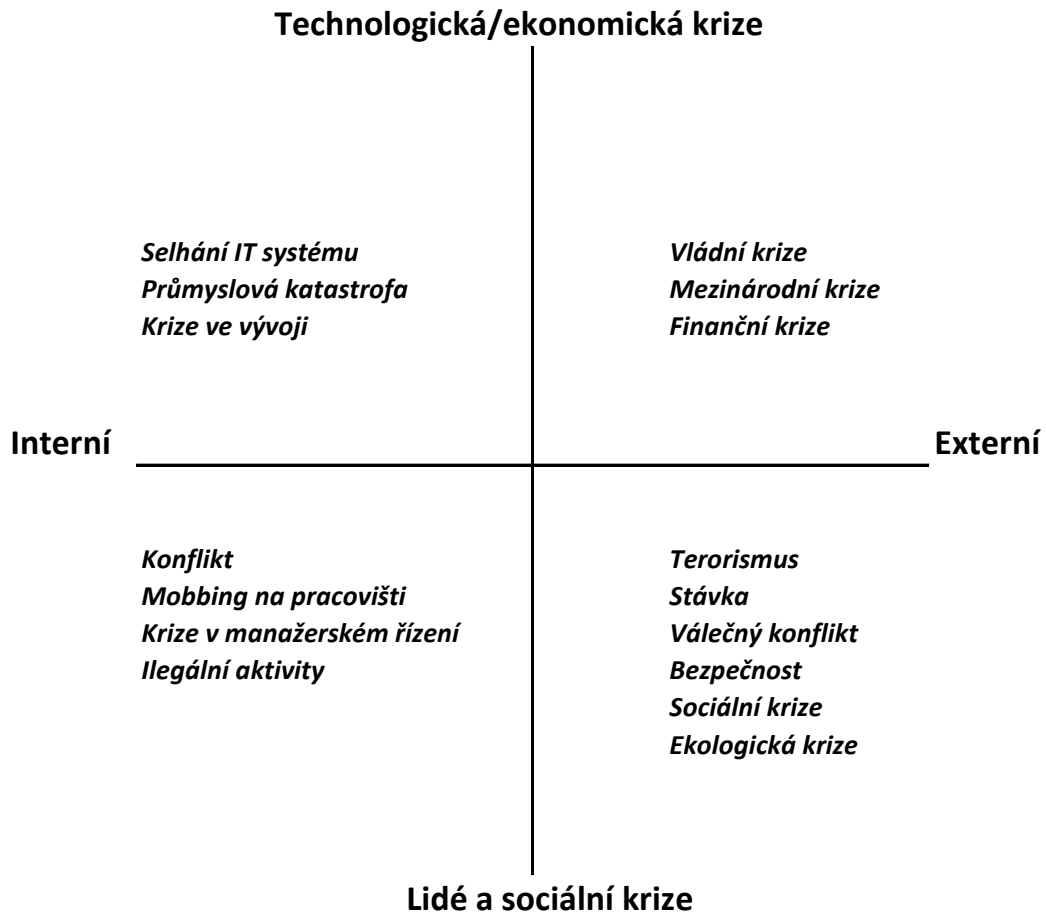
Z pohledu dopadu rozlišujeme krizi na lokální a globální. Z hlediska předvídatelnosti je možno krize rozdělit:

- 
- neočekávané – krize způsobené různými přírodními katastrofami. Nejdou dopředu odhadnout a blíže specifikovat z hlediska času, místa, objemu škod,
  - předvídatelné – krize známé, které se cyklicky opakují, případně jsou detailně identifikované se všemi symptomy.

Němec (1999) ve vztahu ke sdělovacím prostředkům a veřejnosti krizi rozděluje následovně:

- erupce – propuknutí krize, zájem veřejnosti stoupá,
- vyvrcholení – nasycení zájmu veřejnosti, dochází ke zlomu,
- opadávání zájmu – situace se vrací k normálu.

Z hlediska působení na podnik je možno krize rozdělit na interní a externí (zobrazeno na obrázku 9), nebo podle faktorů, které ji vyvolaly např. technologická/ekonomická krize, lidské či sociální faktory.



**Obrázek 9 - Typologie krizí**

Zdroj: Němec (1999)

Definice jednotlivých druhů krizí (Němec, 1999):

- přírodní krize – jsou ekologické jevy jako zemětřesení, sopečné erupce, vichřice, záplavy, sesuvy půdy,
- ekologické krize – zásahy člověka do životního prostředí. Znečišťování životního prostředí, vyčerpávání přírodních zdrojů, tvorba černých skládek,
- technologická krize – selhání lidského faktoru, který technologii nesprávně využívá,
- konfrontační krize – nespokojení jednotlivci, nebo skupiny mají mezi sebou spor, stávky, bojkot, blokáda,



- 
- ilegální krize – vzniká na základě použití prostředků extrémní taktiky (terorismus, špionáž), jejichž cílem je destabilizovat, nebo zničit daný systém,
  - psychologická krize – bývá vyvolána sociálně – ekonomickou situací daného státu,
  - ekonomická krize – mívá charakter makroekonomické, nebo mikroekonomické krize,
  - finanční krize – jejím spouštěčem jsou rozpory ve finančním systému.

Krize může přijít, aniž bychom to předem očekávali. Krize zpravidla překvapí a opožděná reakce může mít negativní důsledky. Pro rozpoznání krize je potřeba znát příznaky, které mohou krizi vyvolat, a na základě jejich vyhodnocení lze krizi včas potlačit. K tomu, aby se dala krize včas zjistit, je vhodné mít soubor příznaků a ukazatelů, které se dají analyzovat. Na základě výsledků analýzy se dá odvodit následný vývoj. V podniku je vhodné mít vytvořen systém včasného odhalení krize (Zapletalová, 2012).

Hrozba je libovolný subjekt, který svým působením (činností) může poškodit, nebo zničit konkrétní chráněnou hodnotu, nebo zájem jiného subjektu, nebo jev či událost jako bezprostřední příčina poškození, nebo zničení konkrétní chráněné hodnoty, nebo zájmu. Riziko je veličina spíše abstraktní (nehmotná) a pravděpodobnostně kvantitativní, sekundárně (výpočtem, úvahou) odvozená od hrozby. Představuje možnost vzniku události s výsledkem odchylným od předpokládaného cíle, a to s určitou objektivní matematickou nadějí či statistickou pravděpodobností. Je to kvantifikovaná nejistota. Hovoří o míře hrozby (Antušák, 2009).

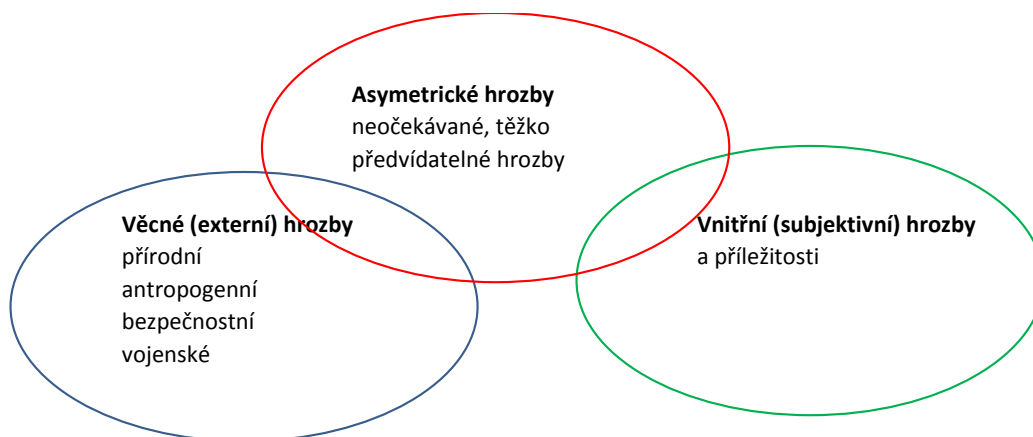
Základní klasifikace hrozeb (Antušák, 2009):

- asymetrické hrozby,
- věcné hrozby,
- vnitřní hrozby a příležitosti.

Asymetrické hrozby (zobrazeny na obrázku 10) – jedná se o použití takových prostředků a způsobů jednání ze strany konkurence, kterým nemůžeme stejným způsobem čelit. To, co dělá asymetrické hrozby aktuální je jejich schopnost zaměřit se skoro na

---

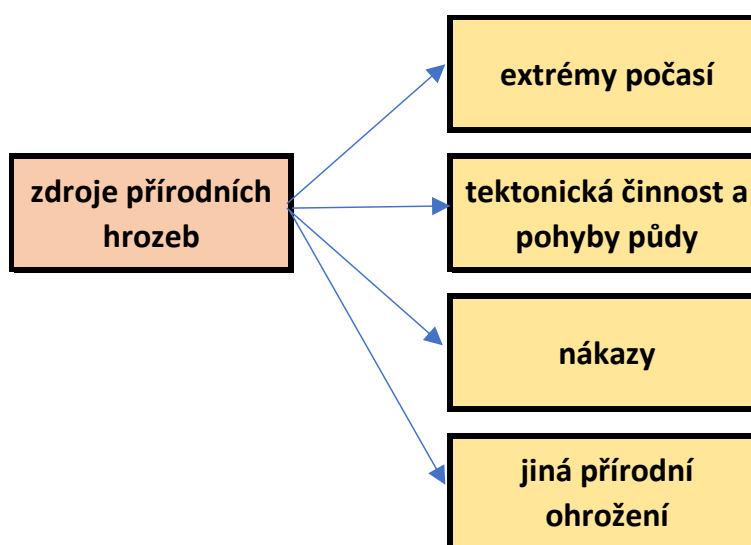
hrozby představují obsáhlý komplex hrozeb přírodního, antropogenního, společenského a sociálního charakteru.



**Obrázek 10 - Krizové okolí organizace**

Zdroj: Antušák (2009)

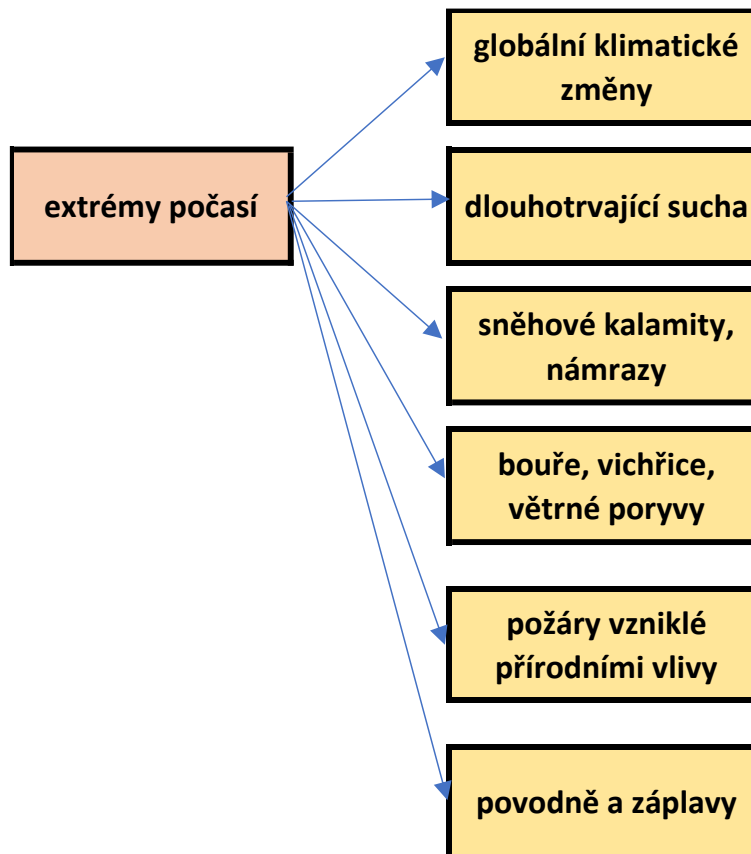
Dle Anrušáka (2009) přírodní hrozby můžeme definovat jako extrémní geofyzikální události, pocházející z oblasti biosféry, litosféry, hydrosféry, nebo atmosféry, schopné způsobit katastrofy a pohromy. Ze společenského hlediska představují fenomén, který vystavuje lidskou populaci tlakům a krizím a který testuje lidskou přizpůsobivost a odolnost. Z ekonomického hlediska přírodní hrozby mají za následek zrychlenou spotřebu statků a služeb. Základní prvky popisující přírodní hrozby jsou místo, čas, síla a frekvence (obrázek11), (obrázek 12).



---

## Obrázek 11 - Zdroje přírodních hrozeb

Zdroj: Antušák (2009)



## Obrázek 12 - Extrémy počasí

Zdroj: Antušák (2009)

Přírodní hrozby patří mezi nejstarší, prapůvodní jevy doprovázející vývoj lidského pokolení. Tak jak člověk postupně poznával přírodu, učil se žít a přežít a soustavně zvyšovat svou odolnost proti těmto jevům. Souběžně hledal nástroje, vyvíjel nové a dokonalejší metody a praktiky zvládání těchto jevů. Pokud se měla společnost dále rozvíjet, musela se zaměřit na prevenci vzniku přírodních hrozeb. Jedním z modelů komplexního přístupu k managementu přírodních hrozeb je tzv. Model čtyř P (Antušák a Vilášek, 2016). Spočívá v následujících axiomech:

- příprava – důsledné využívání nejnovějších poznatků vědy a technologií k efektivní přípravě na krizové situace,

- 
- prevence – efektivní využívání vyčleněných prostředků a zdrojů k realizaci preventivních opatření,
  - pomoc – optimalizace a efektivní hierarchie systému záchranných a humanitárních akcí,
  - podpora – promyšlený přístup a podpora rekonstrukce infrastruktury.

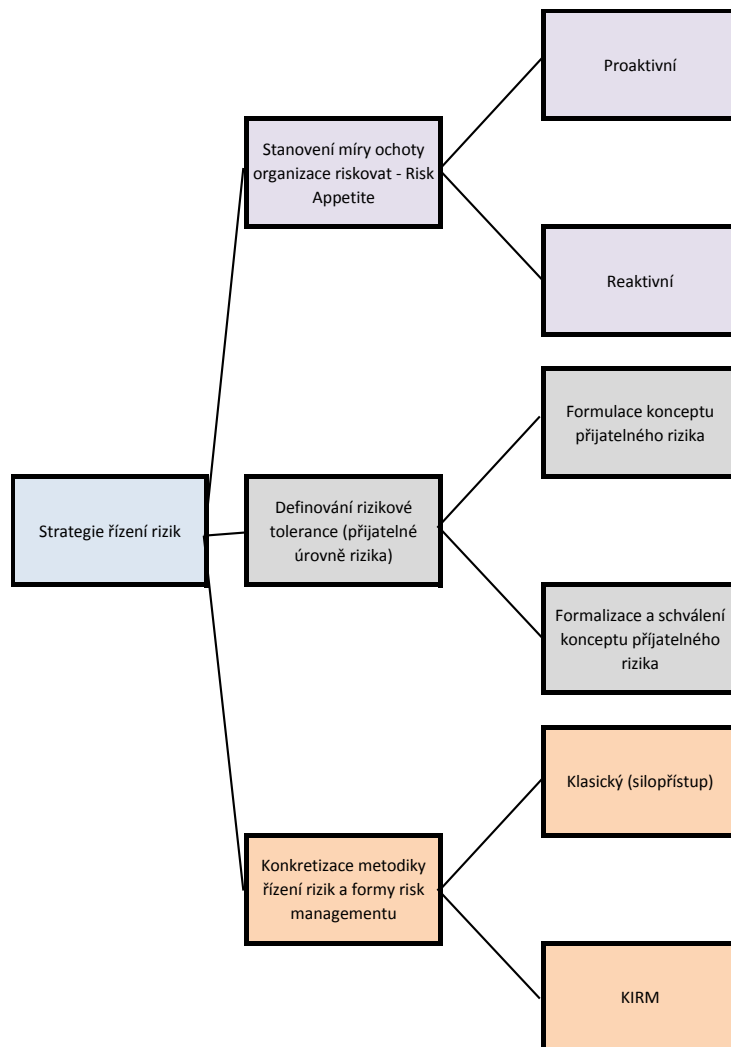
V dnešní manažerské praxi je riziko součástí každodenního rozhodování vedoucích pracovníků. Riziko totiž výrazně ovlivňuje výkonost vedoucích pracovníků podniku a spolu s výkoností a faktorem času je klíčovým parametrem v přípravě a realizaci podnikatelských rozhodnutí. Dle Zapletalové (2012) rizika lze rozdělit do dvou skupin:

- rizika čistá (pojistitelná) – jedná se o taková rizika, u kterých existuje pouze nebezpečí vzniku nepříznivých situací, respektive negativních odchylek od funkčního stavu, čistá rizika jsou nejčastěji vztažena ke ztrátám, kde příčinou jsou zejména:
  - přírodní jevy – povodně, zemětřesení, požáry,
  - technické systémy a jejich selhání – havárie ve výrobě,
  - jednání lidí – krádeže, zpronevěra,
- rizika podnikatelská – lze je chápat jako nebezpečí či přínos, že skutečně dosažené hospodářské výsledky podnikání se budou odchylovat jak v pozitivním, tak v negativním smyslu, tyto odchylky mohou být vykazovány jako žádoucí (zisk, přínos), nebo nežádoucí (ztráta, neúspěch).

Obecně lze podnikatelské riziko hodnotit ze dvou pohledů, a to z pozitivní stránky (výhled vyššího úspěchu), tak i z negativní stránky (hrozba neúspěchu a bankrotu). Strategie řízení rizik představuje integrovaný firemní proces, který zahrnuje všechny procesy, činnosti, metodiky řízení rizik (obrázek 13). Stanovuje parametry pro přístup organizace k rizikům (stupeň ochoty riskovat tzv. Risk Appetite) a pro firmu přijatelnou úroveň (míru) jednotlivých rizik, nebo portfolia rizik.

---

Risk Appetite – jedná se o stanovení postojů organizace k rizikům. Volba míry rizika je každodenní aktivitou firmy. Základem problému je vyřešení otázky, jak velké riziko je firma ochotna přijmout.



**Obrázek 13 - Komponenty strategie řízení rizik**

Zdroj: Zapletalová (2012)

Firemní strategie určuje ochotu riskovat. Dle míry rizika můžeme ochotu rozdělit následovně (Zapletalová, 2012):

- velká ochota – firma chce být inovativní, proaktivní a volí možnosti, které nabízejí potenciálně větší „podnikatelské odměny“ i přes větší vlastní riziko,

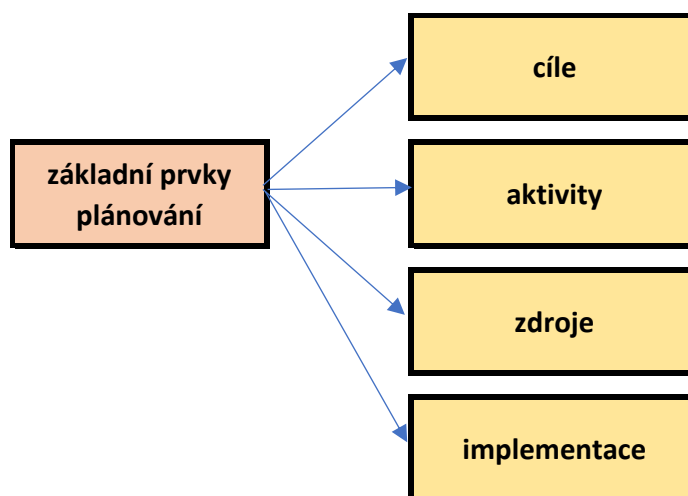
- 
- opatrná – organizace preferuje strategii, která dává přednost rizikům, které garantují nízkou míru ztrát (neúspěchu),
  - minimální – organizace preferuje nízkou míru rizik a volí mimořádně bezpečné způsoby dosahování cílů,
  - odmítavá – organizace počítá s plně optimistickým průběhem plnění stanovených cílů. Zabránění vzniku nejistoty je hlavní prioritou organizace.

### 2.4.2 Krizové plánování

Plánování má nezastupitelné místo v systému krizového managementu. Schematicky je znázorněno na obrázku 14. Každý plán by měl dát odpovědi na dvě základní otázky: Co má být uděláno? Jak to má být uděláno?

Podstata plánování dle Antušáka (2009) spočívá v těchto charakteristikách:

- přispívá k dosažení záměrů a cílů,
- je prioritní mezi manažerskými funkcemi,
- vztahuje se na veškeré aktivity,
- umožňuje efektivní provádění činnosti.



Obrázek 14 - Základní prvky plánování

Zdroj: Antušák (2009)

---

Moderní pojetí krizového managementu je založeno na průběžné a aktivní anticipaci krizových situací. Předpokladem úspěšného zvládnání krizových situací se tak stává krizové plánování, tzn. formulace krizových plánů, které firma uplatňuje v situacích, kde jsou naplněny symptomy některé z možných krizových scénářů. Reaktivní přístup ke krizovému managementu se tak v průběhu let změnil na proaktivní, který je založen na permanentním vyhodnocování varovných signálů a z něho odvozeného formulování a přizpůsobování krizových plánů. Průběžně aktualizované krizové plány se stávají součástí procesu řízení firemních rizik (Fotr, 2012). Krizový scénář musí obsahovat osoby tzv. krizového týmu, které zasednou v případě propuknutí krize (Bajčan, 2003). Cíle krizového plánování (Antušák, 2009):

- vytvořit účelný a efektivní systém předcházení vzniku krizových situací, postavených na smysluplném řízení, odborně připravených lidských zdrojích, racionálně vytvářených a účelně spotřebovávaných materiálních a finančních zdrojích,
- vytvořit akceschopný systém regulace nežádoucích dopadů přírodních, antropogenních, společenských a sociálních forem hrozeb a ohrožení na vnější bezpečnost a základy státu, jeho ekonomický systém, životní prostředí, kritické prvky civilní a obranné infrastruktury státu, vnitřní pořádek a bezpečnost, životy, zdraví a majetkové hodnoty obyvatelstva,
- vytvořit efektivní a ekonomicky přijatelný systém zvládnání vybraných krizových situací, založených na proaktivním přístupu všech zákonem stanovených orgánů krizového řízení, základních a ostatních složek IZS a včasném a promyšleném vyhlášení norem, vytvářejících nové možnosti a kompetence výše uvedeným orgánům a umožňující využívání jiného spektra zdrojů,
- sladit a koordinovat proces obranného plánování, civilního nouzového plánování, jakož i vytvořit podmínky pro vzájemnou součinnost mezi jednotlivými orgány krizového řízení a koordinovanou činnost výkonných složek systému krizového řízení ČR.

---

Východiskem, jak se na krizi připravit je vytvoření krizového scénáře a krizového plánu. Krizové scénáře a plány se vytvářejí pro nejzávažnější rizika, kde podkladem je podrobná analýza rizik, obsahující analýzu potenciálu krize a pravděpodobnost výskytu. Rizika se posuzují dle frekvence výskytu a závažnosti dopadu. Zapletalová (2012) uvádí význam krizového plánování, který spočívá zejména v následujících faktorech:

- připravenost na možné krizové situace – scénáře a plány,
- jasném vymezení rolí (pravomoc, odpovědnost) – tvorba krizového týmu,
- včasné reakci na vzniklou krizovou situaci,
- minimalizaci dopadů krizové situace,
- zajištění ochrany lidí, majetku a životního prostředí,
- usnadnění splnění dalších regulačních požadavků vyplývajících z platných právních norem,
- připravenost na práci s médii,
- zvýšení schopnosti vyvést podnik z krize a zabezpečit obnovu klíčových podnikových činností,
- zlepšení podnikové image, pověsti, reputace.

Etapy krizového plánování v situaci potenciální krize (Hálek, 2008):

- situační analýza, identifikace, analýza a hodnocení rizik a příležitostí, identifikace vnitřních a vnějších podnikových rizik, konstrukce matice rizik, identifikace příležitostí k překonání rizik,
- identifikace krizových situací, označení ohnisek krize způsobující krizové stavy,
- tvorba krizových scénářů, popis průběhu konkrétní krizové situace v čase a prostoru,



- 
- zpracování krizového plánu, aktualizace cílů, plán krizové komunikace, návrh a příprava opatření na eliminaci výskytu a důsledků rizik, popis využití příležitostí k nastolení zdravého fungování podniku, časový harmonogram činností.

Etapy krizového plánování v situaci akutní krize:

- identifikace akutní krize,
- strategie, rychlé získání hotovosti, zásadní změna strategie podniku, určení silného krizového manažera a krizového týmu,
- řešení akutní krize, konsolidace, sanace, fúze, likvidace, úpadek.

Předpokladem pro plánování je existence centrální rozhodovací autority, která na základě centralizovaných informací vytyčuje a realizuje základní ekonomické cíle podniku. Podstata plánování spočívá v následujících charakteristikách (Antušák 2013):

- přispívá k dosažení záměrů a cílů,
- je prioritní mezi manažerskými funkcemi,
- vztahuje se na veškeré aktivity,
- umožňuje efektivní provádění činností.

Plánování k dosažení cílů procesu zvládnání krizí vychází z podstaty tohoto procesu. Plánování je zaměřeno do budoucnosti. Určuje, čeho má být dosaženo a jak. V podstatě tedy zahrnuje plánovací funkce manažerské aktivity, zaměřené na stanovení budoucích cílů a vhodných prostředků pro jejich dosažení. Výsledkem plánování je plán, tj. psaný dokument, specifikující akce, které musí jednotlivé orgány krizového řízení uskutečnit. Proces uskutečňování jednotlivých akcí musí být maximálně racionální a ekonomicky co nejefektivnější. Proto se vyžaduje, aby plány byly efektivní. Efektivnost plánů je dána stupněm dosažení vytyčených záměrů či cílů (Zapletalová, 2012).

Na druhé straně je efektivnost plánu dána také tím, do jaké míry přispěl k dosažení záměrů či cílů, vzhledem k nákladům vynaloženým na jeho sestavení a realizaci. Plán

---

sice někdy může přispět ke zkvalitnění požadovaných cílů, ale za cenu nepřiměřeně vysokých nákladů. Plán je tedy možné považovat za efektivní tehdy, jestliže dosáhne svých cílů při vynaložení přiměřených nákladů za předpokladu, že náklady nejsou vyjádřeny pouze v časových či peněžních jednotkách, ale také mírou uspokojení jednotlivců a skupin (Antušák, 2009). Krizový plán tedy bude možné považovat za efektivní tehdy, jestliže cílem řízení rizik je:

- minimalizovat či zamezit možnosti vzniku krize,
- redukovat rozsah škod a minimalizovat dobu trvání krize, při vynaložení přiměřených nákladů.

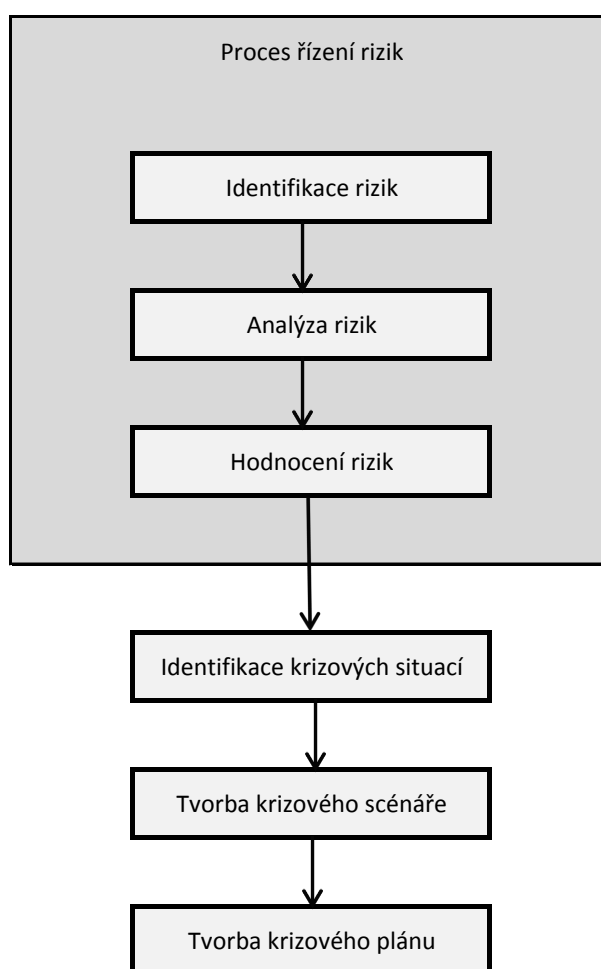
Priorita plánování vyplývá z toho, že plánování logicky předchází výkon všech dalších manažerských funkcí organizování, výběru a rozmíst'ování pracovníků, vedení lidí a kontrole. I když v praxi všechny manažerské funkce vytvářejí systém, který funguje jako celek, plánování je svým způsobem unikátní.

Plánování a kontrolování je neoddělitelné – jsou to siamská dvojčata managementu. Jakýkoli pokus o kontrolu bez existence plánu je nesmyslný, protože neexistuje žádná jiná možnost, jak odpovědět na otázku, zda jdeme tam, kam chceme (to je výsledek kontrolní úlohy), pokud si nestanovíme cíl cesty (což je úkolem plánování). Plánování tak vytváří standardy pro kontrolu. Všeobecně platí, že plánují všichni manažeři (vedoucí pracovníci orgánů krizového řízení), přesto je rozdíl mezi plánováním na vrcholové (ústřední) úrovni a nižších úrovních řízení, mezi plánováním „*dohlížitelů*“ na nejnižší úrovni dané organizace a mezi vytvářením strategických plánů vrcholovými manažery (Hálek, 2008). Strategicky uvažující podnik, který potencionálně počítá se vznikem krizové situace by měl obětovat prostředky na vytvoření krizového plánu podniku, neboť v konečném důsledku se peníze investované do krizového plánu mnohonásobně vrátí snížením nákladů na řešení krizové situace (Hálek, 2008).

Krizový scénář představuje popis situačních sledů v čase, popis událostí, nebo událostí, situací, plánovaných postupů či způsobů jednání a komunikace. Scénář popisuje předpokládanou budoucí situaci (obrázek 15). Jedná se o možný variantní vývoj. Scénář slouží k popisu možné krizové situace a dále jako podklad pro vytvoření krizového plánu.

---

Krizový plán vymezuje automatické řešení předvídatelných situací (formulace představ o věcném, časovém a finančním řešení odhadnutelných variant a odpovídajícím postupu zásahů), zmapování prostředků ke zvládnutí krize (kde hledat prostředky, jak zabezpečit dosažitelnost, jak je aktivovat), definice rolí aktérů zvládnutí krize a vztahů mezi nimi (zmapování klíčových aktérů řízení krize – vrcholové vedení, krizový analytici, tiskový mluvčí atd.) a personální obsazení krizového týmu a jeho spolupracovníků (Zuzák a Königová, 2009).



**Obrázek 15 - Zjednodušený proces tvorby krizového scénáře a krizového plánu**

Zdroj: Zuzák a Königová (2009)

Základní část krizového plánu obsahuje (Antušák a Vilášek, 2016):

- charakteristiku organizace krizového plánu,
- přehled možných zdrojů rizik a analýzy ohrožení,

- 
- přehled právnických osob a podnikajících fyzických osob, které zajišťují plnění opatření vyplývajících z krizového plánu.

Operativní část krizového plánu obsahuje:

- přehled krizových opatření a způsob zajištění jejich provedení,
- plán nezbytných dodávek,
- způsob plnění regulačních opatření,
- přehled spojení na subjekty podílející se na připravenosti na mimořádné události, nebo krizové situace a jejich řešení,
- rozpracování typových plánů na postupy na řešení konkrétních druhů hrozících krizových situací, identifikovaných v analýze ohrožení,
- přehled plánů zpracovaných podle zvláštních právních předpisů využitelných při řešení krizových situací.

Pomocná část krizového plánu obsahuje:

- přehled právních předpisů využitelných při přípravě na krizové situace a jejich řešení,
- zásady manipulace s krizovým plánem,
- geografické podklady,
- další dokumenty související s připraveností na krizové situace a jejich řešení.

Antušák a Vilášek (2016) specifikují jednotlivé části krizového plánu na obrázku 16.



**Obrázek 16 - Struktura krizových plánů**

Zdroj: Antušák a Vilášek (2016)

Při vytváření prostředí pro efektivní zvládnutí krizí je nejdůležitějším úkolem vedoucích pracovníků orgánů krizového řízení, manažerů, krizových manažerů podniků či jiných institucí dosáhnout jistoty, že každý účastník pochopil účel (smysl a poslání) a cíle (úkoly) tohoto procesu, včetně metod pro jejich dosažení. Jestliže má být proces zvládnutí krizí úspěšný a efektivní, musí lidé vědět, co je třeba udělat. To je funkce plánování, které je první manažerskou funkcí řízení, je východiskem pro všechny ostatní manažerské funkce, a zahrnuje výběr poslání a cílů a volbu činností pro jejich dosažení. Jak by měl konkrétně vypadat krizový plán podniku? Plánování staví mosty mezi současným stavem a stavem po dosažení cílů. Vytváří podmínky pro to, aby se realizovaly určité záležitosti, které by se třeba za jiných okolností neuskutečnily. Jen zřídka se nám však podaří přesně předvídat budoucnost, faktory náhody mohou změnit i ty nejlepší plány. Plánování je proces, který vyžaduje intelekt. Vyžaduje, abychom vědomě určovali průběh činností a zakládali naše rozhodování na cílech, znalostech a důležitých odhadech (Antušák a Vilášek, 2016).

Plánování bude naplňovat své poslání pouze tehdy, když jako součást každého plánu budou také stanovena a v účelných časových intervalech prověřována kritéria jeho plnění. Předpokládá tedy nejen jasné stanovení cílů, ale také způsobů hodnocení míry a postupů jejich dosažení. Krizový plán má snižovat rizika a uplatnit rychlé a efektivní kroky ke zvládnutí krize (Hálek, 2008). Dle Smejkal a Raise (2013) má krizové plánování tři základní úkoly:

- krizové plány poskytují krizovým manažerům a zásahovým skupinám výjimečné právní a administrativní pravomoci k akcím; v rámci jednotlivých firem je třeba, aby tyto pravomoci byly zakotveny v příslušných interních předpisech – například v krizových a havarijních plánech,

- 
- krizové plány poskytují návody k provedení patřičných tísňových zásahů,
  - krizové plány ustanovují systémy, které pomáhají krizovým manažerům zmírňovat následky mimořádných událostí a pomáhají zabránit tomu, aby tísňová událost přerostla v krizi, nebo sérii krizí.

Krizový plán je souborem postupů pro řešení jednotlivých očekávaných případně neočekávaných událostí, které jsou vyhodnoceny na základě provedené rizikové analýzy (Smejkal a Rais, 2013).

Existence krizových plánů jako volba optimální reakce na vzniklý problém je základem úspěchu zvládnutí krize. Pokud řídicí pracovník nemusí volit způsob řešení na základě vlastní intuice s vylučováním neúspěšných pokusů, ale řídí se předem stanoveným a vyzkoušeným plánem, jsou negativní následky vzniklé krizové situace minimální, nebo pro firmu snesitelné (Veber, 2014).

Řídicí aktivity vedení firmy by měly směřovat k vyloučení krizových situací, bohužel nelze plně zajistit, že ke krizové situaci ve firmě nedojde. Veber (2014) uvádí charakter věcné či ekonomické krize, základní postup řešení krizové situace:

- zjištění a vyhodnocení nežádoucí situace. Je zřejmé, že impulsem k řešení jakýchkoliv nežádoucích situací je okamžik jejich zjištění. Ten se bude lišit podle druhu krize. V případě náhlých krizí typů požár či ekologická havárie je krizový stav zjevný. Budou voleny okamžité zásahy s cílem operativně a obvykle eliminovat nežádoucí situaci,
- vyhodnocení krizové situace a rozhodování o jejím řešení,
- opatření ke snížení či zmírnění negativních účinků krize. Tento krok nepřichází v úvahu vždy, nicméně v některých krizových situacích je třeba zvážit možnost jeho uplatnění,
- řešení krizové situace. Jedná se o realizaci havarijních případně krizových plánů podniku,

- 
- komunikace v krizové situaci. Pro krizovou komunikaci platí některá osvědčená doporučení. Nejhorší chybou je, když se veřejnost a zejména zaměstnanci a nejbližší okolí firmy dozví o krizové situaci z jiných než autentických zdrojů,
  - obnova revitalizace firmy. Řešení krizové situace může mít dvojitý výsledek. Buď se podaří firmu stabilizovat a vyvést z krize, nebo dojde k poškození firmy, případně jejímu zničení.

Vlastníci, ale i krizový manažer jsou pod silným časovým tlakem. Proto se zaměstnanci budou muset smířit s tím, že v zavedeném stylu řízení bude posílen prvek autoritativního řízení. Krizový manažer musí rozhodovat rychle, a dokonce někdy i s přesvědčením, že potencionálně špatné rozhodnutí je lepší než žádné rozhodnutí.

Základem úspěšného zvládnutí krizí je začlenění protikrizových opatření do základních strategických postupů podniku (Lednický, 2006).

### **2.4.3 Krizová komunikace**

Komunikace je výměna informací mezi jedinci zprostředkovaná souborem kódů (znaků, signálů) sdílených odesílatelem i příjemcem pomocí komunikačních kanálů, a to buď jen směrem k příjemci, nebo v obou směrech.

Komunikace je jednou z nejdůležitějších podmínek existence člověka jako společenského tvora. Komunikace probíhá slovy, intonací, rychlostí mluvy, pohyby těla, očí. Pokud jde o komunikaci jako zprostředkované sdílení, základním východiskem je řeč. Předmětem krizové komunikace je sdělování informací (Hálek, 2008):

- mezi orgány a prvky krizového řízení a uvnitř tohoto systému,
- veřejnosti, médiím, odborníkům, soudním znalcům a orgánům činným v trestním řízení,
- podřízeným, zaměstnancům firmy, rodinným příslušníkům.

Cílem krizové komunikace dle Antušáka a Viláška (2016) je uvolnit správné informace ve vhodný čas a na správném místě a tím dosáhnout:

- 
- včasné odborně plnohodnotné připravenosti orgánů a prvků krizového řízení k činnostem, které budou následovat,
  - redukovat nejistotu, přispět k zajištění efektivního chování, zabránit vzniku paniky,
  - zabránit, nebo zmírnit rozsah negativní publicity, poškozující integritu a dobré jméno firmy.

Důležitým prvkem krizové komunikace je kolektivní komunikace a její konkrétní přístup dle situace (Roudný a Soušek, 2014). Dále uvádí pravidla úspěšné krizové komunikace:

- kritika tisku nesmí zůstat bez odpovědi,
- připravit scénář krizové komunikace,
- stanovit role v systému krizové komunikace,
- incidenty se nesmějí stát krizemi,
- prosperita se nemůže postavit na tvrzení, že firmu nemůže krize postihnout,
- pravidelně aktualizovat krizový plán,
- vedení organizace se bere jako součást zdrojů,
- neustále je potřeba hledat slabé prvky systému,
- nejtěžší část krize může být si uvědomění a připuštění, že nastala,
- nelze být skoupí na informace,
- v krizové situaci je nutno médiím poskytnout informace,
- mluvčí je klíčovou osobou,
- věnovat zdroje na cvičení a instruktáž vedení,



- 
- držet se krizových plánů, využívat zkušenosti a znalosti odborníků,
  - nepovažovat odkládání za správnou strategii.

Úspěšné přežití krize vždy do určité míry závisí na schopnosti komunikovat. Nedostatečná komunikace vede k nedůvěře, konfrontacím a konfliktům. Komunikační strategie podniku musí odrážet schopnosti podniku reagovat jak na předvídatelné, tak i nepředvídatelné krize.

Hálek (2008) uvádí, že krizová komunikace vyžaduje především najít uspokojivé odpovědi na otázky:

- co nejhoršího se může stát,
- jaká je nejpesimističtější varianta dalšího vývoje,
- k jaké mezi může dojít vývoj nastupující krize,
- jaké mezní důsledky může přinést vývoj situace bez zásahu,
- kdy a jak začít s krizovou komunikací,
- s kým a v jakém pořadí komunikovat,
- co komu sdělit,
- co to udělá s podnikem,
- jakou reakci od oslovených komunikačních partnerů lze očekávat?

Základem úspěšné krizové komunikace je jasné vymezení pravomocí a odpovědnosti jednotlivých pracovníků a zvládnutý systém organizace chodu firmy. Pokud interní komunikace funguje v období relativní stability firmy je předpoklad jejího zvládnutí v období ovlivňování krizí (Antušák a Vilášek, 2016).

V externí komunikaci je potřeba zvládnutí ovlivnění médií a dlouhodobou spoluprací navodit bezproblémový oboustranně akceptovaný vztah solidnosti. V případě vzniku krize je předpoklad prezentace krize spřízněnými médii v solidním zhodnocení stavu

---

firmy. Tato spřízněná média vyrovnávají informace vznikající u médií, která se zabývají převážně bulvárními tématy a účelově manipulují se skutečností. Objektivní hodnocení krize ve firmě snižuje vznik negativních dopadů do dalšího fungování firmy (Hálek, 2008).

## 2.5 Metody rozhodování

Rozhodovací procesy je možno chápat jako procesy řešení rozhodovacích problémů s více než jedním řešením. Vzhledem k významným důsledkům rozhodování (a to především při řešení strategických rozhodovacích problémů) na hospodářské výsledky podniku a jeho prosperitu by mělo být snahou manažerů dosáhnout co nejvyšší kvality rozhodování. Tuto kvalitu ovlivňuje větší počet faktorů, z nichž mezi nejvýznamnější patří uplatnění racionálních postupů řešení rozhodovacích problémů, informační vybavení a užití metody a modely rozhodování. Uplatnění racionálních postupů rozhodování znamená, že řešení rozhodovacích problémů prochází všemi fázemi počínaje identifikací problému až po volbu varianty určené k realizaci a že žádná z nich není opomenuta a každá probíhá v požadované kvalitě (Veber, 2014).

Dostatečné informační vybavení patří k základním předpokladům kvalitního rozhodování. Nedostatek informací, nesprávné, resp. nepřesné informace mohou vést k volbě špatných rozhodnutí s nepříznivým vlivem na hospodářské výsledky podniku. Významným nástrojem podporujícím dosažení vyšší kvality rozhodování mohou být metody a modely, kterých lze využít při řešení určitých fází rozhodovacích procesů. Největší počet metod a modelů, vyvinutých teorií rozhodování, se vztahuje k fázi stanovení důsledků variant rozhodování vzhledem ke kritériím hodnocení kvantitativní povahy, resp. k hodnocení variant a volbě optimální varianty při jednom, nebo větším počtu kritérií hodnocení (Veber, 2014).

Analýzu rozhodovacích problémů, identifikaci jejich prvků a zobrazení vzájemných závislostí těchto prvků podporují influenční diagramy, resp. kognitivní (myšlenkové) mapy, které představují grafický nástroj zobrazení prvků rozhodovacích problémů a jejich vazeb pomocí uzlů a spojnic grafu. Stanovení důsledků variant rozhodování vzhledem ke kvantitativním kritériím podporují metody operační analýzy (matematické programování, teorie zásob, teorie hromadné obsluhy, metoda kritické cesty, PERT aj.). Nejvýznamnější z těchto metod – matematické programování – podporuje kromě stanovení důsledků variant

---

i jejich tvorbu včetně stanovení optimální varianty řešení dobře strukturovaných rozhodovacích problémů, zobrazených pomocí matematických modelů v podobě tzv. kritériální funkce a soustavy omezujících podmínek (Veber, 2014).

Největší pozornost věnovala teorie rozhodování problematice hodnocení variant v případě většího počtu kritérií hodnocení. Součástí těchto metod multikritériálního hodnocení jsou jednak metody stanovení vah kritérií, vyjadřující kvantitativně odlišnou významnost jednotlivých kritérií z pohledu rozhodovatele, jednak metody vlastního multikritériálního hodnocení, jejichž výsledkem je uspořádání variant rozhodování podle jejich celkové výhodnosti od nejlepší varianty k variantě nejhorší (tzv. preferenční uspořádání variant). Předností metod multikritériálního hodnocení je jejich využitelnost pro hodnocení variant řešení rozhodovacích problémů odlišné věcné náplně (hodnocení a volba investičních projektů, variant výrobního programu, variant distribučních cest, uchazečů o určité místo aj.). Vzájemnou závislost mezi daty, informacemi a znalostmi lze ilustrativně chápat tak, že data, jako vhodně vyjádřené symboly, představují „výchozí surovinu“, která je transformována na informaci. Znalosti vymezují základní rámec pro myšlenkové (kognitivní) procesy interpretace dat (Veber, 2014).

Klasik světového managementu Peter F. Drucker v tomto směru poznamenává, že znalosti dnes považujeme za základní zdroj. Půda, práce a kapitál jsou především důležité jako omezení. Bez nich by ani znalosti nemohly být produktivní. Bez nich by ani systém řízení neměl co řídit. Tam, kde je řízení efektivní, tj. tam, kde jsou znalosti aplikovány na poznání, můžeme vždy získat ostatní zdroje (Drucker, 2012). Někdy se uvedený řetězec podmiňujících se pojmů doplňuje o poslední stupeň označovaný jako „*znalostí kompetence*“, resp. „*moudrost*“. Tento stupeň se pak chápe jako vysoký stupeň lidského poznání, které je obohaceno o hodnotící měřítko jednotlivce a jeho vztah k okolnímu světu. Uvedený řetězec „*data – informace – znalosti*“ je pro náš výklad přijatelně zjednodušeným vysvětlením dnešního dominantního vědeckého chápání informačních procesů (Veber, 2014).

Mezi nejdůležitější složky problematiky volby optimálního rozhodování patří dále rozhodovací procesy a rozhodovací problémy. Jejich správná charakteristika je základem dalšího postupu. Podstatou rozhodovacího procesu je volba alespoň mezi dvěma možnostmi, dvěma variantami rozhodování. Při manažerském rozhodování se prolínají vědecké přístupy

---

s uměním rozhodovat, tj. s menším či větším podílem intuice (Fotr, 2010). Rozhodovací procesy lze chápat jako procesy řešení rozhodovacích problémů, tj. problémů s více (alespoň dvěma) variantami řešení. Jestliže vycházíme z toho, že základním atributem rozhodování je proces volby, tj. posuzování jednotlivých variant a výběr rozhodnutí (optimální varianty, resp. varianty určené k realizaci), pak problémy s jediným řešením (ať existuje pouze jediné řešení, resp. bylo nalezeno pouze jediné řešení) nejsou rozhodovacími problémy a řešení těchto problémů nevyžaduje rozhodovací proces (Vodáček a Vodáčková, 2013).

Problémy (až již rozhodovacího, nebo nerozhodovacího charakteru) bychom mohli obecně vymezit existencí difference (odchylky) mezi žádoucím stavem (standardem, normou, plánem, tím, co má být) určité složky okolí rozhodovatele a jejím skutečným stavem. Přirozeně musí jít o diferenci nežádoucí, tzn., že skutečný stav je horší než stav žádoucí. Žádoucí stav může přitom vycházet z určitých minulých zkušeností (např. úroveň zásob surovin, resp. rozpracované výroby, která se v minulosti osvědčila). V tomto případě vede k vzniku problémů např. vzrůst zásob, zvýšená fluktuace pracovníků, zvýšení určitých nákladových položek, např. nákladů na opravy a údržbu, nákladů na vyřizování reklamací, pokles prodej aj., tzn., že vznik problémů signalizují odchylky skutečného stavu od stavu, který existoval v minulosti a který se považuje za vyhovující. V mnoha případech mohou být žádoucí hodnoty stavu stanoveny plánem, a to často kvantitativně, tj. v podobě určitých ukazatelů (např. plánovaný objem produkce, procento reklamací, podíl na určitém trhu, výše zisku, rentability kapitálu aj.). Odchylky skutečnosti od plánovaných hodnot, zjištěné kontrolními procesy, pak identifikují problémy, které by měla organizace řešit (Blažek, 2014).

K identifikaci odchylek skutečnosti od žádoucího stavu mohou vést též určité kritické ohlasy na některé aktivity firmy, např. nespokojenost zákazníků s novým produktem, resp. způsobem jeho distribuce, stížnosti odborů na plnění kolektivní smlouvy, špatné hodnocení firmy investičními společnostmi, resp. ratingovými agenturami, která tak přestává být dobrou příležitostí pro umístění kapitálu, aj. Ve většině výše uvedených problémů jde o reálné, již existující problémy, které se mohou ovšem lišit svým rozsahem, naléhavostí, a tím, i dopady na firmu v případě, že se tyto problémy nebudou řešit. Určité problémy bychom však mohli označit jako problémy potenciální, které mohou vzniknout v budoucnu. Tyto problémy závisí často na vývoji určitých faktorů podnikatelského okolí, které mohou firmu buď ohrožovat (např. možný vzrůst cen surovin, energií, vstup

---

konkurence na určitý trh, válečný konflikt v určitém regionu aj.), nebo jí mohou naopak přinášet příležitosti (objevení nových výrobků a technologií, vzrůst poptávky, ústup konkurence z určitého trhu aj.). Uvědomění si těchto hrozeb, resp. příležitostí a včasná reakce na ně (která má opět povahu řešení problému, často inovačního charakteru) znamenají prevenci pozdějších problémů, které by mohly ohrožovat i samu existenci firmy (Veber, 2014).

Fotr (2012) definuje základní pojmy rozhodování:

- normativní teorie rozhodování – poskytuje návody, jak řešit rozhodovací problémy a jaké modely aplikovat tak, aby se dosáhlo žádoucí kvality rozhodnutí,
- deskriptivní teorie rozhodování – zaměřuje se na popis, analýzu a hodnocení již proběhlých rozhodovacích procesů,
- rozhodovací problém – problém s více než jednou variantou řešení,
- rozhodovací proces – proces řešení rozhodovacího problému, členěný do více časově návazných fází (etap), které tvoří identifikace rozhodovacího problému, jeho analýza a formulace, tvorba variant rozhodování, stanovení kritérií hodnocení, určení důsledků (dopadů) variant, hodnocení variant a výběr varianty určené k realizaci, realizace zvolené varianty a kontrola výsledků,
- základní typy rozhodovacích problémů – dobře a špatně strukturované rozhodovací problémy, rozhodovací problémy za jistoty, rizika a nejistoty,
- postoj rozhodovatele k riziku averze, neutrální postoj a sklon k riziku projevující se volbou variant s odlišnou mírou rizika,
- racionálně – ekonomický model rozhodování – rozhodování ekonomicky racionálního člověka, maximalizujícího dosažení cílů, založené na systematickém vyhledávání všech variant řešení a na volbě nejlepší varianty (uplatnění principu optimalizace),

- 
- administrativní model rozhodování – rozhodování reálného rozhodovatele s omezenými informacemi, znalostmi a schopnostmi řešit rozhodovací problémy založené na hledání a na volbě varianty uspokojující rozhodovatele (uplatňování principu satisfakce).

Vodáček a Vodáčková (2013) uvádějí jako příklad méně podrobné dekompozice rozhodovacího procesu přístup Simonův, který rozlišuje tyto čtyři etapy (aktivity):

- analýza okolí (intelligence aktivity), zahrnující zjišťování podmínek vyvolávajících nutnost rozhodovat,
- identifikaci rozhodovacích problémů a stanovení jejich příčin, návrh řešení (design aktivity),
- zaměřený na hledání, tvorbu, rozvíjení a analýzu možných směrů činnosti, volba řešení (choice aktivity), zahrnující hodnocení variantních směrů činnosti navržených v předchozí etapě, která vyústí do volby varianty určené k realizaci,
- kontrola výsledků (review aktivity), orientovaná na hodnocení skutečně dosažených výsledků varianty po její realizaci a jejich posuzování vzhledem k předem stanoveným cílům. Výsledky této etapy mohou pak iniciovat nový rozhodovací proces.

Veber (2014) rozlišuje přístupy k rozhodovacím procesům z celé řady různých hledisek. Patří sem zejména:

- čas disponibilní na rozhodnutí,
- typy rozhodujících situací,
- prostor rozhodovacího procesu,
- úplnost a neúplnost možného využití fází rozhodovacího procesu,
- podmínky realizace rozhodovacího procesu,
- dostupnost informací pro přijetí rozhodnutí,

- 
- existence kvantitativních komplexních systémových informací vztažených k danému problému,
  - možnosti efektivního využití algoritmu a modelu teorie strategických her,
  - disponibilní softwarové nástroje, rychle adaptabilní pro vyřešení dané situace.

Obecně lze rozhodovací proces charakterizovat ve čtyřech základních skupinách:

- rozhodování za jistoty,
- rozhodování za nejistoty,
- rozhodování za rizika,
- rozhodování za neúplné informace.

## **2.6 Využití metod simulačních modelů v lesním hospodářství**

V současné době jsou ve výrobním procesu lesního hospodářství vyřešeny zejména pracovní postupy dílčích operací lesnických činností. Jedná se o stanovená pravidla, jak postupovat v jednotlivých pracovních operacích zejména s ohledem na prováděnou činnost, vybavení pracovníků, dodržení zásad BOZP a hygieny práce. Rozhodovací procesy jsou mimo jiné v organizacích hospodařících s majetkem státu zakotveny v interní řízené dokumentaci. Převážně se jedná o obecné zásady na základech výzkumu obecného chování součástí životního prostředí a zákonných principů. Matematické postupy se uplatňují ojediněle. Systém rozhodování postupu v kalamitních situacích je řešen pouze v rovině obecné, převážně intuitivním rozhodováním.

V oboru lesního hospodářství byly řešeny simulační modely pro obnovu lesních porostů v souvislosti s vývojem zastoupení dřevin (Kupka, 1999). Pro simulaci růstových možností lesních porostů na základě volby hospodářských režimů byl vytvořen simulátor Silva 2.2. (Simon, 2002). Racionalizací výrobních postupů pomocí simulačních modelů se zabýval v 80. letech Líbal (1980). V oblasti hospodářské úpravy lesa bylo modelování použito pro simulaci vývoje přírůstu dřevin na základě stanovištních podmínek a výchovných postupů (Ďurský, 2002). Velmi zajímavé jsou růstové simulace vývoje

---

porostů pomocí růstového modelu SIBYLA, které obsahují kromě predikce základních taxačních parametrů (počet jedinců, kruhová základna, zásoba porostu, štihllostní kvocient apod.) také indexy charakterizující simulaci samovývoje Clark-Evansův, Arten-profil, index porostní proměnlivosti (Štefančík, 2010).

Autoři Fahse a Heurich (2011), se zabývali pochopením faktorů, které ovlivňují vývoj a šíření epidemie kůrovce a je použitelný pro řízení lesního hospodářství včetně předvídání rizik vzniku ohnisek. Simulační model byl konstruován v podmínkách Národního parku Bavorský les. Tento model primárně poskytuje nástroj pro analýzu a pochopení prostorových a časových aspektů vzniku ohnisek kůrovce. Měl umožnit odhad účinnosti souběžných dopadů chování přirozených nepřátel kůrovce na omezení dynamiky kalamity v praxi. Model použili k předpovědi pravděpodobnosti vypuknutí kalamity v různých nastaveních vstupních hodnot. Výsledky simulace ukázaly odlišné prahové chování systému v reakci na tlak antagonistů, nebo na lesnické ovlivňování populace kůrovce. Navzdory různým posuzovaným scénářům ze simulací vyvodili jednoduché pravidlo, kde pro úspěšné řízení ohniska je základem, pokud zhruba 80 % dospělých brouků v době rojení zabijí přirození nepřátelé, nebo lesníci. Poté nedojde ke vzniku ohniska. Lausch, Heurich a Fahse (2013), zveřejnily další výsledky zkoumání simulačního modelu viz. výše. Cílem tohoto šetření bylo analyzovat a popsat dlouhodobé časoprostorové zamoření kůrovcem v Národním parku Bavorský les a provést šetření prostorově-časových posunů bodů ohnisek napadení kůrovcem v letech 1988 až 2010. Zjištěné výsledky byly použity následovně:

- jako základ pro kritéria zlepšení parametrů prostorově-temporálních simulačních modelů,
- pro lepší pochopení vztahu kůrovce a existujících procesů fungování lesního prostředí, jako jsou modely řešící narušení, nebo poškození smrku způsobených změnou klimatu,
- pro test hypotéz o vztazích mezi přítomností kůrovce a příslušnými charakteristikami stanovišť, jakož i kompilace prognózních modelů na rozptýlení kůrovce.



---

Tyto předpovědi byly určeny jako pomoc při implementaci konkrétních strategií řízení, aby se zabránilo šíření kůrovce. V Norsku se simulačními modely kůrovce zabývala Jönsson (2012). Ve své studii používá ekosystémový modelovací přístup k analýze vlivu různých environmentálních faktorů na riziko kalamitního přemnožení kůrovce. Modelové výpočty populační dynamiky byly vyvinuty a implementovány v rámci modelování ekosystému LPJ-GUESS. Výsledkem studie je závěr, kde pro přemnožení kůrovce je zásadní:

- dostupnost vhodného kalamitního dříví pro vývoj,
- vliv klimatických podmínek v oblasti.

Z Rakouska pochází výzkum modelování chování kůrovce, kterým se zabýval Pasztor (2014). Důvodem studie byla potřeba vyvinout nástroje pro posouzení rizik škod způsobených kalamitami kůrovce, aby bylo možné rozvíjet a provádět adaptační opatření v obranných postupech. Problematikou kůrovce na Šumavě se zabývá studie autorů Berec, Doležal a Hais (2013), Předmětem studie bylo vytvoření simulačního modelu narušení lesního ekosystému na Šumavě v souvislosti s přemnožením kůrovce v oblasti.

Zenkl (2014) se zabýval matematickým modelováním dynamiky populace kůrovce. Hlavním tématem bylo studium kritické hodnoty brouků potřebných k překonání stromové obrany jako funkce různých parametrů modelu. Autor dále popisuje diskrétní modely dynamiky populace kůrovce na úrovni celého lesa a zkoumá účinnost různých metod ochrany proti vypuknutí kůrovcové kalamity. Abdullah (2018) se zabývala výzkumem modelů v souvislosti, jak minimalizovat hospodářské ztráty a vyloučit vzniku ohnisek, včasným odhalením napadení kůrovcem, zejména v období, kdy stromy dosud nevykazují vizuální příznaky napadení. Základem výzkumu je zjištění, že napadení kůrovcem ovlivňuje fyziologický a chemický stav stromu. Výzkum probíhal na území Národního parku Bavorský les.

Samardžič-Petrovič a Ddagičević (2015) se zabývali možnostmi zvládnutí a prevencí napadení lesních porostů hmyzem a snížení významných hospodářských a ekologických ztrát na základě zlepšení znalostí o procesu napadení. Hlavním cílem této výzkumné studie byl navrhnout a implementovat model založený na metodě prognózy prostorového šíření

---

zamoření. Studie se prováděla v oblasti Bulkley-Nechako v Britské Kolumbii v Kanadě pomocí datových souborů pro tři časové řady 2004, 2008 a 2012.

## **2.7 Využití metod multikriteriálního rozhodování (MCDA) v lesním hospodářství**

Prací, které se věnují problematice multikriteriální rozhodovací analýzy (dále MCDA) v lesním hospodářství je omezené množství. Základní rozdělení prací je na hodnocení potenciálu lesa v souladu s jeho využitím a přímé hodnocení jednotlivých probíhajících provozních procesů. Využití v oblasti rozvoje silniční infrastruktury v lesním hospodářství se zabývá Abdi (2009). Jeho práce se zabývá návrhem posouzení optimální varianty výstavby lesní dopravní sítě s přihlédnutím k vynaloženým nákladům. Podmínkou hodnocení je jeho následná praktická uskutečnitelnost. Výsledky přinesly přínosy do zlepšení procesu plánování staveb. Uhde (2015) se zabývá možnostmi použití MCDA v oblasti plánování využití produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa. Metoda je zde použita jako podpora pro rozhodování lesního plánování. Mendoza a Martins (2006) zkoumali využití MCDA v oblasti hodnocení vhodnosti biotopů v rozsáhlých lesních komplexech. Na základě hodnocení byla vypracována mapová vrstva GIS, která následně slouží pro další lesnické plánování. Kiker (2005) se zabývá možnostmi použití MCDA pro aplikaci vědeckých teoretických přístupů do praktického lesního hospodaření a vymezení oblastí, kde se dají jednotlivé přístupy aplikovat prakticky. Práce autora Mendoza (2005) se zabývá možnostmi využití MCDA v oblasti využití přírodních zdrojů. Jedním ze zdrojů je posuzován i lesní ekosystém. Model se zabývá jednotlivými variantami využití zdrojů s výsledným dopadem na finální stav ekosystému.

Mnoho studií se zabývá analýzou střetu požadavků společnosti na využití lesa pro své potřeby. Jsou zde řešeny aspekty střetu ekonomické, enviromentální, sociokulturní a další. Na základě MCDA jsou navrhovány řešení a voleny optimální varianty využití. Martins a Borges (2007) se zabývali problematikou využití lesního prostředí v Portugalsku. Nördstrem, Eriksson a Öhman (2010) se zabývali modelováním optimální varianty na základě zvolených požadavků na využití lesního prostředí několika sociálními skupinami. Na základě jejich požadavků byla volena optimální strategie využití. Projekt se uskutečnil pro městský les v Lycksele ve Švédsku. Obdobný výzkum probíhal v Turecku, kde pomocí MCDA byla volena autory Gül, Gezer a Kane (2006) nejlepší lokalita pro nové městské lesy.

---

Důvodem studie byla rozšiřující se městská zástavba a potřeba vyčlenění části lesa pro volnočasové potřeby společnosti. Ve Finsku Mustajoki (2011) na základě nepříznivých dopadů hospodaření s lesy a výskytu přirozených stávaníšť sobů v Horním Laponsku použil MCDA pro výběr řešení problému. Na základě zkoumání ekonomických, ekologických a kulturních aspektů problematiky, bylo snahou najít průnik působících aspektů a zvolit optimální řešení problému. V socio-ekologickém územním plánování řízení přírodních zdrojů se pokusil Kangas et al. (2005) ve Finsku o vyřešení střetu zájmových skupin společnosti pomocí MCDA. Výsledkem bylo rozdělení zkoumaného území na oblasti s doporučením využití jednotlivých částí dle výsledků studie. Finské státní lesy dnes metodu používají k řešení konfliktních situací využití přírodních zdrojů. Podobná studie byla vypracována Sheppardem et al. (2005) pro oblast Britské Kolumbie v Kanadě. Základem bylo využití MCDA pro integraci veřejných priorit ve využití přírodních zdrojů, včetně lesního prostředí. Podobnou problematikou se zabývají Muys et al. (2010) a Linkov et al. (2006). Hodnocení koncepcí lesního hospodaření ve vztahu k dosažení trvalé udržitelnosti hospodaření se zabývá Wolfslehner et al. (2005). Problematiku dále rozpracovali ve své práci Wolfslehner a Seidl (2010), kdy do výpočtu zahrnuli požadavky jednotlivých zainteresovaných skupin, nároky společnosti, odborné studie vlivu na prostředí. Výsledkem je moderní řídicí systém s přihlédnutím k veškerým požadavkům zainteresovaných skupin působících v oblasti lesního hospodaření a celkovému využívání lesního prostředí.

## **2.8 Shrnutí problematiky**

Les jako živý organismus a celý jeho systém fungování je pro dnešní společnost jedinečný a nenahraditelný. Z ekonomického hlediska je využíván zejména k produkci dřevní suroviny, kde následné produkty tvoří důležitou složku užívání každodenního života člověka a zatím je nelze nahradit. V dnešní době ovšem narůstá potřeba společnosti po mimoprodukčním využívání lesa. Les je zdroj zejména rekreační funkce, kde společnost hledá místo pro svůj odpočinek a trávení mimopracovního času. Sekundárně mají na společnost vliv půdoochranné a vodohospodářské funkce, které působí regulativně na negativní projevy životního prostředí. Z výše uvedených důvodů je nutno les udržovat v životaschopném stavu a zabránit rozvrácení jeho trvalosti. Hospodaření vlastníka lesa je nutno směřovat k udržení trvalosti a minimalizaci negativních vlivů biotických, abiotických a antropogenních. Narušení lesního prostředí má za následek sekundární dopady, které zásadně ovlivňují společnost (povodně, sesuvy, eroze atd.).

---

Vznikající mimořádné situace v lesním prostředí deklarované jako krizové situace, mají zásadní vliv na lidskou společnost, jelikož jejich neřešením vznikají následné sekundární škody, mnohdy ještě většího rozsahu než primární. Vznikající primární škody je nutno řešit a pokud možno jim předcházet. Část krizových situací, převážně způsobených životním prostředím jsou stavy nepředvídatelné jak do situování, tak do rozsahu a těmto nelze předcházet. Důležitým faktorem je mít vypracované postupy, jak se v případě vzniklé krizové situace chovat a zejména ve vztahu k řešení rozhodovat. Z hlediska lesního prostředí neexistuje jednotný možný postup řešení krizové situace, ale je nutno do řešení zapojit možnosti zdrojů na likvidaci a zkušenosti s řešením obdobných situací v minulosti. Jako pomoc při rozhodování mohou sloužit matematické metody a simulační modely, které na základě známých veličin a se zohledněním stochastických vlivů vytvoří výsledný postup s vysokou mírou pravděpodobnosti úspěchu řešení. Podporou pro toto tvrzení je důležité zanalyzovat databázi již proběhlých řešení krizových situací, uložených v centrální databázi dat LČR, s.p. V případě použití výsledků řešení vzniklé situace pro rozhodování je nejdůležitějším přínosem úspora času a následně i snížení ztrát v důsledku pozdního, nebo nevhodného rozhodnutí. Většina autorů literárních zdrojů na téma použití simulačních modelů, případně modelů MCDA v lesním hospodářství se zabývá globálními problémy lesnictví, zejména s ohledem na volbu optimálního využití lesního prostředí. Specifickým výzkumem použití simulačních modelů se autoři v nalezených zdrojích zabývali pouze s prognostikou plošného šíření kůrovců. Na základě prostudovaných literárních zdrojů byly vyvozeny následující závěry:

- les a lesní prostředí je nenahraditelná složka životního prostředí a je nutno zde hospodařit způsobem, abychom dosáhli trvalosti produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa,
- krizové situace svým výskytem narušují lesní prostředí a tímto jej destabilizují, vlastník lesa musí provádět účinná opatření, která budou minimalizovat negativní dopady,
- současné řešení krizových situací je v lesním hospodářství řešeno na pragmatické bázi, kde do rozhodnutí řídicího pracovníka o způsobu likvidace krizové situace vstupují znalosti, zkušenosti, intuice a osobní odvaha rozhodování,

- 
- v jiných oborech lidské činnosti již byly vyzkoušeny nové poznatky s řešením krizových situací a jako takové je potřeba provést výzkum, zda tyto poznatky a postupy jsou aplikovatelné v lesním hospodářství,
  - v lesním hospodářství bylo matematických metod a použití simulačních modelů pro řešení krizových situací dle dostupných zdrojů použito omezeně a je zde rozsáhlý prostor pro další výzkum,
  - provoz lesní hospodářství je obor konzervativní, který ztěžka přijímá nové poznatky výzkumu, vzhledem k nárůstu objemu krizových situací v posledních letech (rozsáhlé větrné polomy 2007-2017, rozsáhlé poškození lesních porostů žírem kůrovců 2015-2018, povodně 1997-2012) je zjevné, že současné používané metody likvidace krizových situací jsou již nedostatečně účinné a je nutné provést výzkum nových metod řešení krizových situací a po ověření jejich aplikovatelnosti zavést do systému.

Na základě výše uvedených skutečností bylo rozhodnuto o provedení výzkumu v oblasti možností použití matematických metod a simulačních modelů jako prostředku podpory pro rozhodování řídicích pracovníků při řešení krizových situací v lesním hospodářství.

---

### 3 Cíle disertační práce

Na základě vymezení teoretických východisek problematiky, stanovení významnosti řešené problematiky pro lesní hospodářství a analýzy a syntézy informací z literárních zdrojů, byly stanoveny následující **základní výzkumné otázky**, kterými se disertační práce zabývá:

- je využití matematických metod a simulačních modelů pro řešení krizových situací v lesním hospodářství použitelné?
- jsou výsledky řešení krizových situací pomocí matematických metod a simulačních modelů přínosem pro lesní hospodářství?

**Základním cílem výzkumu** je navržení a ověření nových metod a postupů pro řešení krizových situací v lesním hospodářství a vytvoření pomocných prostředků pro rozhodování majitelů a správců lesních majetků. Důvodem výzkumu je zvyšování se počtu vznikajících krizových situací a růst vzniklých škod na lesním prostředí.

**Základním cílem disertační práce** je analýza dosavadního systému řešení krizových situací v prostředí lesního hospodářství, navržení a ověření možnosti použití matematických metod a simulačních modelů pro hledání nových postupů řešení v dané problematice. Základní cíl výzkumu disertační práce byl následně rozdělen na dílčí cíle práce (obrázek 17). Z důvodu rozsáhlosti lesního hospodářství v České republice, byl výzkum uskutečněn na území Lesní správy Dvůr Králové, která je organizační jednotkou Lesů České republiky, s.p.

#### **Dílčí cíle práce jsou:**

- zpracování dat centrální databáze LČR, s.p. z let 2008–2017,
- statistická analýza dat výrobních činností Lesní správy Dvůr Králové z let 2008-2017,
- provedení analýzy rizik – volba krizových situací k řešení,
- volba metod zkoumání vybraných krizových situací,
- řešení krizových situací zvolenými metodami,
- ověření výsledků řešení na praktických příkladech krizových situací,
- shrnutí závěrů z výsledků výzkumu.



**Obrázek 17 - Dílčí cíle disertační práce**

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

---

## **4 Metodika a metody řešení práce**

### **4.1. Metodika řešení práce**

Struktura zkoumané problematiky je složitá s ohledem na strukturu specifických podmínek strategického řízení výrobních procesů lesního hospodářství a primární zemědělské produkce. Primární zemědělská produkce se realizuje v oblasti rostlinné výroby převážně v jednoletých produkčních cyklech. Z toho vyplývá, že vykazuje vysoký stupeň adaptability na změny ekonomických podmínek a realizaci jednotlivých ročních výrobních procesů ve vazbě na změnu výrobní struktury. U systému lesní výroby jde o dlouholeté výrobní cykly v časovém horizontu rozmezí 100–200 let, kde výsledky procesů ve výsadbě a následné výchově nových lesních porostů se projeví až na konci výše uvedeného období. Rychlá adaptabilita výrobního procesu je tudíž minimální. Řešení krizových situací však umožňuje analýza a realizace změn ve stávajícím relativně vysoce konzervativním systému hospodaření zkoumaného prostředí. Pro zpracování disertační práce byla vypracována metodika výzkumu dle níže uvedeného postupu, (obrázek 18):

#### **předvýzkum**

- vymezení teoretických východisek problematiky,
- stanovení významnosti řešené problematiky pro lesní hospodářství,
- analýza a následně syntéza existujících literárních zdrojů,
- definování problematiky k výzkumu – cíl práce.

#### **analýza dat**

- zpracování dat centrální databáze LČR, s.p. z let 2008–2017,
- statistická analýza dat výrobních činností Lesní správy Dvůr Králové z let 2008-2017,
- provedení analýzy rizik – volba krizových situací k řešení,
- volba metod zkoumání vybraných krizových situací.

#### **řešení problematiky**

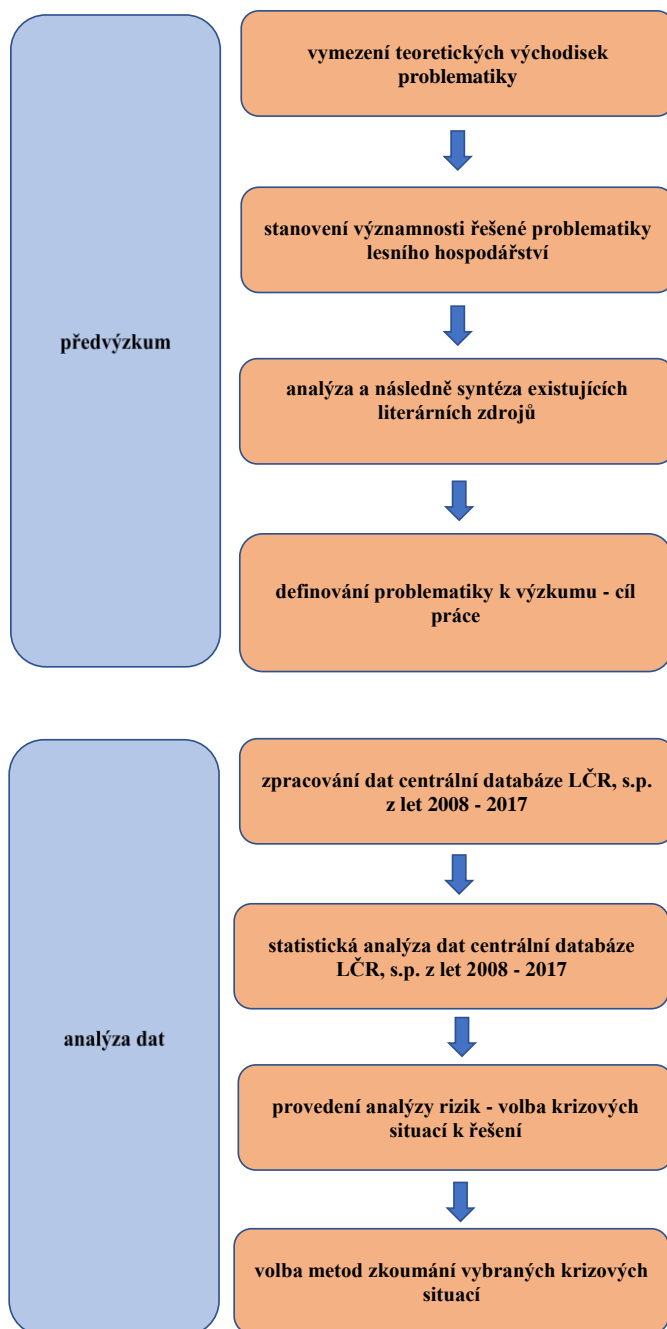
- řešení krizových situací zvolenými metodami,

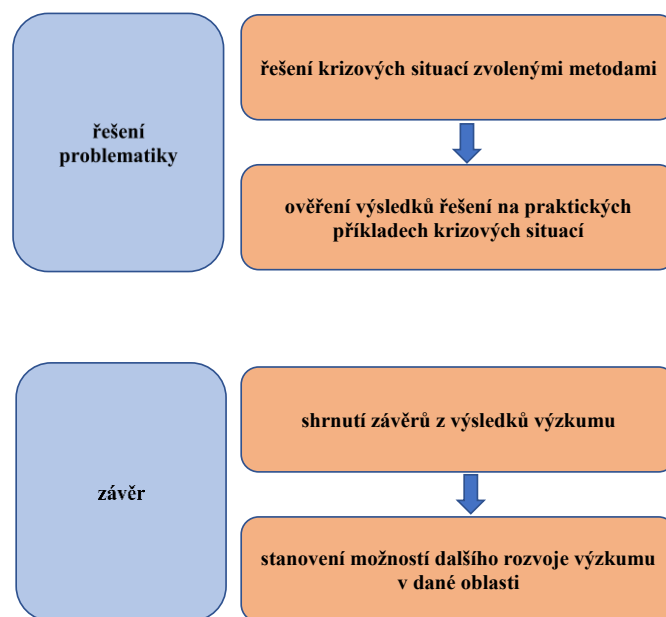


- 
- ověření výsledků řešení na praktických příkladech krizových situací.

## **závěr**

- shrnutí závěrů z výsledků výzkumu,
- určení možností dalšího rozvoje výzkumu v dané oblasti.





**Obrázek 18 - Metodika disertační práce**

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

## 4.2 Metody řešení práce

### 4.2.1 Zpracování a analýza dat výrobních činností

Území Lesní správy Dvůr Králové se nachází v severní části České republiky. V rámci územně samosprávných celků zasahuje do krajů Královehradeckého 94 % a kraje Libereckého 6 % výměry. V rámci obcí s rozšířenou působností (dále ORP) státní správa spadá pod ORP Trutnov, ORP Náchod, ORP Broumov, ORP Jaroměř, ORP Jilemnice, ORP Vrchlabí, ORP Nová Paka, ORP Dvůr Králové. Výměra pozemků určených k plnění funkcí lesa je 21 830 ha. Území lesní správy je rozděleno na 15 revírů, kde probíhá přímá správa majetku ve vlastnictví České republiky a v menší míře odborná správa pro drobné vlastníky lesa. Nejvyšším bodem území je Ruprechtický špičák s 890 m.n.m., nejnižším bodem řeka Labe v Jaroměři s 248 m.n.m. Druhá skladba lesa se skládá z převahy jehličnanů 81 % (smrk ztepilý 67 %, borovice lesní 6 %, modřín evropský 7%), listnáče zaujímají 19 % (buk lesní 8 %, dub letní 4 %, ostatní listnaté 7%) plochy lesa. Věkové rozdělení lesa je nerovnoměrné, oproti normalitě je výrazně zastoupen les starší 80 let, a to 64 % nad normalitu. Pro přehlednost a jednoznačnost určení jsou veškeré lesní pozemky rozděleny plošně systémem označení jednotlivých porostů, se zákresem do specializovaných map.

---

Ze specializovaných map se dá zpětně určit lokalizace určité činnosti, nebo události. Na základě výše uvedených informací o charakteristice zkoumaného území je z důvodů vysokého zastoupení dřevin méně odolných působení krizí a vyšších věkových stupňů dřevin vysoké nebezpečí vzniku krizové situace.

V disertační práci byla použita data z datového skladu LČR, s.p. Vlastníkem dat jsou LČR, s.p. Jedná se o podrobná data výroby Lesní správy Dvůr Králové, která jsou konkretizována z hlediska prostorového, časového, finančního a objemového. Centrální databáze informačního systému LČR, s.p. je umístěna v datovém skladu na podnikovém ředitelství v Hradci Králové. Databáze obsahuje veškerá potřebná data, která jsou důležitá a potřebná pro fungování firmy. Data jsou vedena na základě rozdělení výrobních výkonů do seznamu číselných znaků, kde veškeré textové informace jsou převedeny do číselného kódu. Jsou zde uložena data z oblastí výroby, účetnictví, správy majetku. Databáze je vedena od roku 1992, kdy byly založeny LČR, s.p. Databáze slouží převážně pro potřeby analýz dat minulých let a porovnávání s možnostmi dalšího vývoje. Na základě volby dotazů je možno z databáze získat potřebné informace.

Slovo analýza pochází (z řec. ana–lyó, rozvazovat, rozebírat) znamená rozbor, metodou zkoumání složitějších skutečností rozkladem na jednodušší. Používá se v mnoha vědách, ve filosofii i v běžném životě, pokud chceme dospět k jistým výsledkům na základě detailního poznání podrobností. Protikladem analýzy je syntéza. Postupy a metody, založené na analýze, se nazývají analytické a člověk, který se zabývá analýzami, je analytik. Analýza je základní metoda poznávání objektů, jevů a procesů, kterou se poznávaný objekt rozkládá (dekomponuje) na jeho jednotlivé části (prvky, znaky, složky apod.) a zjišťují se vzájemné vztahy (souvislosti) mezi nimi, dále mezi částmi a celkem, mezi celkem a okolím, mezi celky, které jsou ve vztahu atd. Umožňuje poznání podstatných rysů zkoumaného jevu, odkrytí jeho struktury a vztahů. Základní operace: rozložení na komponenty, jejich rozlišení, uspořádání, kombinace, tvoření tříd, zjištění vztahů, interpretace výsledků. Po analýze následuje syntéza, umožňující vytvoření závěrů. Podle zaměření můžeme analýzu členit na faktorovou, interakční, textovou, obsahovou, strukturální, významovou, vztahovou (Průcha a Veteška, 2014).

---

## 4.2.2 Analýza rizik

Analýza rizik je rozbor, zkoumání nežádoucích stavů, nebezpečí, která mohou s danou pravděpodobností nastat a způsobit nám škody. Analýzou hledáme nejvýznamnější rizika, která potřebujeme vhodnými opatřeními eliminovat, nebo zcela zamezit jejich vzniku, je-li to možné (Procházková, 2011).

Analýza rizik je převážně spojena s vedením a řízením projektů. Projekty zavádí nové změny do praxe. Ty se nikdy neobejdou bez rizik. Rizik, které mohou způsobit, že projekt nedosáhne stanovených cílů, nebo dojde k velkým finančním, kapacitním ztrátám apod. U každého rizika se počítá stupeň významnosti rizika. Významnost rizika se vypočte jako součin stupňů dopadů rizika a stupňů pravděpodobnosti výskytu rizika. Dopady jsou většinou hodnoceny stupnicí 1-5, od dopadů zanedbatelných (1) až po krizové (5). Podobně je hodnocena pravděpodobnost výskytu od vyloučené (1) až po jisté (5) (Procházková, 2011). S využitím takového ohodnocení vznikne matice významnosti rizika, kde jsou rizika rozčleněna na:

- nízká - <12,
- střední - 12 a <16,
- vysoká - > 16.

Výsledkem analýzy rizik je stanovení významnosti definovaných rizik. Každé riziko, s ohledem na zadání, má různé dopady, které může způsobit. Dopady rizika neboli následky, hodnotíme v pětibodové stupnici (tabulka 1).

**Tabulka 1- Dopady rizika**

riziko - významnost vlivu/dopad rizika			
úroveň	označení	číselné vyjádření	interval pravděpodobnosti
5	katastrofický	od 4,1 - 5,0	katastrofická ztráta, zničení majetku
4	velmi významný	od 3,1 - 4,0	významná ztráta, případně poškození majetku
3	významný	od 2,1 - 3,0	vyžaduje okamžité řešení situace
2	drobný	od 1,1 - 2,0	ovlivňuje pouze dílčí aktivity
1	téměř nezatelný	od 0,1 - 1,0	neovlivňuje ztelně fungování

Zdroj: Procházková (2011)

Kromě dopadů jednotlivých rizik se stanovuje pravděpodobnost vzniku rizika. Výskyt hodnotíme na pětibodové stupnici (tabulka 2).

**Tabulka 2 - Pravděpodobnost výskytu rizika**

riziko pravděpodobnosti výskytu			
úroveň	označení	číselné vyjádření	interval pravděpodobnosti
5	téměř jisté	od 4,1 - 5,0	vyskytne se skoro vždy
4	pravděpodobné	od 3,1 - 4,0	pravděpodobně se vyskytne
3	možné	od 2,1 - 3,0	někdy se může vyskytnout
2	nepravděpodobné	od 1,1 - 2,0	vyskytnout se může, ale nemusí také vůbec
1	téměř vyloučené	od 0,1 - 1,0	vyskytuje se pouze ve vyjimečných případech

Zdroj: Procházková (2011)

Stupeň významnosti rozděluje rizika do 3 hlavních pásem (tabulka 3).

**Tabulka 3 - Rozhodovací matice**

		dopad				
		úroveň	1	2	3	4
pravděpodobnost	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5

	nízká významnost	1 - 11
	střední významnost	12 - 15
	vysoká významnost	16 - 25

Zdroj: Procházková (2011)

Stupně významnosti rizik:

- nízká <12 - vlivy na činnost organizace nejsou závažné,
- střední 12 a <16 - vlivy jsou závažné, avšak ne kritické,
- vysoká > 16 - kritické vlivy a dopady na činnost organizace.

Vysoká a střední rizika je třeba řešit jako první. Je potřeba počítat s tím, že rizika se mohou eliminovat a jen někdy je možné zcela zamezit jejich výskytu. Eliminovat se mohou kontrolami, školením, testy apod. Smyslem analýzy rizik je provést rozbor a odhalit nebezpečí, nebo nežádoucí stavy, které mohou nastat v našem předmětu zájmu. Jen metoda nestačí. Je třeba dodržet správný postup uvedený dále (Procházková, 2011):

- zadání a popis prostředí – nejprve je třeba si jasně definovat, v jakém prostředí se pracuje. Vjasnit si, co patří do analyzovaného systému a co je již mimo něj,

- 
- jakmile máme systém a prostředí jasně definované, je nutné popsat zadání – proč a za jakých podmínek analýzu děláme,
  - sestavení týmu – analýzu by měli realizovat zkušení pracovníci, kteří dobře znají systém a mají zkušenosti s tím, co může nastat. Rozhodně není vhodné analýzu realizovat v jednom člověku,
  - definování rizik – pro definování rizik specialisté v týmu analyzují zadaný systém. Mohou využít vizuální modelování, brainstorming, nebo brainwriting. Hlavně si kladou otázky jako např.:
    - jaké nebezpečné stavy mohou vzniknout,
    - může dojít ke zhroucení systémů,
    - za jakých podmínek může dojít k zastavení výrobních procesů?
  - rozdělení rizik do sekcí – každé riziko zapisují do předem připravené šablony. Rizika pro další hodnocení a odhalení rizikových oblastí mohou zařazovat do definovaných oblastí, sekcí, nebo třeba i procesů,
  - výpočet stupně významnosti rizika – každé vydefinované riziko tým ohodnotí pravděpodobností jeho výskytu (1-5) a dopadem rizika (1-5). Po ohodnocení vynásobením získají stupeň významnosti a rizika roztřídí do jednotlivých pásem,
  - výběr rizik a sekcí k řešení – z celé analýzy se vyberou rizika, která je možné řešit a eliminovat jejich vznik a dopady. Nebo je možné vybrat sekce s největším počtem rizik, případně sekce s nejvíce riziky v pásmu vysoké,
  - definování opatření k eliminaci rizik – analýza může končit až poté, co na vybraná rizika tým nadefinuje vhodná opatření, která by měla rizika eliminovat.

#### **4.2.3 Volba metod zkoumání vybraných krizových situací**

V souladu s dílčími cíli a stanovenou metodikou disertační práce byly zvoleny na základě analýzy rizik následující krizové situace a určeny metody řešení problematiky:

- metoda MCDA – problematika lesních polomů, důvodem použití metody je potřeba najít řešení v konkrétním případě větrné kalamity, kde na základě zvolených a zjištěných kritérií vypočítávám postup likvidace krizové situace,
- simulační model – problematika kalamitního žíru kůrovce, metoda byla zvolena na základě potřeby prediagnostiky vývoje kůrovce v následujícím

---

období roku  $T_0$  na základě vyhodnocení zjištěných skutečností vývoje v roce  $T_{-1}$ ,

- metoda PERT – problematika lesního požáru, metoda byla zvolena na základě potřeby plánování technologického postupu likvidace lesního požáru a určení časových možností a časových rezerv.

Mimo krizových situací zvolených na základě analýzy rizik byly použity následující metody:

- statistická analýza dat výrobních činností Lesní správy Dvůr Králové z let 2008-2017,
- jednoduchá korelace a regrese – zkoumání závislosti vzniku polomů v roce běžném a kalamitního přemnožení kůrovce v roce následujícím.

### **Jednoduchá korelace a regrese**

Název řešené problematiky: Závislost mezi objemem lesních polomů v roce běžném a následně objemem zpracovaného kůrovcového dříví v roce následujícím, určení stupně síly, s jakou se daná závislost projevuje.

Zvolená metoda řešení: Jednoduchá korelace a regrese.

Slovní popis řešené problematiky: Nad daty vytěženého dříví z větrných lesních polomů z let 2008-2017 a dříví vytěženého z důvodu kalamitního žíru kůrovce za období 2009-2018 zjistit formu závislosti a stupeň síly závislosti.

Teoretický popis metody řešení: Korelace znamená vzájemný vztah mezi dvěma procesy, nebo veličinami. Pokud se jedna z nich mění, mění se korelativně i druhá a naopak. Pokud se mezi dvěma procesy ukáže korelace, je pravděpodobné, že na sobě závisejí, nelze z toho však ještě usoudit, že by jeden z nich musel být příčinou a druhý následkem.

Regresní analýza je označení statistických metod, pomocí nichž odhadujeme hodnotu, jisté náhodné veličiny (takzvané závisle proměnné, nazývané též cílová proměnná, regresand, anebo vysvětlovaná proměnná) na základě znalosti jiných veličin (nezávisle proměnných, regresorů, kovariát, anebo vysvětlujících proměnných).

---

## **Multikriteriální analýza (MCDA)**

Název řešené problematiky: větrné lesní polomy.

Zvolená metoda řešení: Multikriteriální analýza (MCDA).

Slovní popis řešené problematiky: Výpočet optimální varianty postupného zpracování lesních polomů na základě kritérií určených lesním hospodářem.

Teoretický popis metody řešení: Multikriteriální analýza (MCDA) se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Metody multikriteriálního rozhodování poté řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii. Jde o metodu, která má za cíl shrnout a utřídit informace o variantách řešení. Multikriteriální rozhodování vzniká všude tam, kde rozhodovatel hodnotí důsledky své volby dle několika kritérií, a to kritérií kvantitativních, která se zpravidla vyjadřují v přirozených stupnicích (hovoříme také o číselných kritériích), nebo kritérií kvalitativních, kdy zavádíme vhodnou stupnici, např. stupnice klasifikační, nebo stupnice velmi vysoký, vysoký, průměrný, nízký, velmi nízký a současně definujeme směr lepšího hodnocení, tj. zda lepší je maximální, nebo minimální hodnota. Multikriteriální analýza variant patří do skupiny metod pro multikriteriální rozhodování. Na rozdíl od multikriteriální optimalizace či multikriteriálního programování je v modelech multikriteriálního hodnocení variant množina variant zadána ve formě konečného seznamu variant, které jsou ohodnoceny podle jednotlivých kritérií. Toto ohodnocení může mít dvě základní formy – ohodnocení ordinální, nebo kardinální. Cílem je najít kompromisní variantu, která nejlépe vyhovuje požadavkům jednotlivých kritérií. Účelem modelových výpočtů i v těchto situacích je buď nalezení „nejlepší“ varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant, nebo stanovení preferenčního pořadí variant z hlediska celého souboru kritérií, přičemž první varianta v tomto pořadí je varianta kompromisní (Zmeškal, Dluhošová a Tichý, 2013).

Celkové hodnocení variant závisí jednak na důležitosti (preferenci) jednotlivých kritérií (interkriteriální preference), jednak na hodnocení variant alternativ podle jednotlivých kritérií (intrakriteriální preference).



---

Důležité z hlediska řešení těchto úloh jsou právě typy informací o důležitosti jednotlivých kritérií a o hodnocení variant podle každého kritéria. Jsou možné následující případy (Brožová, Houška a Šubrt, 2013):

- žádná informace – preferenční informace neexistuje tato situace je přípustná pouze pro preference kritérií mezi sebou,
- nominální informace – i toto je informace přípustná pouze pro preference kritérií mezi sebou, je vyjádřena pomocí aspiračních úrovní, tj. nejhorších možných hodnot, při nichž může být varianta akceptována, a rozděluje varianty podle příslušného kritéria na akceptovatelné a neakceptovatelné,
- ordinální informace – tato informace vyjadřuje uspořádání kritérií podle důležitosti, nebo uspořádání variant podle toho, jak jsou hodnoceny kritériem,
- kardinální informace – tento typ informace má kvantitativní charakter, tedy v případě preference kritérií se jedná o váhy, v případě ohodnocení variant podle kritéria o konkrétní nejčastěji číselné vyjádření tohoto hodnocení, které vlastně nezáleží na množině porovnávaných variant. Protože řada metod multikriteriálního hodnocení variant vyžaduje kardinální informaci, mají velký význam metody, které umožňují kvantifikovat ordinální informaci,
- jako nejlepší může být vyhodnocena pouze některá nedominovaná varianta, tj. taková, ke které se nenajde jiná, která by byla podle všech kritérií lepší, nebo s ní rovnocenná.

Postupné kroky metody:

Identifikují se alternativy. Rozhodne se o kritériích (faktorech), které budou určující při rozhodování. Podrobné hodnocení dopadu každé alternativy na každé kritérium. Tam, kde je to možné, vyjádří se čísla. Každému z kritérií (faktorů) se určí jeho relativní váha (významnost). Vzniknou tak vlastně indikátory významnosti hlavních dopadů. Tuto významnost (tj. důležitost jednotlivých faktorů) lze určit např. průzkumem u místních obyvatel. Zhodnotí se takto zpracované alternativy ve veřejné diskusi. Počátečním krokem každé analýzy MCDA je sestavení vyhodnocovací matice, jejíž prvky odrážejí pro každou alternativu hodnocení jednotlivých kritérií. Prvky této matice nemusí být čísla. Obecný ekvivalent kritériální matice by se dal označit termínem matice hodnot atributů variant (Brožová, Houška a Šubrt, 2013).

---

Kritéria, podle nichž je vybírána nejvýhodnější varianta, dělíme podle různých hledisek. Podle povahy kritéria rozlišujeme na:

- kritéria maximalizační: při rozhodování vycházíme z toho, že žádoucí je vyšší hodnota kritéria,
- kritéria minimalizační: žádoucí je nižší hodnota kritéria.

Modely multikriteriálního rozhodování tedy zobrazují rozhodovací problémy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií. Zohlednění více kritérií při hodnocení vnáší do řešení problémů obtíže, které vyplývají z obecné protichůdnosti kritérií. Kdyby totiž všechna kritéria ukazovala na stejné řešení, stačilo by pro volbu nejvhodnějšího rozhodnutí jediné z nich. Účelem modelů v těchto situacích je buď nalezení „nejlepší“ varianty podle všech uvažovaných hledisek, vyloučení neefektivních variant, nebo uspořádání množiny variant. Přístupy k multikriteriálnímu rozhodování se liší podle charakteru množiny variant či přípustných řešení. Podle způsobu jejího zadání lze rozlišit dvě skupiny těchto modelů (Brožová, Houška a Šubrt, 2013):

- modely multikriteriálního hodnocení variant jsou zadány pomocí konečného seznamu variant a jejich ohodnocení podle jednotlivých kritérií,
- modely multikriteriálního programování mají množinu variant s nekonečně mnoha prvky vyjádřenu pomocí omezujících podmínek a ohodnocení jednotlivých variant je dáno jednotlivými kritériálními funkcemi. Rozhodnutím v teorii multikriteriální analýzy variant rozumíme vybrat jednu, nebo více variant z množiny přípustných variant a doporučit je k realizaci.

Rozhodovatel by měl při výběru variant postupovat maximálně objektivně, k čemuž mu slouží aparát různých postupů a metod analýzy variant. Někdy je možno oddělit osobu zadavatele úlohy od osoby jejího řešitele (analytika). Tento postup má svoje výhody i nevýhody. Výhodou bývá skutečnost, že analytik málokdy bývá zainteresován na výsledku rozhodnutí, a proto postupuje maximálně objektivně. Nevýhodou může být fakt, že analytik nebývá obeznámen se všemi detaily úlohy, které se při zadávání nedaly modelově zachytit. Výsledkem proto může být doporučení sice objektivně „nejlepší“ varianty, ale prakticky by byla lepší jiná varianta, která se například umístila na druhém místě, zvláště při malých rozdílech hodnot agregovaného rozhodovacího kritéria. Postup řešení zadaného rozhodovacího problému (Brožová, Houška a Šubrt, 2013):



---

váženého součtu je speciálním případem metody funkce užitku. Celkový užitek varianty je vyjádřen součtem hodnot dílčích funkcí užitku (3) (Brožová, Houška a Šubrt, 2013):

(3)

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m v_j u_j(y_{ij}),$$

kde  $u_j$  jsou dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií a  $v_j$  jsou váhy kritérií.

Následuje postup (Brožová, Houška a Šubrt, 2013):

- převedeme minimalizační kritéria na maximalizační (4),

(4)

$$y_{ij} = \max_{i=1, \dots, m} (y_{ij}) - y_{ij}$$

- určíme ideální variantu  $h$  s hodnocením  $(h_1, \dots, h_m)$  a bazální variantu  $d$  s ohodnocením  $(d_1, \dots, d_m)$ ,

- vytvoříme standardizovanou kritériální matici  $R$ , jejíž prvky získáme pomocí vzorce (5),

(5)

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}$$

- pro jednotlivé varianty vypočteme agregovanou funkci užitku (6),

(6)

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m v_j r_{ij}$$

- varianty seřadíme sestupně podle hodnot  $u(a_i)$  a potřebný počet variant s nejvyššími hodnotami užitku považujeme za řešení problému.

Metoda je použita pro konkrétní rozebrání a stanovení základních pravidel ovlivnění řešení krizových situací s ohledem na existujících více faktorů do systému vstupujících.

---

Výsledkem analýzy bude určit váhu ovlivňujících faktorů, přiřazení jejich důležitosti a získání základního přehledu o procesu fungování krizové situace od počátku do vyřešení. V praktickém vyjádření na příkladu větrných polomů se jedná o následující ovlivňující faktory:

- objemový rozsah větrných polomů,
- plošný rozsah větrných polomů,
- dostupnost pro těžkou techniku,
- existence meziskladů pro zpracovanou dřevní hmotu,
- faktor ovlivnění znehodnocení dřevní hmoty nepříznivým počasím,
- disponibilnost zpracovatelských kapacit,
- časová náročnost zpracování větrných polomů,
- nebezpečí vzniku následných krizových situací (např. kůrovec),
- ohrožení majetku a života osob v bezprostředním okolí vzniklé krizové situace,
- ekonomické dopady na trh s dřevní surovinou (nadbytek dřeva na trhu),
- prodejnost dřevní hmoty z důvodu nadbytku na lokálním (ČR) trhu.

### **Simulační model**

Název řešené problematiky: kalamitní žír kůrovce.

Zvolená metoda řešení: Simulační model.

Slovní popis řešené problematiky: Výpočet optimálního počtu obraných opatření pro jarní rojení kůrovce na základě variabilních vstupních údajů modelu.

Teoretický popis metody řešení: Základní simulace vychází z přímého napodobení jednotlivých kroků chování studovaného systému. Simulace napodobuje chování procesů probíhajících v reálném systému (Houška, 2006). Simulace systémů je specifická forma procesu poznání. Simulaci systémů lze použít při zkoumání objektů i při projektování objektů, ale také při výuce, výcviku a v dalších případech sdělování poznatků a hypotéz. Předmětem simulace systémů jsou systémy vymezené na objektech poznání a jejich pohyb (ve smyslu jakékoliv změny v čase). Předmětem simulace systémů mohou být systémy vymezené na objektech jak existujících, tak projektovaných, i systémy, které nemají

---

bezprostřední vztah k objektivní realitě. Základním principem simulace systémů je na základě jejího použití se uplatňují ve všech fázích interaktivně probíhajícího procesu simulace systémů (Zítek a Petrová, 1996). Fáze simulace jsou následující (Houška, 2006):

- vymezení objektu poznání vydělením zkoumaného objektu z ostatního světa neboli stanovením požadavků na projektovaný objekt a určením použitelných dílčích objektů,
- vymezení simulovaného systému na objektu poznání (volbou hlediska, ze kterého je objekt nazírán, a rozlišovací úrovně),
- vytvoření aktuální představy o simulovaném systému a jeho pohybu (tj. formulace hypotézy o zkoumaném systému, resp. zpracování projektu systému a identifikace použitých subsystémů),
- vytvoření simulačního modelu (tj. jeho návrh a realizace) ověření správnosti simulačního modelu (tj. ověření, zda model odpovídá aktuální představě o simulovaném systému a jeho pohybu),
- ověření pravdivosti simulačního modelu (tj. verifikace hypotézy o zkoumaném systému, resp. ověření, zda vyprojektovaný systém splňuje stanovené požadavky a dá se prakticky realizovat) další použití ověřeného simulačního modelu v procesu poznání místo simulovaného systému (např. k prognózování, vědecké predikci, optimalizaci projektu, výuce, výcviku apod.).

Simulační model je systém, který napodobuje aktuální představu o simulovaném systému a jeho pohybu a je vymezen na umělém hmotném objektu vytvořeném, nebo přizpůsobeném k tomuto účelu. Návrh simulačního modelu může, ale nemusí vycházet z matematického popisu (modelu) aktuální představy o simulovaném systému a jeho pohybu (Houška, 2006).

Za simulační považujeme pouze takový model, který při napodobování pohybu simulovaného systému zachovává stejné uspořádání změn v čase. Do třídy simulačních modelů zahrnujeme i jiné modely, nebo modely na počítačích, s výjimkou modelů založených na geometrické podobnosti. Vnitřní způsob fungování modelu se ladí do té doby, až systém bude vykazovat na výstupu optimální způsob řešení krizové situace (Houška,

---

2006). Vyladěný simulační model bude následně poskytovat optimální postup řešení krizové situace pro řídícího pracovníka lesní správy.

### **Metoda PERT**

Název řešené problematiky: lesní požár.

Zvolená metoda řešení: Metoda PERT.

Slovní popis řešené problematiky: Cílem výpočtu je určit, zda je metoda PERT použitelná pro plánování technologických postupů likvidace krizových situací v lesním hospodářství a určit časové možnosti a časové rezervy.

Teoretický popis metody řešení: Je zobecněním metody kritické cesty (CPM). Tato metoda se používá k řízení složitých akcí majících stochastickou povahu. Zde se doba trvání každé dílčí činnosti chápe jako náhodná proměnná mající určité rozložení pravděpodobnosti. Empiricky bylo zjištěno, že v praxi toto nejlépe vystihuje tzv. beta rozdělení, které lépe vystihuje proměnlivost provozních podmínek (Popesko a Papadaki, 2016).

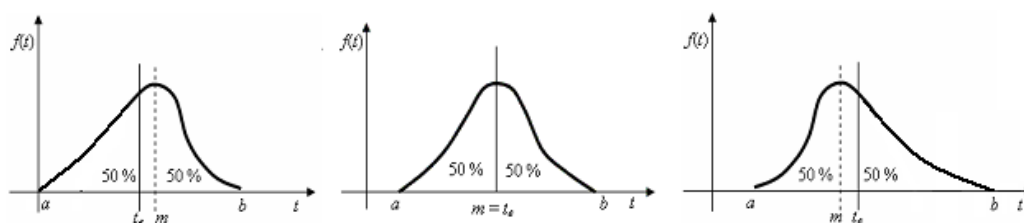
Momenty beta rozdělení se vypočítávají na základě odhadů expertů daného oboru, kteří dovedou odhadnout rizika a podmínky realizace dílčích činností, za které nesou odpovědnost (Popesko a Papadaki, 2016). Tyto odhady se opírají o možnost vyjádření ve třech časových charakteristikách (Popesko a Papadaki, 2016):

- optimistický odhad  $a$  uvažuje nejkratší dobu trvání činnosti s hypotetickou četností 1:100 (Hypotetická četnost 1:100 znamená, že kdybychom 100x dělali tutéž činnost za stejných podmínek, tak by se nám podařilo v čase a realizovat činnost právě jednou),
- modus (nejpravděpodobnější odhad)  $m$  je to nejpravděpodobnější hodnota doby trvání činnosti,
- pesimistický odhad  $b$  předpokládá nejdelší dobu trvání činnosti s hypotetickou četností 1:100.

Metoda PERT se opírá o Ljapunovu centrální limitní větu, která předpokládá nezávislost náhodných proměnných. Při provádění odhadů se berou v úvahu jen ty vlivy, které je možno klasifikovat jako náhodné jevy (Víteček a Wawrziczková 1988):

- vliv počasí u práce venku,
- vliv organizace práce,
- vliv kvalifikace,
- vliv pracovní morálky a disciplíny,
- výkonnost,
- poruchovost a podobně.

Na základě tří odhadů lze konstruovat hypotetickou křivku funkce hustoty pravděpodobnosti ve třech variantách (obrázek 19). Symetrická funkce vznikne v případě, že střední doba trvání dílčí činnosti je rovna modusu. Je nutno podotknout, že většina odhadců se jistí poměrně vysokou hodnotou pesimistického odhadu, proto je křivka hustoty nejčastěji zkosená vpravo, nebo vlevo (Víteček a Wawrziczková 1988).



**Obrázek 19 - Typické průběhy funkce hustoty pravděpodobnosti**

Zdroj: Víteček a Wawrziczková (1988)

Pro hustotu pravděpodobnosti platí vztah (7):

(7)

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt = 1$$



---

Číselné charakteristiky určíme takto (Víteček a Wawrziczková 1988):

- očekávaná doba trvání dané činnosti vypočítáme podle empirického vztahu (8):

(8)

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

- rozptyl (variace, disperze) vypočítáme podle vztahu (9):

(9)

$$\sigma_{t_e}^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$$

- směrodatnou odchylku doby trvání činnosti vypočítáme podle vztahu (10):

(10)

$$\sigma_{t_e} = \frac{b - a}{6}$$

Je-li činnost určena jen optimistickým odhadem ( $a$ ) a pesimistickým odhadem ( $b$ ), určíme číselné charakteristiky takto (Víteček a Wawrziczková 1988):

- očekávaná doba trvání dané činnosti vypočítáme podle empirického vztahu (11):

(11)

$$t_e = \frac{3a + 2b}{5}$$

- rozptyl (variace, disperze) doby trvání činnosti vypočítáme podle vztahu (12):

(12)

$$\sigma_{t_e}^2 = \frac{(b - a)^2}{5}$$

- směrodatnou odchylku doby trvání činnosti vypočítáme dle vztahu (13):

(13)

$$\sigma_{t_e} = \frac{b - a}{5}$$

Při určování kritické cesty v grafu postupujeme stejně jako u metody CPM, ale navíc počítáme v každém uzlu cestou vpřed ještě rozptyl, jako součet rozptylů předchozích činností. V koncovém uzlu budeme mít hodnotu  $T_E$  – očekávaný termín realizace celého úkolu a její rozptyl  $\sigma_{T_E}^2$ .

Protože se pracuje jen s očekávanými dobami trvání činnosti  $t_e^{ij}$ , je třeba věnovat zvýšenou pozornost i očekávaným sub-kritickým cestám, protože očekávané kritické činnosti se mohou změnit v nekritické a sub-kritické na kritické.

Pokud je zadán plánovaný termín ukončení celého úkolu  $T_P$ , pak pro odhad pravděpodobnosti (14), (15), (16), (17), že tento termín bude dodržen, platí (Víteček a Wawrziczková 1988):

(14)

$$P(T \leq T_p) = F\left(\frac{T_p - T_E}{\sigma_{T_E}}\right)$$

kde je:

$T_P$  – plánovaný termín ukončení celého úkolu,

$T_E$  – očekávaný termín realizace celého úkolu,

(15)

$$F\left(\frac{T_p - T_E}{\sigma_{T_E}}\right)$$

distribuční funkce normované náhodné veličiny  $u$ . Jestliže platí:

---

(16)

$$T_p = T_E$$

pak:

(17)

$$P(T_E \leq T_p) = F(0) = 0,50$$

Můžeme tedy s 50 % pravděpodobností očekávat, že dojde k dodržení stanoveného termínu. Jestliže platí (18), (19), (20), (21):

(18)

$$T_p > T_E$$

pak:

(19)

$$u > 0 \text{ a } P(T \leq T_p) > 0,5$$

naopak pro:

(20)

$$T_p < T_E$$

je vždy:

(21)

$$P(T \leq T_p) < 0,50$$

Praxe ukazuje, že pravděpodobnost dodržení plánovaného termínu  $T_p$  v rozsahu 0,4 - 0,6 (40–60 %) v dostatečném stupni zabezpečuje realizaci úkolu. Hodnoty převyšující 0,6 (60 %) svědčí o nadbytečném využívání zdrojů a hodnoty pod 0,4 (40 %) signalizují

---

nutnost lepšího zajištění činností ležících na cestě do daného uzlu (přiřazení dalších zdrojů, zlepšení organizace práce atd.). V případě vystupování více očekávaných kritických cest je třeba věnovat větší pozornost očekávané kritické cestě s největším rozptylem. Metoda PERT je výpočetně náročnější než metoda kritické cesty. Dovoluje však kvalitativně i kvantitativně odhadnout pravděpodobnost realizace jak jednotlivých činností, tak i celého úkolu (Víteček a Wawrziczková 1988).

---

## 5 Výsledky výzkumu

### 5.1 Statistická analýza dat výrobních činností LS Dvůr Králové

Pomocí specifických dotazů byla z datového skladu LČR, s.p. exportována příslušná data do programu Excel, kde byla uspořádána a následně analyzována. Cílem bylo data logicky uspořádat dle časových řad, rozdělit dle zaznamenaných měřitelných jednotek. K příslušným proběhlým krizovým situacím přiřadit finanční vyjádření zvýšené nákladovosti, případně snížení výnosů po dokončení likvidace následků. Pro další zpracování byla použita následující data (tabulka 4):

- celkový objem těžby dřeva dle roků bez rozlišení důvodu, vyjádřený v m<sup>3</sup>,
- průměrný rozdíl množství srážek v příslušném roce k dlouhodobému průměru let 1980–2010 vyjádřeno v % k průměru, (zdroj-meteorologická stanice Velké Svatoňovice),
- průměrný rozdíl průměrné teploty v příslušném roce k dlouhodobému průměru let 1980-2010, vyjádřeno ve °C, (zdroj – meteorologická stanice Velké Svatoňovice),
- objem dříví z celkové těžby, vytěžený z důvodu poškození kůrovci, vyjádřeno v m<sup>3</sup>,
- objem dříví z celkové těžby, vytěžený z důvodu poškození polomy, vyjádřený v m<sup>3</sup>,
- plocha zalesnění zničená přísuškem v příslušném roce, vyjádřeno v ha,
- objem škod způsobených zvěří na lesních porostech, vyjádřeno v Kč,
- plocha lesních požárů, vyjádřeno v ha.

**Tabulka 4 - Kvantifikace veličin analyzovaných dat**

Druh krizové situace	měrná jednotka	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Celkový objem úmyslné těžby	m <sup>3</sup>	158 620	176 665	129 159	130 176	180 707	152 223	142 855	134 299	150 225	117 245
Průměrný rozdíl množství srážek v roce průměru měření let 1980 - 2010	%	86	91	115	89	101	98	80	75	76	83
Průměrný rozdíl průměrné teploty v roce k průměru měření let 1980 - 2010	°C	1,00	0,60	-0,60	0,60	0,30	0,10	1,60	1,50	0,80	0,60
Objem dříví poškozeného polomy	m <sup>3</sup>	83 826	70 074	24 164	12 760	11 851	10 353	10 043	17 855	11 901	40 830
Objem dříví poškozeného kůrovci	m <sup>3</sup>	28 908	37 355	8 609	4 339	2 436	5 819	5 587	6 681	10 603	7 968
Plocha zalesnění zničená přísuškem	ha	16,00	12,32	38,17	28,01	27,22	42,59	32,25	27,07	23,73	25,62
Objem škod způsobených zvěří na lesních porostech	tis. Kč	90	156	118	142	88	292	118	135	161	124
Plocha lesních požárů	ha	1,74	0,85	2,30	0,23	0,42	0,13	1,23	0,54	0,20	0,32

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

- na základě existujících dat byly provedeny pomocné výpočty pro stanovení procentického ovlivnění těžeb v důsledku vzniku krizové situace a celkovým těžbám dříví v daném roce (tabulka 5). Jedná se o veličiny:
- procentické vyjádření poměru dříví vyrobeného z důvodu poškození polomy k celkové těžbě v daném roce, vyjádřeno v %,
- procentické vyjádření poměru dříví vyrobeného z důvodu poškození kůrovci k celkové těžbě v daném roce, vyjádřeno v %.

**Tabulka 5 - Pomocné výpočty**

Druh krizové situace	měrná jednotka	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
% dříví poškozeného polomy k celkovému objemu těžby	%	53%	40%	19%	10%	7%	7%	7%	13%	8%	35%
% dříví poškozeného kůrovci k celkovému objemu těžby	%	18%	21%	7%	3%	1%	4%	4%	5%	7%	7%

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Byly kvantifikovány výše vzniklých škod, dle jednotlivých roků a krizových situací, vyjádřeno v Kč (tabulka 6):

- finanční ztráta z důvodu těžby dříví v důsledku polomů, vztaženo k běžné úmyslné těžbě dříví,

- finanční ztráta z důvodu těžby dříví v důsledku poškození kůrovci, vztaženo k běžné úmyslné těžbě dříví,
- finanční ztráta na zalesnění z důvodu přísušku, náklad na nové zalesnění,
- finanční ztráta v důsledku škod způsobených zvěří,
- finanční ztráta z důvodu zničení poroty požárem.

**Tabulka 6 - Kvantifikace vzniklých škod**

Druh krizové situace	měrná jednotka	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Vyjádření finanční ztráty z důvodu vzniku polomů	tis. Kč	25 148	21 022	7 249	3 828	3 555	3 106	3 013	5 357	3 570	12 249
Vyjádření finanční ztráty v důsledku žiru kůrovce	tis. Kč	14 454	18 678	4 305	2 170	1 218	2 910	2 794	3 341	5 302	3 984
Vyjádření finanční ztráty z důvodu zničení zalesnění přísuškem	tis. Kč	960	739	2 290	1 681	1 633	2 555	1 935	1 624	1 424	1 537
Vyjádření finanční ztráty v důsledku škod způsobených zvěří	tis. Kč	90	156	118	142	88	292	118	135	161	124
Vyjádření finanční ztráty z důvodu vzniku požáru	tis. Kč	104	51	138	14	25	8	74	32	12	19

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Data byla následně dále statisticky šetřena a proveden výpočet (tabulka 7):

- sumární údaje za období 2008–2017,
- aritmetický průměr hodnot 2008–2017,
- směrodatná odchylka hodnot 2008–2017,
- medián hodnot 2008–2017.

**Tabulka 7 - Výpočet statistických valičin**

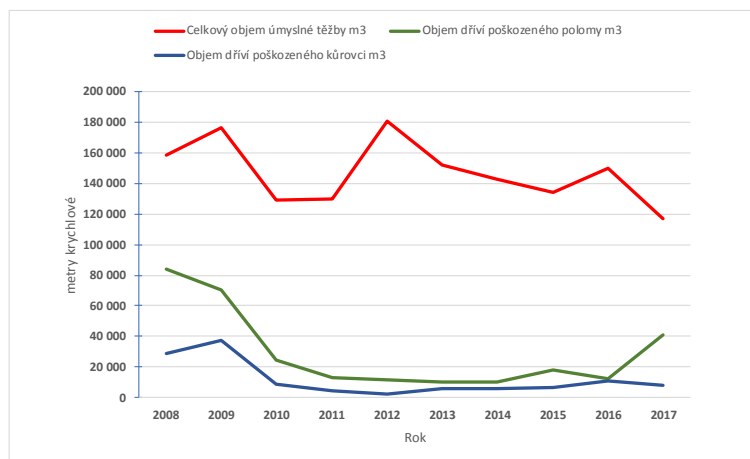
Druh krizové situace	měrná jednotka	suma 2008 - 2017	aritmetický průměr 2008 - 2017	směrodatná odchylka 2008-2017	medián 2008-2017
Celkový objem úmyslné těžby	m <sup>3</sup>	<b>1 472 175</b>	133 834	19 631	146 540
Průměrný rozdíl množství srážek v roce průměru měření let 1980 - 2010	%	<b>896</b>	81	12	88
Průměrný rozdíl průměrné teploty v roce k průměru měření let 1980 - 2010	°C	<b>9,50</b>	0,86	0,61	0,60
Objem dříví poškozeného polomy	m <sup>3</sup>	<b>293 661</b>	26 696	25 566	15 308
% dříví poškozeného polomy k celkovému objemu těžby	%	20%	20%	16%	12%
Objem dříví poškozeného kůrovci	m <sup>3</sup>	<b>118 311</b>	10 756	11 027	7 325
% dříví poškozeného kůrovci k celkovému objemu těžby	%	8%	8%	6%	6%
Plocha zalesnění zničená přísuškem	ha	<b>280,98</b>	25,54	8,63	27,15
Objem škod způsobených zvěří na lesních porostech	tis. Kč	<b>1 433</b>	130	55	130
Plocha lesních požárů	ha	<b>17,96</b>	1,63	0,70	0,48

Vyjádření finanční ztráty z důvodu vzniku polomů	tis. Kč	<b>88 097</b>	8 810	7 670	4 592
Vyjádření finanční ztráty v důsledku žíru kůrovce	tis. Kč	<b>59 153</b>	5 915	5 514	3 662
Vyjádření finanční ztráty z důvodu zničení zalesnění přísuškem	tis. Kč	<b>16 379</b>	1 638	518	1 629
Vyjádření finanční ztráty v důsledku škod způsobených zvěří	tis. Kč	<b>1 424</b>	142	55	130
Vyjádření finanční ztráty z důvodu vzniku požárů	tis. Kč	<b>478</b>	48	42	29

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Pro určení možné závislosti jednotlivých krizových situací na případné vyvolání druhotné krizové situace byla data dále zkoumána na základě grafického zobrazení (obrázek 20, obrázek 21, obrázek 22) a dále použitím statistických veličin korelace.



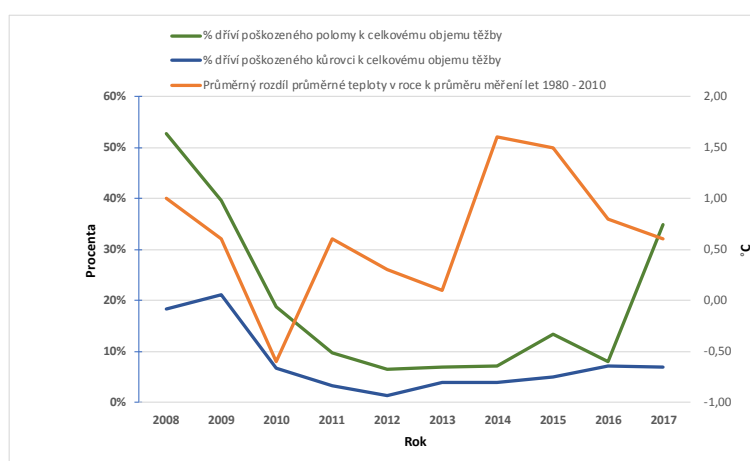


**Obrázek 20 - Přehled těžeb dříví dle roků a důvodu vytěžení dříví**

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

### Zhodnocení vývoje časových řad a možnosti vzájemného ovlivnění veličin

Výše uvedený graf nám ukazuje určitou závislost výše těžeb z důvodu vzniku polomů a následně nutných těžeb z důvodu poškození stromů kůrovci. Důvodem je fakt, že po proběhlé větrné kalamitě se nepodaří včas zpracovat veškeré polomové dříví a na části nezpracovaného dříví dojde k namnožení nové generace kůrovců. Na základě předpokladu výše uvedené závislosti bude problematika dále řešena použitím regresní analýzy na posouzení závislosti vzniku polomového dříví a vzniku kůrovcové kalamity nad reálnými daty databáze IS LČR, s.p.



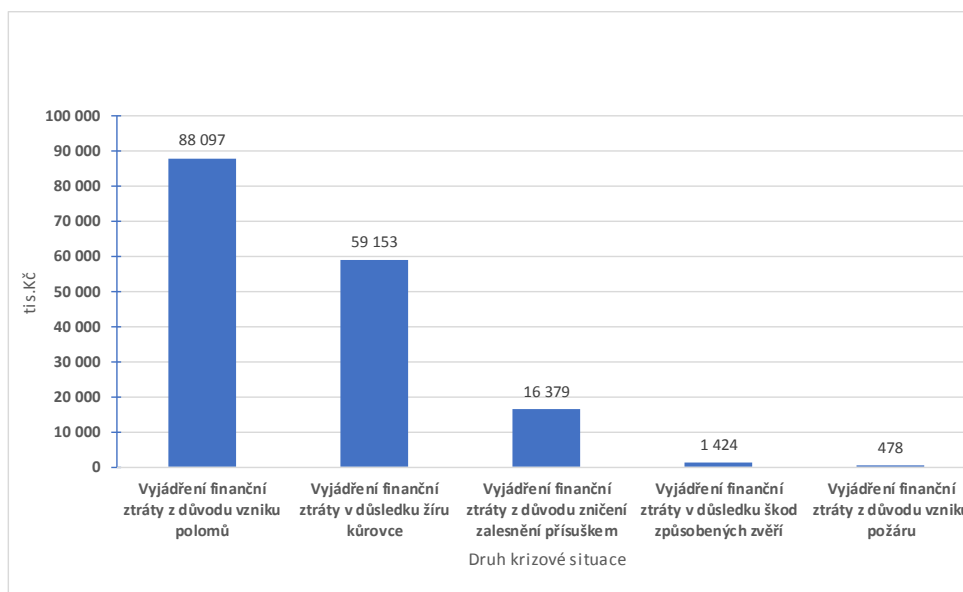
**Obrázek 21 - Přehled těžeb dle roků a důvodů vytěžení**

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

---

## Zhodnocení vývoje časových řad a možnosti vzájemného ovlivnění veličin

Závislost zkoumaných veličin je vidět v období let 2008-2010. Současně s klesající průměrnou teplotou klesají i objemy těžby způsobené polomy a kůrovcem. V následném období 2011-2017 se průměrná teplota zvyšuje a objem těžeb zůstává ve stejných hodnotách s minimálními výkyvy.



**Obrázek 22 - Přehled výše finanční ztráty dle druhu krizové situace**

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

V obrázku číslo 22 je graficky znázorněno porovnání objemů vzniklých finančních ztrát z důvodů vzniklých krizových situací.

### 5.2 Výpočet analýzy rizik

Zadání analýzy: Výpočet stupně významnosti rizik v souvislosti se vznikajícími krizovými situacemi v podmínkách území Lesní správy Dvůr Králové. Výsledek analýzy bude dále sloužit ke zvolení nejvýznamnějších krizových situací, které z důvodu vysokého rizika a pravděpodobnosti vzniku je nutno přednostně řešit dle určených cílů disertační práce.

Popis prostředí: Jedná se o oblast lesního hospodářství, kde zadavatel působí jako správce majetku. Předmětem správy je péče o trvalost funkce lesa a funkcí mimoprodukčních s tím souvisejících. Území Lesní správy Dvůr Králové se nachází

---

v severní části České republiky. V rámci územně samosprávných celků zasahuje do krajů Královehradeckého 94 % a kraje Libereckého 6 % výměry. V rámci obcí s rozšířenou působností (dále ORP) státní správy spadá pod ORP Trutnov, ORP Náchod, ORP Broumov, ORP Jaroměř, ORP Jilemnice, ORP Vrchlabí, ORP Nová Paka, ORP Dvůr Králové. Výměra pozemků určených k plnění funkce lesa je 21 830 ha.

Území lesní správy je rozděleno na 15 revírů, kde probíhá přímá správa majetku ve vlastnictví České republiky a v menší míře odborná správa pro drobné vlastníky lesa. Nejvyšším bodem území je Ruprechtický špičák s 890 m.n.m., nejnižším bodem řeka Labe v Jaroměři s 248 m.n.m. Druhová skladba lesa se skládá z převahy jehličnanů 81 % (smrk ztepilý 67 %, borovice lesní 6 %, modřín evropský 7%), listnáče zaujímají 19 % (buk lesní 8 %, dub letní 4 %, ostatní listnaté 7%) plochy lesa. Věkové rozdělení lesa je nerovnoměrné, oproti normalitě je výrazně zastoupen les starší 80 let, a to 64 % nad normalitu.

Na základě výše uvedených informací o charakteristice zkoumaného území je z důvodů vysokého zastoupení méně odolných dřevin a vyšších věkových stupňů dřevin vysoké nebezpečí vzniku krizové situace.

Sestavení týmu: lesní správce LS Dvůr Králové, lesní správce LS Hořice, lesní správce LS Česká Lípa.

Definování rizik

- větrný lesní polom,
- kalamitní žír kůrovce,
- škody způsobené lesní zvěří,
- lesní požár,
- škody na sazenicích přísušek,
- sněhový lesní polom,
- povodně,
- sesuv svahu,
- poškození lesní dopravní sítě z klimatických důvodů,
- poškození lesního porostu bleskem.

## Rozdělení rizik do sekcí

Výpočet stupně významnosti rizika – každé vydefinované riziko tým ohodnotí pravděpodobností jeho výskytu (tabulka 8) a dopadem rizika, (tabulka 9). Po ohodnocení vynásobením získají stupeň významnosti a rizika roztřídí do jednotlivých pásem (tabulka 10).

**Tabulka 8 - Riziko pravděpodobnosti**

riziko pravděpodobnosti výskytu			
úroveň	označení	číselné vyjádření	interval pravděpodobnosti
5	téměř jisté	od 4,1 - 5,0	vyskytne se skoro vždy
4	pravděpodobné	od 3,1 - 4,0	pravděpodobně se vyskytne
3	možné	od 2,1 - 3,0	někdy se může vyskytnout
2	nepravděpodobné	od 1,1 - 2,0	vyskytnout se může, ale nemusí také vůbec
1	téměř vyloučené	od 0,1 - 1,0	vyskytuje se pouze ve vyjímečných případech

Zdroj: Střelec (2017)

**Tabulka 9 - Dopady rizika**

riziko - významnost vlivu/dopad rizika			
úroveň	označení	číselné vyjádření	interval pravděpodobnosti
5	katastrofický	od 4,1 - 5,0	katastrofická ztráta, zničení majetku
4	velmi významný	od 3,1 - 4,0	významná ztráta, případně poškození majetku
3	významný	od 2,1 - 3,0	vyžaduje okamžité řešení situace
2	drobný	od 1,1 - 2,0	ovlivňuje pouze dílčí aktivity
1	téměř nezatelný	od 0,1 - 1,0	neovlivňuje znatelně fungování

Zdroj: Střelec (2017)

**Tabulka 10 - Výběr rizik a sekcí k řešení**

identifikované riziko	analýza		
	pravděpodobnost	dopad	úroveň rizika
větrný lesní polom	5	4	20
kalamitní žír kůrovce	4	4	16
škody způsobené lesní zvěří	5	3	15
lesní požár	3	3	9
škody na sazenicích přísusek	3	2	6
sněhový lesní polom	2	2	4
povodně	1	3	3
sesuv svahu	1	3	3
poškození lesní dopravní sítě z klimatických důvodů	1	2	2
poškození lesního porostu bleskem	1	1	1

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

nízká významnost	1 - 11
<b>střední významnost</b>	12 - 15
vysoká významnost	16 - 25

Definování opatření k eliminaci rizik: Na základě výpočtu analýzy rizik byly zjištěny následující výsledky:

- větrný lesní polom, kalamitní žír kůrovce – vysoký stupeň významnosti rizika,
- škody způsobené lesní zvěří – střední stupeň významnosti rizika,
- ostatní krizové situace – nízký stupeň významnosti rizika.

### 5.3 Jednoduchá korelace a regrese

Větrný lesní polom a kalamitní žír kůrovce byly na základě analýzy rizik určeny jako vysoce významné. Na základě této skutečnosti budou dále krizové situace zkoumány z hlediska ovlivnění mezi s sebou. Výpočet zjišťuje, zda vznik větrných polomů ovlivňuje kalamitu kůrovce v roce následujícím. Pro výpočet budou použita data z datového skladu IS LČR, s.p. Posun časových řad v následujících tabulkách je dán biologickým vývojem kůrovce na polomovém dříví. Zjištěné objemy vytěženého dříví dle druhu krizové situace (tabulka 11), (tabulka 12). Pro hodnocení a výpočet byla použita data organizační jednotky Lesní správy Dvůr Králové objem zpracovaného polomového dříví za období let 2008-2017 a objem zpracovaného kůrovcového dříví za období let 2009-2018.

**Tabulka 11 - Objemy polomového dříví**

**Přehled vzniklých větrných polomů dle jednotlivých let - nezávislá proměnná - x**

2008	2009	2010	2011	2012	2013
83 826	70 074	24 164	12 760	11 851	10 353
7 026 798 276	4 910 365 476	583 898 896	162 817 600	140 446 201	107 184 609

2014	2015	2016	2017	celkem
10 043	17 855	11 901	40 830	<b>293 657</b>
100 861 849	318 801 025	141 633 801	1 667 088 900	<b>15 159 896 633</b>

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

-----

## Tabulka 12 - Objemy kůrovcového dříví

**Přehled napadených stromů kůrovci dle jednotlivých let - závislá proměnná - y**

<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
37 355	8 609	4 339	2 436	5 819	5 587
1 395 396 025	74 114 881	18 826 921	5 934 096	33 860 761	31 214 569

<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>celkem</b>
6 681	10 603	7 968	4 521	<b>93 918</b>
44 635 761	112 423 609	63 489 024	20 439 441	<b>1 800 335 088</b>

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Postup výpočtů dle výše uvedených hodnot:

$$\sum x_i = 293\,657 \qquad \sum x_i^2 = 15\,159\,896\,633$$

$$\sum y_i = 93\,918 \qquad \sum y_i^2 = 1\,800\,335\,088$$

$$\sum x_i y_i = 4\,533\,154\,878$$

Sdružené regresní koeficienty (22):

(22)

$$b_{y,x} = \frac{n \sum y_i x_i - \sum y_i \sum x_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b_{y,x} = \frac{10 * 4\,533\,154\,878 - 293\,657 * 93\,918}{10 * 15\,159\,896\,633 - 293\,657^2}$$

$$b_{y,x} = \mathbf{0,2716}$$

$$a_{y,x} = y - b_{y,x} * x$$

$$a_{yx} = 9392 - 0,2716 * 2937$$

$$a_{yx} = \mathbf{1416,586}$$

$$r_{y,x} = \frac{n \sum y_i x_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2) (n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r_{y,x} = \frac{10 \times 4\,533\,154\,878 - 293\,657 \times 93\,918}{\sqrt{((10 \times 15\,159\,896\,633 - 293\,657^2) (10 \times 1\,800\,335\,088 - 93\,918^2))}}$$

$$r_{yx} = \mathbf{0,775}$$

Jednoduchá lineární regrese (23)

(23)

$$y_i = f(x_i) + e_i$$

$$y_i = \mathbf{1416,586 + 0,2716x_i}$$

Výpočet veličin pro vyjádření závislosti proměnných. Očekávaný vývoj objemu dříví napadeného kůrovcem v roce následujícím (24). V případě, že v roce 2017 bude objem větrných polomů v rozsahu 10 000 m<sup>3</sup> je možno očekávat objem dříví napadeného kůrovci v roce 2018 v množství 4132 m<sup>3</sup>.

(24)

$$y = a + bx$$

$$y = 1416,586 + 0,2716 \times 10\,000$$

$$y = \mathbf{4132\ m^3}$$

Očekávaný vývoj objemu dříví napadeného kůrovcem v roce 2018 se zvýší o 271 m<sup>3</sup>, pokud se množství větrných polomů zvýší o 1000 m<sup>3</sup> v roce 2017 (25).

(25)

$$\text{Změna } y = 1000 \times 0,2716$$

$$\mathbf{\text{Změna } y = 271\ m^3}$$

Změny ve vývoji dříví napadeného kůrovci v % z důvodu objemu větrných polomů, objem dříví napadeného kůrovci v roce následujícím je z 52,50 % způsobeno existencí větrných polomů v roce předchozím (26).

---

(26)

Koeficient determinace –  $r^2 \times 100\%$

**Koeficient determinace = 52,50%**

Test významnosti koeficientu regrese (27):

(27)

$H_0; \beta$

$$S_x = 26949,44$$

$$S_y = 10101,02$$

$$S_{byx} = \frac{S_y}{S_x} \sqrt{\frac{1 - r^2}{n - 2}}$$

$$t = \frac{b_{yx}}{S_{byx}}$$

$$S_{byx} = \frac{10101,02}{26949,44} \sqrt{\frac{1 - 0,775^2}{10 - 2}}$$

$$t = \frac{0,2716}{0,2650}$$

$$S_{byx} = 0,3748 * 0,7071 = 0,2650$$

$$t = 1,025$$

$t > t_{0,05;8}$  – nulovou hypotézu zamítáme, koeficient regrese je významný i v základním souboru.

Test významnosti korelačního koeficientu (28):

(28)

$$t = \frac{r}{\sqrt{1 - r^2}} \times \sqrt{n - 2}$$



---

$$t = \frac{0,775}{\sqrt{1 - 0,775^2}} \times \sqrt{10 - 2}$$

$$t = 1,2252 * 2,8284 = 3,4654$$

$$t_{0,05;8} = 1,025t > t_{0,05;8}$$

nulovou hypotézu zamítáme, koeficient korelace je významný i v základním souboru a platí, že  $\rho \neq 0$ .

## 5.4 Model multikriteriální analýzy variant

Cílem je ověřit možnosti použití modelu pro multikriteriální rozhodování při stanovení postupu zpracování poškozeného polomového dříví. Ověření postupu výpočtu bylo demonstrováno na případě polomového dříví způsobeného větrnou vichřicí dne 11.8.2017 na revíru Červený Kostelec v rámci Lesní správy Dvůr Králové (tabulka 13). Zadáním je určit postup zpracování dříví, aby byly minimalizovány celkové ztráty cestou minimalizace nákladů na likvidaci, minimalizace ztrát výnosů z prodeje dříví z kalamity, při zásadě dodržení zákonných lesnických omezení a nařízení.

**Tabulka 13 - Vstupní údaje o vzniklé kalamitě polomového dříví**

JPRL	dřevina	prům.h m.	objem dříví	přibližovací vzdálenost	technologie	podíl zlomů	podíl sortimentů III.A-C a vyšší
x	x	PH	OB	PV	TCH	ZL	KS
812D04	SM	0,49	130	700	harvestor	20	20
812D04	MD	0,49	24	700	harvestor	20	20
812D04	BK	0,49	12	700	harvestor	20	20
<b>Sa</b>			<b>166</b>				
812D08	SM	0,99	425	800	harvestor	40	50
812D08	BO	0,99	112	800	harvestor	40	50
812D08	BK	0,99	52	800	harvestor	40	50
812D08	BR	0,99	34	800	harvestor	40	50
<b>Sa</b>			<b>623</b>				
812A07	SM	0,69	428	1200	harvestor	50	60
812A07	MD	0,69	64	1200	harvestor	50	60
812A07	BR	0,69	19	1200	harvestor	50	60
<b>Sa</b>			<b>511</b>				
812B10	SM	1,00	215	300	harvestor	35	65
812B10	BO	1,00	54	300	harvestor	35	65
812B10	MD	1,00	38	300	harvestor	35	65
812B10	BK	1,00	12	300	harvestor	35	65
812B10	BR	1,00	29	300	harvestor	35	65
<b>Sa</b>			<b>348</b>				
812B12	SM	1,00	164	200	harvestor	25	30
812B12	BK	1,00	240	200	harvestor	25	30
812B12	BR	1,00	37	200	harvestor	25	30
<b>Sa</b>			<b>441</b>				

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Popis hodnot uvedených v záhlaví tabulky 13:

- JPRL – jednotka prostorového rozdělení lesa,
- dřevina – zastoupené dřeviny v kalamitě za JPRL,
- prům.hm. – zařazení kalamitního dříví do skupiny průměrné hmotnosti,
- odhad m<sup>3</sup> – odhad výše kalamity v m<sup>3</sup>, zjištěno přes poškozenou plochu a průměrnou zásobu na ha a jednotlivým spočítání poškozených stromů a vynásobením objemem středního kmene,
- přibližovací vzdálenost – odměřeno z porostní mapy na celé stovky metrů, měřeno z lesního porostu k existujícím nejbližším skládkám dříví,
- technologie – technologie zpracování dříví,

- podíl zlomů – odhad podílu zlomů z celkové kalamity, dále zjišťovány vývraty a dříví nepoškozené, ale z důvodu zpracování kalamity nutné vytěžit,
- podíl sortimentů III.A-C a vyšší – odhad sortimentáře dle jednotlivých JPRL a dřevin.

Určení kritérií pro hodnocení:

Pro hodnocení variant řešení příkladu (tabulka 14), bylo zvoleno pět kritérií, které byly s jednotlivými hodnotami dosazeny do kritériální matice:

- KS – podíl sortimentů dříví III.A-C a vyšší kvality – kritérium zařazeno z důvodu podstatného vlivu na zpeněžení dřevní hmoty. Vlivem času a počasí dochází k postupnému znehodnocování dřevní hmoty,
- ZL – podíl zlomů na kalamitě – zlomy jsou z kalamitního dříví nejvíce ohroženou skupinou dříví, kde dochází ke znehodnocení dřevní hmoty. Vývraty jsou stále částečně spojeny kořeny se zemí a částečně zde probíhají fyziologické procesy stromu,
- OB – objem odhadu m<sup>3</sup> dříví dle JPRL,
- PH – průměrná hmotnost dříví má vliv na zpeněžení dříví a je zde souvislost s výslednou strukturou sortimentů dle jakostí vstupujících následně do obchodu se dřívím,
- PV – přibližovací vzdálenost z lesního porostu na skládku dříví má vliv na rychlost zpracování kalamity.

**Tabulka 14 - Kritériální matice úlohy**

JPRL	KS	OB	ZL	PH	PV
812D04	20	166	20	0,49	700
812D08	50	623	40	0,99	800
812A07	60	511	50	0,69	1200
812B10	65	348	35	1,00	300
812B12	30	441	25	1,00	200

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Výpočet určení vah hodnocení Saatyho metodou (tabulka 15):

**Tabulka 15 - Stanovení vah z kardinální informace Saatyho metoda**

x	K1	K2	K3	K4	K5	b <sub>i</sub>	v <sub>i</sub>
K1	1,00	5,00	7,00	3,00	5,00	3,50	0,52
K2	0,20	1,00	3,00	3,00	5,00	1,55	0,23
K3	0,13	0,33	1,00	3,00	1,00	0,66	0,10
K4	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	0,51	0,08
K5	0,20	0,20	1,00	1,00	1,00	0,53	0,08
Sa						6,75	1,00

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

K1 – K5 jednotlivá kritéria

b<sub>i</sub> – hodnota normalizovaného geometrického průměru řádků matice

v<sub>i</sub> – vypočtená váha kritéria

Výpočet optimální varianty metodou váženého součtu (tabulka 16), (tabulka 17).

**Tabulka 16 - Základní kriteriální matice**

kritérium	K1	K2	K3	K4	K5
váha	0,52	0,23	0,10	0,08	0,08
povaha	max	max	min	max	min
K1	20	166	20	0,49	700
K2	50	623	40	0,99	800
K3	60	511	50	0,69	1200
K4	65	348	35	1,00	300
K5	30	441	25	1,00	200

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

sestavení ideální varianty h = (65; 623; 20; 1,00; 200)

sestavení bazální varianty d = (20; 166; 50; 0,49; 1200)

**Tabulka 17 - Standartizovaná kritériální matice**

kritérium	K1	K2	K3	K4	K5
K1	0,00	0,00	1,00	0,00	0,50
K2	0,67	1,00	0,33	0,98	0,40
K3	0,88	0,92	0,00	0,39	0,00
K4	1,00	0,49	0,50	1,00	0,90
K5	0,22	0,73	0,83	1,00	1,00

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Výpočet užitku jednotlivých variant (tabulka 18):

**Tabulka 18 - Výpočet užitku jednotlivých variant**

JPRL	výpočet užitku	pořadí variant
812D04	0,14	5
812D08	0,71	2
812A07	0,70	3
812B10	0,83	1
812B12	0,52	4

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Příklad použití multikritériální analýzy variant na příkladu volby optimálního postupu zpracování kalamity ukazuje, že tento systém je použitelný i v tak specifickém prostředí, jako je lesní hospodářství. Důležitým krokem při výpočtu je volba kritérií, které ovlivňují řešený proces. Do výpočtu řešeného případu by bylo možné doplnit i další kritéria, případně některá nahradit. Volba kritérií závisí na konkrétním případě. Do kritérií by bylo možné zařadit míru nebezpečí kalamitní dřevní hmoty pro šíření kůrovce, v územích se zvýšenou ochranou přírody specifikovat kritérium dle platného plánu péče atd. V lesnictví zejména v souvislosti s těžbou dříví je velký potenciál pro použití metody pro podporu rozhodování. Použití je např. pro volbu optimální technologie zpracování dříví, volba optimální skládky pro přibližování dříví, modelování trasy odvozních souprav dříví dle umístění jednotlivých sortimentů na skládkách. Metoda by měla pomoci rozhodovateli podpořit, nebo vyvrátit zamýšlený postup, zvolený dle vlastních teoretických a praktických znalostí. Důležité je počítat s možností vlivu stochastických jevů, které nám celý systém lesního hospodářství ovlivňují.

---

V případě použití intuitivního rozhodování by lesní hospodář přihlížel pouze k objemu dřevní hmoty, která byla postižena polomem. Ostatní kritéria by neuvažoval. Na základě intuitivního rozhodnutí by došlo ke ztrátě na výnosu z prodeje dříví. Srovnání pořadí dle způsobu volby (tabulka 19).

**Tabulka 19- Porovnání pořadí řešení dle výpočtu MCDA a intuitivního rozhodování**

JPRL	pořadí variant dle MCDA	pořadí variant dle intuice
812D04	5	5
812D08	2	1
812A07	3	2
812B10	1	4
812B12	4	3

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

## 5.5 Tvorba simulačního modelu prediagnostiky vývoje kůrovce

Základním cílem je vytvořit funkční simulační model jako návod pro rozhodování vlastníků, případně správců lesních majetků. Práce byla zpracována nad výsledky výskytu kůrovce na LHC Podkrkonoší, Lesní správy Dvůr Králové v letech 2008–2016. Vytvoření simulačního modelu má za cíl zvýšit možnosti vlastníka lesa na prediagnostiku a analýzu chování kůrovce v nadcházejících obdobích na základě zjištěných deterministických a zároveň předpokládaných stochasticky orientovaných proměnných. Model bude sloužit jako podpora pro rozhodování volby opatření proti šíření kůrovce.

Pro výzkum byly analyzovány data výroby Lesní správy Dvůr Králové za období let 2008–2016 spojené s výskytem kůrovce. Jedná se zejména o výše nahodilých těžeb větrných a kůrovcových ve vztahu k jednotlivým rokům. Dále byly analyzovány počty obranných opatření v jednotlivých letech (tabulka 20). Uvedená data byla seřazena do časové řady a dále zkoumány závislosti jednotlivých faktorů mezi sebou a s výsledkem na konečný efekt. Dále byla analyzována data průměrných měsíčních teplot a průměrných měsíčních srážek. Zdrojem dat byly přehledy Českého hydrometeorologického ústavu, vztažená ke Královehradeckému kraji za období let 2008–2016, v porovnání s normativem teplot a výše srážek za období let 1981–2010 (tabulka 21), (tabulka 22). V terénu byla zjišťována data vyjadřující mortalitu vývojových stádií (počty larevných chodeb s dokončeným vývojem) na napadených stromech zpracovaných v měsících září a říjen běžného roku,

v případech zjištění nedokončení vývoje jednotlivých stádií, byl vybrán jiný vzorek. Vzorek byl průřezově odebrán na šesti revírech. Byl vytvořen jednotný postup vyhodnocení stavu požerků. Odebrány byly požerky (snubní komůrka a navazující matečné chodby) v počtu 5 ks v bazální části kmene ve vzdálenosti do 3 m od začátku řezu na oddenku, 5 ks v místě přechodu kmene do za větvené části a 5 ks v místě horní třetiny kmene. Celkově bylo sledováno 15 ks požerků na 1 napadený strom. Na každém revíru byl stanoven počet sledovaných stromů na 10 ks za období září–říjen s maximem 2 ks stromu v jednom ohnisku. Důvodem rozdělení bylo maximální pokrytí plochy LHC zjištěnými vzorky. Celkem za rok a plochu celého LHC Podkrkonoší se jedná o 900 ks požerků. Na základě zjištěných hodnot byly hodnoty zprůměrovány dle revírů a období. Zároveň byl zjišťován počet matečných chodeb pro jednu snubní komůrku za účelem zjištění poměru pohlaví (tabulka 23), (tabulka 24).

**Tabulka 20- Přehled vytěžených objemů dříví dle druhu za sledované období**

rok	těžba živelná	těžba kůrovcová	objem zpracovaných lapáků	celková těžba za období	počet instalovaných opatření proti kůrovci	poměr objemu obranných opatření a objemu kůrovcové těžby v roce T-1
x	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	x
2008	46 433	15 458	2 240	72 055	1 939	0,00
2009	55 098	10 582	15 531	88 503	12 529	1,00
2010	16 209	3 843	2 853	37 369	2 030	0,27
2011	9 241	1 425	1 078	38 466	828	0,28
2012	4 910	1 181	651	84 912	514	0,46
2013	3 545	1 882	573	90 360	477	0,48
2014	5 205	1 025	967	85 950	812	0,51
2015	11 336	3 529	632	81 211	473	0,62
2016	8 517	4 070	2 944	93 321	2 480	0,83
<b>Sa</b>	<b>160 494</b>	<b>42 995</b>	<b>27 469</b>	<b>672 147</b>	<b>22 082</b>	<b>0,56</b>

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

**Tabulka 21- Přehled rozdílů průměrných teplot od normativu let 1981–2010**

rok	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok průměr
x	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
2008	3,30	3,30	0,10	-0,10	0,50	1,60	0,20	0,10	-0,50	0,10	1,90	2,10	<b>1,05</b>
2009	-2,10	0,20	0,70	4,30	0,10	-1,10	0,30	1,50	2,30	-1,10	2,70	0,00	<b>0,65</b>
2010	-3,00	-0,60	-0,10	0,30	-1,50	1,20	2,50	-0,10	-1,50	-1,70	2,20	-4,10	<b>-0,53</b>
2011	0,70	-0,90	1,00	2,70	0,20	1,20	-1,30	0,70	1,50	-0,20	-0,10	2,70	<b>0,68</b>
2012	1,50	-4,40	2,00	0,30	1,40	0,80	0,30	0,70	0,00	-0,90	2,30	-0,70	<b>0,28</b>
2013	0,00	-0,10	-3,90	-0,10	-0,90	0,20	1,50	0,50	-1,20	1,30	1,40	2,60	<b>0,11</b>
2014	2,60	3,40	3,50	1,80	-1,00	0,00	1,90	-1,30	1,50	1,90	3,60	2,50	<b>1,70</b>
2015	3,00	1,30	1,30	-0,20	-0,80	-0,10	2,00	4,30	0,60	0,00	2,60	4,70	<b>1,56</b>
2016	0,10	4,00	0,60	-0,30	0,70	1,40	0,80	-0,10	3,30	-0,30	-0,20	0,30	<b>0,86</b>
<b>průměr</b>	<b>0,68</b>	<b>0,69</b>	<b>0,58</b>	<b>0,97</b>	<b>-0,14</b>	<b>0,58</b>	<b>0,91</b>	<b>0,70</b>	<b>0,67</b>	<b>-0,10</b>	<b>1,82</b>	<b>1,12</b>	<b>0,71</b>

Zdroj: ČHMU (2017)

**Tabulka 22- Přehled rozdílů průměrných srážek od normativu let 1981–2010**

rok	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	rok průměr
x	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
2008	87	102	118	114	97	71	70	77	53	131	103	47	<b>89</b>
2009	56	115	132	16	132	115	125	59	26	161	64	85	<b>91</b>
2010	95	52	82	119	194	53	98	205	174	22	134	103	<b>111</b>
2011	87	21	47	51	88	114	175	73	102	100	2	132	<b>83</b>
2012	164	104	25	77	94	105	170	104	81	100	62	85	<b>98</b>
2013	97	96	51	84	170	204	55	71	132	84	88	44	<b>98</b>
2014	49	10	86	86	176	53	84	82	126	88	28	74	<b>79</b>
2015	116	21	102	53	74	85	33	71	34	118	178	38	<b>77</b>
2016	66	121	65	77	76	101	92	39	31	131	72	64	<b>78</b>
<b>průměr</b>	<b>91</b>	<b>71</b>	<b>79</b>	<b>75</b>	<b>122</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>84</b>	<b>104</b>	<b>81</b>	<b>75</b>	<b>89</b>

Zdroj: ČHMU (2017)

**Tabulka 23- Výsledky sledování mortality vývojových stádií kůrovce**

revír	období zjišťování	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	průměr
x	x	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Hradiště	podzim T-1	34	26	48	52	42	22	29	38	42	<b>37</b>
Vlčice	podzim T-1	25	30	54	42	56	63	44	34	36	<b>43</b>
Žacléř	podzim T-1	16	21	42	15	35	42	38	20	18	<b>27</b>
Království	podzim T-1	45	56	67	42	39	18	19	24	23	<b>37</b>
Mostek	podzim T-1	32	33	52	35	42	36	26	32	44	<b>37</b>
Podhůří	podzim T-1	48	46	75	45	55	62	55	42	24	<b>50</b>
LHC Podkrkonoší	podzim T-1	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>56</b>	<b>39</b>	<b>45</b>	<b>41</b>	<b>35</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>39</b>

Zdroj: vlastní zpracování (2017)



**Tabulka 24 - Průměrné počty matečných chodeb na snubní komůrku**

revír	období zjišťování	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	průměr
x	x	ks	ks	ks	ks	ks	ks	ks	ks	ks	ks
Hradiště	podzim T-1	2,16	2,26	2,14	2,47	2,54	2,95	2,82	2,75	2,79	<b>2,54</b>
Vlčice	podzim T-1	2,08	1,96	2,08	2,13	2,37	2,42	2,24	2,14	2,11	<b>2,17</b>
Žacléř	podzim T-1	2,32	2,57	2,74	2,57	2,44	2,59	2,64	2,42	2,62	<b>2,55</b>
Království	podzim T-1	2,44	2,32	2,24	2,35	2,52	2,63	2,72	2,65	2,52	<b>2,49</b>
Mostek	podzim T-1	2,08	2,19	2,27	2,32	2,22	2,58	2,62	2,75	2,46	<b>2,39</b>
Podhůří	podzim T-1	2,25	2,35	2,28	2,54	2,77	2,85	2,95	2,74	2,85	<b>2,62</b>
LHC Podkrkonoší	podzim T-1	2,22	2,28	2,29	2,40	2,48	2,67	2,67	2,58	2,56	<b>2,46</b>

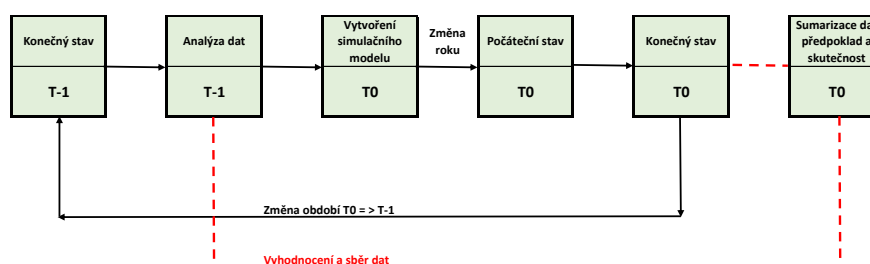
Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Na obrázku 23 je zobrazena základní modelová logika, jako základ celkového simulačního modelu. Uvedené schéma zasahuje do dvou období:

- rok T-1 – předchozí rok vlastního modelu, ze kterého přechází do analyzovaného období jednak přeživší dospělí jedinci a přeživší vývojová stádia (vejčička, larvy, kukly, nedospělá imaga), kteří jsou schopni se zúčastnit prvního rojení v simulovaném roce T<sub>0</sub>,
- rok T<sub>0</sub> - V rámci daného roku se uplatňují zadané zjištěné a stochastické parametry a je podrobně řešen vývoj jednotlivých dílčích skupin od dospělců předchozího roku do ukončení vývoje jedinců vzniklých z 1.rojení.

Cyklický rekurzivně simulační princip aplikovaný v tabulkovém procesoru je založen na časové orientaci simulovaného cyklu a termínováním počátečního a konečného stavu systému srovnatelný s běžným ročním kalendářem. Z tohoto důvodu je při kvantitativním zadání počátečních stavů, tj. analýze struktury škůdce a jeho počty bezprostředně před prvním rojením nezbytné provádět pragmatickou stochastickou úpravu jednotlivých základních vstupních exogenních parametrů.

**Obrázek 23 - Cyklický simulační princip**



Zdroj: vlastní zpracování (2017)

---

Výsledkem je návrh simulačního modelu, kde byly vylíšeny vstupní údaje systému, které mají dle mého názoru zásadní vliv na vývoj kůrovce. Pro vytvoření simulačního modelu byla nejdříve zkoumána závislost jednotlivých zjištěných hodnot a vzájemná souvislost, případně zda hodnota zásadně ovlivňuje invazivní strategii kůrovce.

Vstupní hodnoty simulačního modelu:

- průměrná měsíční teplota,
- průměrný objem srážek,
- poměr pohlaví v době rojení,
- mortalita vývojových stádií,
- průměrný počet kladených vajíček 1 samicí,
- % samic vytvářejících sesterské pokolení,
- počet obranných opatření z roku  $T_{-1}$  plánovaných pro jarní rojení roku  $T_0$ .

Z výše uvedených proměnných vychází následné výsledky:

- průměrná měsíční teplota v roce  $T_{-1}$  – vzhledem k systému tvorby simulačního modelu, byla hodnota použita pouze jako pomocná, bez použití v simulačním modelu,
- průměrný objem srážek v roce  $T_{-1}$  – důležitá veličina, která nám udává vliv na obranný potenciál stromů, do simulačního modelu použita ve formě koeficientu, který vyjadřuje vztah průměrného ročního objemu srážek a dlouhodobého normativu za období let 1981–2010,
- poměr pohlaví pro jarní rojení – vycházím z výsledků zkoumání požerků z měsíců září–říjen roku  $T_{-1}$ ; vyjádřeno poměrem,
- mortalita vývojových stádií – vycházím z výsledků zkoumání požerků z měsíců září–říjen roku  $T_{-1}$ ; vyjádřeno poměrem,
- průměrný počet kladených vajíček 1 samicí – vycházím z odborné literatury dle průměrných hodnot (použito 60 ks), v modelu možno měnit dle místních znalostí,
- % samic vytvářející sesterské pokolení – vycházím z odborné literatury dle průměrných hodnot (použito 0,5 ks vstupujících do jarního rojení), v modelu možno měnit dle místních znalostí,

- 
- počet obranných opatření z roku  $T_{-1}$  plánovaných pro jarní rojení roku  $T_0$  – vyjádřeno dle doporučeného postupu přípravy obranných opatření pro jarní rojení (kalamitní základ).

Vývojový cyklus kůrovce je uvozen obdobím jaro až podzim. Brouci po přezimování v půdě, nebo pod kůrou stromů opouštějí zimoviště a za příhodných denních teplot v rozmezí 18–20 °C po několikadenní fázi tzv. dospívání jsou připraveni k náletu na stromy. Lýkožrout smrkový je polygamní, což znamená, že jeden samec oplodní i několik samiček. Samec naletí na strom a začne se hned zavrtávat do kůry a pod ním ležícího lýka (floému). Samec v lýku vytváří tzv. snubní komůrku, do níž láká samičky. Jedna samička po oplodnění hloubí chodbu rovnoběžnou s osou kmene (matečnou chodbu) a do ní klade postupně vajíčka. Z nich se líhnou larvičky, které vytvářejí postranní chodbičky. Na stromě jsou tyto chodbičky umístěny horizontálně a bývají od sebe vzdáleny 2-10 mm. Jedna matečná chodba obsahuje průměrně 60 vajíček. Vylíhlé larvy se živí pletivem stromu. Tak jak larvy rostou, chodbičky se postupně rozšiřují a na jejich konci larva třetího (posledního) instaru vytváří tzv. kukelní komůrku. Po kuklení vylézá z komůrky dospělý brouk – lýkožrout smrkový. Na jaře se tedy na stromě vyvíjí první generace lýkožrouta smrkového. Zahrnuje fázi vajíčka, larvy, kukly a dospělého hmyzu. Část potomstva jedné samičky zahyne ve vajíčku, další část ve stadiu larev a kukel. Některým broukům se sice podaří ukončit vývoj, ale nepodaří se jim opustit prostor kukelní komůrky.

Celkový vývoj jedné generace od stádia vajíčka, přes stádium larvy a kukly až k dospělému brouku trvá šest až deset týdnů. Z toho tvorba mateřské chodby a kladení vajíček trvá 7-10 dnů. Délka larválního vývoje je závislá na teplotních podmínkách. Může proběhnout za 7 dnů, ale v chladném počasí se může protáhnout až na 40-50 dnů. Období kukly bývá také rozvleklé, ale v průměru trvá okolo 8 dnů. Populační potenciál je závislý na ovlivňujících faktorech. Rozdělují se na vnější a vnitřní. Základní ovlivňující vnější faktor jsou klimatické podmínky v aktivním období života (Jelínek, 2008). V podmínkách ČR dochází obvykle ke dvěma rojením. V případě příznivého teplého počasí může dojít i k rojení třetímu. První jarní rojení začíná v nadmořských výškách 400–700 m.n.m. na přelomu měsíce dubna a května, druhé letní rojení probíhá na přelomu měsíců červen a červenec. V případě příznivých klimatických podmínek dochází ke třetímu rojení na přelomu měsíců srpen a září. Z vnitřních faktorů se jedná zejména o poměr pohlaví v dané generaci. V populaci rodičovských brouků je poměr samců k samicím v intervalu 1:1–1:3.

---

V průběhu gradace se snižuje na 1:1, v období latence se blíží až 1:3 (Skuhravý, 2002). Počet vajíček kladených jednou samicí se liší dle jednotlivých autorů zkoumání. Fleischer (1875) uvádí průměrný počet 60 vajíček, Escherich (1923) a Pfeffer (1954) uvádějí 20–100 vajíček, v průměru 60 vajíček. Martinek (1956, 1961) uvádí průměrný počet vajíček 10–40 ks. Zahradník (2016) uvádí počet 20–100 vajíček, průměrně 60 ks. Pro výpočet modelu byl použit nejčastěji uváděný průměrný počet 60 ks vajíček. Po základním kladení dochází u cca 2/3 samic ke kladení sesterského pokolení, kde dle jednotlivých zdrojů v literatuře je uváděn počet vajíček jako poloviční základnímu kladení, v průměru 30–40 ks. V literatuře Macek (1962), Zumr (1995) jsou uvedeny zmínky o druhém sesterském pokolení. Martinek, (1956, 1961) uvádí počty samic pro první sesterské pokolení ve výši 91 % a pro druhé sesterské pokolení 38 % z původního počtu při jarním rojení.

Mortalita vývojových stádií od vajíčka po dospělého brouka se pohybuje ve velmi rozsáhlém pásmu. Thalenhorst (1958) prokázal vysokou úmrtnost v populaci. Uvádí vliv na mortalitu parazitoidy ve výši kolem 2 %, predátorům 25 % z celku. Z původního počtu přežívá pouze 7–22 % brouků. Za nejvýznamnější mortalitní faktor považoval inter specifickou a intra specifickou konkurenci. Niemayer (1987) uvádí ve svých studiích úmrtnost ve výši 50–75 %.

Pro překonání obranného potenciálu stromu je zásadní počet jedinců nalétávajících kůrovců a které následně vedou k překonání obranného systému stromu a způsobují jeho zánik. Kritické množství je odvislé nejenom od počtu jedinců, ale i od prostorového rozmístění kůrovců na smrku, na vitalitě stromu a následně na schopnosti vyvolaných obranných opatření stromu. Strom hyne po přerušení vodivých pletiv (Skuhravý, 2002). Ve studiích Christiansena (1985) a Christiansena a Mulocka (1986) je uváděn počet 150–200 nalétnutých samců. Což při poměru pohlaví 1/3 činí až 600 ks samic. Weslien a Regnader (1990) zjistili počet ve výši 400–1000 jedinců samic. Podle Gonzalese et al. (1996) zahrnuje jeden plně obsazený strom 2 000 – 10 000 jedinců. Lze vycházet z doporučených pravidel pro instalaci obranných opatření formou lapače, kde počet 4000 odchycených ks lýkožrouta smrkového tvoří imaginární hranici mezi středním a slabým náletem.

Důležitou hodnotou ve výpočtu simulačního modelu je počet jedinců, kteří se vyvinou na jednom zničeném stromu. V odborné literatuře se vyskytuje rozsáhlé rozmezí počtu dle jednotlivých autorů. Fleischer (1875) udává hodnotu 1 260 tis. jedinců.

---

Ratzemburk (1839) udává hodnotu 46 tis. jedinců, Pfeffer ve své práci uvádí hodnotu 230 tis. a více. V dalších pracích např. Martinek (1956) udává 200. jedinců, Gonzales et al. (1996) 35-72 tis. jedinců.

Pro výpočet v simulačním modelu byla použita hodnota 190 tis. jedinců (Zahradník a Geráková, 2010), jako pro současnost a území České republiky nejpřesnější.

Popis vztahů veličin simulačního modelu (tabulka 25), (tabulka 26):

1. Zjištění počtu jedinců kůrovce, které opouštějí napadené stromy v období měsíců 8-12/ $T_{-1}$  a přezimující (29):

(29)

$$PJZ = ((KC * 1,00) + (KP * 0,20)) * PJO$$

2. Zjištění množství samic připravených k rojení v jarním období (30):

(30)

$$SJO = PJZ((KC * 1) + (KP * 0,20)) * PJO * PH * MR1$$

kde:

SJO – počet samic připravených k rojení pro jarní období  $T_0$

KC – objem zpracované kůrovcové hmoty zcela opuštěno v roce  $T_{-1}$

KP – objem zpracované kůrovcové hmoty zčásti opuštěno v roce  $T_{-1}$

PJO – počet jedinců opouštějící 1 kůrovcem zničený strom

PH – poměr pohlaví předpokládaný pro jarní rojení

MR1 – mortalita vývojových stádií na podzim  $T_{-1}$

3. Zjištění potenciálu zničení stromů bez opatření jarní rojení (31):

(31)

$$POT = \frac{VJO}{PJO} * MR2$$

kde:

VJO – počet nakladených vajíček pro vývoj v jarním rojení

MR2 – předpoklad mortality vývojových stádií v jarním rojení

- 
4. Zjištění předpokladu dokončení vývoje do stavu dospělý brouk po dokončení jarního rojení (32):

(32)

$$PDV = SJO * MR2 * PS * PH * M$$

kde:

MR2 – mortalita vývojových stádií v roce  $T_0$

PS – poměr samic tvořící sesterské pokolení

PH – poměr pohlaví předpokládaný pro jarní rojení

M – stanovený průměrný počet kladených vajíček 1 samicí

5. zjištění počtu obranných opatření pro rok  $T_0$  (33):

(33)

$$OP = ((KC * 1,00) + (KP * 0,20)) * MR1$$

**Tabulka 25 - Výsledky výpočtu simulačního modelu pro T<sub>0</sub> = 2017**

<b>lokality</b> LHC Podkrkonoší			
	<b>T<sub>0</sub></b>	2017	
	<b>T<sub>-1</sub></b>	2016	
<b>hodnota</b>	<b>zkratka</b>	<b>MJ</b>	<b>množství</b>
Objem zpracované kůrovcové hmoty zcela opuštěno T <sub>-1</sub>	KC	m <sup>3</sup>	1 383
Objem zpracované kůrovcové hmoty částečně opuštěno T <sub>-1</sub>	KP	m <sup>3</sup>	1 605
Objem zpracované kůrovcové hmoty v roce T <sub>-1</sub> (8-12/2016)	VT-1	m <sup>3</sup>	2 988
Počet jedinců opouštějících 1m <sup>3</sup>	PJO	ks	190 000
Počet jedinců opustivší zničené stromy podzim T <sub>-1</sub>	PJZ	ks	340 800 000
Počet jedinců schopných zničit 1 m <sup>3</sup> stromu	P	ks	4 000
koeficient vlivu průměrné roční teploty	T koef	koef.	0,80
koeficient vlivu průměrných ročních srážek	S koef	koef.	1,24
stanovený počet kladených vajíček jednou samicí	M	ks	60
poměr samic tvořící sesterské pokolení	PS	%	1,66
poměr pohlaví v době rojení - objem přezimujících samic	PH	%	0,72
mortalita vývojových stádií na podzim - přeživší populace	MR1	%	0,69
Počet samic připravených k rojení v jarním období	<b>SJO</b>	ks	<b>169 309 440</b>
Počet nakladených vajíček pro vývoj v jarním období	VJO	ks	12 596 622 336
Předpoklad mortality v jarním období - přeživší populace	MR2	koef.	0,69
<b>Potenciál zničení stromů bez obraných opatření jarní rojení</b>	<b>POT</b>	m <sup>3</sup>	<b>43 458</b>
Předpoklad dokončení vývoje dospělý brook po dokončení jarního rojení	<b>PDV</b>		<b>8 377 647 807</b>
Skutečně instalovaných obraných opatření měsíce 3-8/T <sub>0</sub>	OP	ks	1604
Objem zpracované kůrovcové těžby 8-12/T <sub>0</sub>	VT0	m <sup>3</sup>	3886
Poměr skutečnosti zpracované kůrovcové hmoty k potenciálu POT		%	<b>8,94</b>
Trend VT <sub>-1</sub> /VT <sub>0</sub>			<b>1,30</b>

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Prezentace výsledků uvedených v tabulce 18:

Na základě zadání vstupních údajů T<sub>-1</sub> do simulačního modelu byla zjištěna potřeba instalace **1604 ks** (OP) obranných opatření proti kůrovcu v roce T<sub>0</sub>. Na základě instalovaných obraných opatření byl objem zpracované kůrovcové dřevní hmoty 3886 m<sup>3</sup> (VT0). Pokud by nedošlo k instalaci obraných opatření v roce T<sub>0</sub> došlo by na základě množství kůrovců vstupujících do jarního rojení ke zničení 43 458 m<sup>3</sup> (POT) dřevní hmoty. Úspěšnost instalovaných opatření bylo 100 % - 8,94 % = **91,06 %**. Meziroční trend T<sub>-1</sub> a T<sub>0</sub> byl **1,30** zvýšení objemu kůrovcové dřevní hmoty.

**Tabulka 26 - Výsledky výpočtu simulačního modelu pro T<sub>0</sub> = 2016**

		lokality: LHC Podkrkonoší	
	T <sub>0</sub>	2016	
	T <sub>-1</sub>	2015	
hodnota	zkratka	MJ	množství
Objem zpracované kůrovcové hmoty zcela opuštěno T <sub>-1</sub>	KC	m <sup>3</sup>	4 006
Objem zpracované kůrovcové hmoty částečně opuštěno T <sub>-1</sub>	KP	m <sup>3</sup>	2 073
Objem zpracované kůrovcové hmoty v roce T <sub>-1</sub> (8-12/2016)	VT-1	m <sup>3</sup>	6 079
Počet jedinců opouštějících 1m <sup>3</sup>	PJO	ks	190 000
Počet jedinců opustivší zničené stromy podzim T <sub>-1</sub>	PJZ	ks	884 120 000
Počet jedinců schopných zničit 1 m <sup>3</sup> stromu	P	ks	4 000
koeficient vlivu průměrné roční teploty	T koef	koef.	1,50
koeficient vlivu průměrných ročních srážek	S koef	koef.	1,25
stanovený počet kladených vajíček jednou samicí	M	ks	60
poměr samic tvořící sesterské pokolení	PS	%	1,66
poměr pohlaví v době rojení - objem přezimujících samic	PH	%	0,72
mortalita vývojových stádií na podzim - přeživší populace	MR1	%	0,69
Počet samic připravených k rojení v jarním období	SJO	ks	<b>439 230 816</b>
Počet nakladených vajíček pro vývoj v jarním období	VJO	ks	32 942 311 200
Předpoklad mortality v jarním období - přeživší populace	MR2	koef.	0,69
<b>Potenciál zničení stromů bez obranných opatření jarní rojení</b>	<b>POT</b>	m <sup>3</sup>	<b>113 651</b>
Předpoklad dokončení vývoje dospělý brook po dokončení jarního rojení	PDV		<b>21 733 702 991</b>
Skutečně instalovaných obranných opatření měsíce 3-8/T <sub>0</sub>	OP	ks	4292
Objem zpracované kůrovcové těžby 8-12/T <sub>0</sub>	VT0	m <sup>3</sup>	2714
Poměr skutečnosti zpracované kůrovcové hmoty k potenciálu POT		%	<b>2,39</b>
Trend VT <sub>-1</sub> /VT <sub>0</sub>			<b>0,45</b>

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Prezentace výsledků uvedených v tabulce 19:

Na základě zadání vstupních údajů T<sub>-1</sub> do simulačního modelu byla zjištěna potřeba instalace **4292 ks** (OP) obranných opatření proti kůrovci v roce T<sub>0</sub>. Na základě instalovaných obranných opatření byl objem zpracované kůrovcové dřevní hmoty 2714 m<sup>3</sup> (VT0). Pokud by nedošlo k instalaci obranných opatření v roce T<sub>0</sub> došlo by na základě množství kůrovců vstupujících do jarního rojení ke zničení 113 651 m<sup>3</sup> (POT) dřevní hmoty. Úspěšnost instalovaných opatření bylo 100 % - 2,39 % = **97,61 %**. Meziroční trend T<sub>-1</sub> a T<sub>0</sub> byl **0,45** snížení objemu kůrovcové dřevní hmoty.



---

Využití simulačního modelování v lesním hospodářství je činnost, která je vzhledem v množství stochasticky orientovaným vstupním údajům velmi problematická. Důvodem je samotná práce s životním prostředím v tomto případě zastupované lesním společenstvem, kde výkonný lesní hospodář musí mimo plánované hospodářské opatření reagovat na vnější neovlivnitelné vlivy a hledat optimální řešení vzniklé krizové situace. V tomto prostředí žádný simulační model samostatně neobstojí a je potřeba jej brát jako podporu pro volbu při rozhodování. Je vždy potřeba skloubit výsledky a zkušenosti získané v praxi, odborné literatuře a rozhodnutí si podpořit výsledky simulačního modelu. Většina autorů studií, kde předmětem je simulační modelování chování kůrovce, konstatuje problematiku přesnosti výpočtu v souvislosti se stochastickými vlivy.

Předkládaný návrh simulačního modelu poskytuje jednak možnosti prediagnostiky vývoje kůrovce na základě známých údajů, případně analýzu dat skutečného chování kůrovce k matematicky spočítaného předpokladu. Porovnáním dat je dále možno posuzovat postupy lesního hospodáře a účinnost obranných opatření v běžném roce. Model poskytuje další možnosti rozvíjení a ověření důležitosti jednotlivých známých vstupujících veličin na vývoj kůrovce. Dále slouží jako ukázka chování kůrovce v lesním prostředí a případné možné následky v případě neuplatnění obranných opatření.

## **5.6 Určení pomocí metody PERT očekávaný termín realizace úkolu**

Výpočet je prováděn nad specifickým případem vzniku požáru po provedené těžbě na relativně rozsáhlém území, zcela atypického typu, kdy příčinou vzniku byla nedostatečná a neúplná informace o typu půdního podloží, na které lesní porost více než 100 let rostl. Jde o lokalitu velikosti 0,65 ha. Hlušínový odval z otvírky ložiska černého uhlí jámou Ignác se nachází na pozemkové parcele určené k plnění funkce lesa č. 544/1 v katastrálním území Starý Sedloňov, v těsném sousedství zástavby východně od místní části obce Markoušovice. Pozemek je ve vlastnictví ČR, s právem hospodaření LČR s.p. K zahoření hlušínového odvalu opuštěného důlního díla došlo začátkem měsíce ledna 2007 vlivem úklidových lesnických prací po vymýceném porostu v prostoru hlušínového odvalu. Příčinu zahoření lze spatřovat v tom, že při pálení klestu vzrostla teplota pod ohništěm do té míry, že došlo k zahoření na hlušínovém odvalu uložených původních hornin uhelných slojí bohatých na spalitelné látky.

Pro přehled postupu likvidace krizové situace níže uvádím úplný seznam operací realizovaných při dané krizové situace. Postup realizace opatření včetně vypočtených relevantních hodnot je uvedeno v tabulce 27 a graficky znázorněno na obrázku 24.

**Tabulka 27 - Vstupní hodnoty metody PERT**

pořadové číslo činnosti	činnost	obsah	i	j	a	m	b	$t_e$	so	$d_{te}^2$
1	A	detekce krizového jevu	1	2	0,40	0,60	1,00	0,37	0,10	0,010
2	B	rekognoskace terénu a analýza KS	2	3	0,70	1,00	1,40	1,02	0,12	0,014
3	C	zpracování plánovaného grafu likvidace KS varianta I	3	4	1,40	2,00	2,80	2,03	0,23	0,054
4	D	lokalizace ohroženého území KS, označení	4	5	0,70	1,00	1,40	1,02	0,12	0,014
5	E	zjištění teplotních hodnot požáru	2	3	0,35	0,50	0,70	0,51	0,06	0,003
6	F	nasazení požární techniky, řešení KS	5	6	0,70	1,00	1,40	1,02	0,12	0,014
7	G	nasazení těžké mechanizace, přístup k požáru	5	6	0,70	1,00	1,40	1,02	0,12	0,014
8	H	zjištění teplotních hodnot požáru	5	6	0,35	0,50	0,70	0,51	0,06	0,003
9	I	nasazení těžké mechanizace, shrnutí nehořící vrstvy na depónium	6	7	1,40	2,00	2,80	2,03	0,23	0,054
10	J	zjištění teplotních hodnot požáru	6	7	0,35	0,50	0,70	0,51	0,06	0,003
11	K	nasazení těžké mechanizace, rozhrnutí hořící vrstvy	7	8	2,10	3,00	4,20	3,05	0,35	0,123
12	L	zjištění teplotních hodnot požáru	7	8	0,35	0,50	0,70	0,51	0,06	0,003
13	M	ponechání hořící vrstvy k řízenému vyhoření	8	9	140,00	200,00	280,00	203,33	23,33	544,444
14	N	zjištění teplotních hodnot vyhořelé vrstvy	8	9	0,35	0,50	0,70	0,51	0,06	0,003
15	O	ponechání materiálu k samovolnému dochlazení	9	10	35,00	50,00	70,00	50,83	5,83	34,028
16	P	rekultivace plochy	10	11	10,50	15,00	21,00	15,25	1,75	3,063
<b>Suma</b>					<b>195,35</b>	<b>279,10</b>	<b>390,90</b>	<b>279,95</b>	<b>32,59</b>	<b>581,82</b>

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

Výpočty hodnot v tabulce 27 (34), (35):

(34)

$$t_e = \left( \frac{a + 4m + b}{6} \right)$$

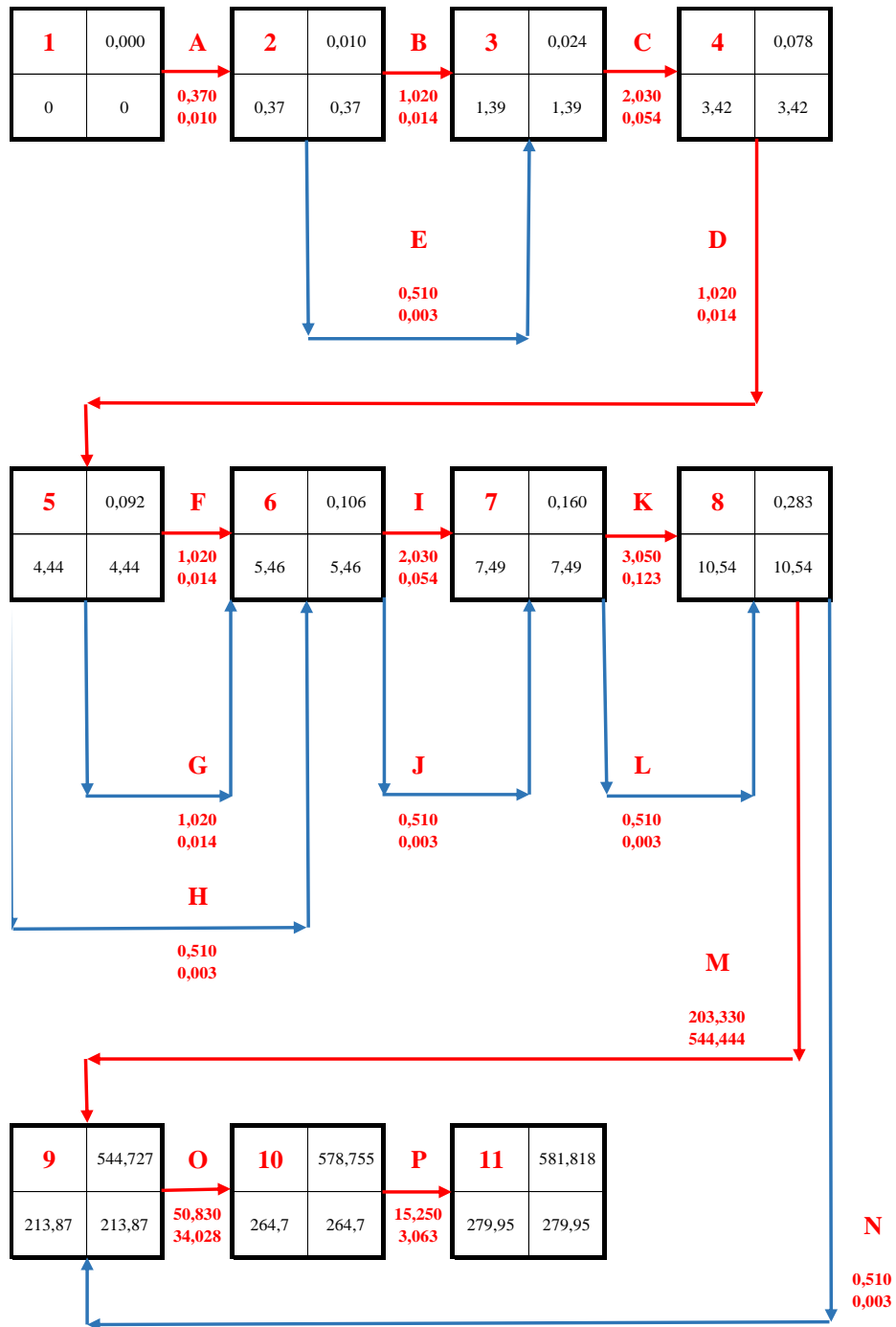
(35)

$$d_{te}^2 = \left( \frac{b - a}{6} \right)^2$$

Vysvětlivky k tabulce 27:

- i – číslo začínajícího uzlu,
- j – číslo končícího uzlu,
- a – čas minimální pro provedení výkonu,
- m – čas předpokládaný pro provedení výkonu,
- b – čas maximální pro provedení výkonu,

- $t_e$  – průměrný vypočtený čas pro provedení úkonu,
- $s_o$  – směrodatná odchylka hodnoty,
- $d_{te}^2$  – rozptyl hodnoty.



Obrázek 24 - Vytvořený síťový graf na základě vstupních hodnot

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

---

Odečtení hodnot z dokončeného grafu pro realizaci zadání:

$$d_{te}^2 = 581,818$$

$$d_{te} = 24,120$$

$$t_e = 279,95 \text{ časových jednotek.}$$

Pravděpodobnost dodržení plánovaného termínu 300 časových jednotek (36):

(36)

$$P(T \leq 300) = F\left(\frac{300 - 279,95}{24,1209}\right) = F(u) = (-1,24) = F(u) = 0,91$$

Na základě výpočtu se termín splnění úkolu likvidace krizové situace v termínu 300 časových jednotek povede splnit s pravděpodobností 91 %.

---

## 6. Shrnutí, doporučení a přínosy práce

### 6.1 Teoretický a praktický přínos práce

Obor lesního hospodářství je vzhledem ke svému více než 200letému racionálnímu vývoji odborného hospodaření a zavádění praktických postupů do všech oblastí problematiky stále obor konzervativní. Důvodem konzervativnosti je ověření jednotlivých dosavadních postupů v praxi a vyzkoušení jejich funkčnosti. Pouze ojediněle jsou v oboru zaváděny nové poznatky z výzkumů a odborná lesnická veřejnost je skupina velice kritická. Druhá stránka věci je skutečnost, že se nemá měnit systém, pokud funguje a výsledky hospodaření toto dokládají. Pro zavádění nových metod řízení a systémů organizace práce v lesním hospodářství mluví zejména změna společenského systému v roce 1989, převod části původně státních lesních majetků do privátního sektoru a transformace státního lesního hospodářství do systému tržní ekonomiky v roce 1991–1992.

Stále více do lesního hospodaření zasahují specifické požadavky společnosti, která v lesním prostředí již nevidí pouze objekt produkce dřeva, ale též prostor pro volnočasové aktivity a les chápe jako přirozené území k odpočinku. Současné používané metody řízení a rozhodování v oboru již nelze ve všech případech aplikovat na vznikající situace a je nutno využívat i metod z jiných oborů hospodářství. Neefektivnost konzervativního řízení se na lesním hospodářství projevuje zejména v souvislosti s nárůstem vzniklých krizových situací v posledních letech a pokračování jejich negativních následků. Stochastické příčiny vzniku krizových situací nelze brát ve všech případech jako důvod negativního důsledku a konstatovat, že s takovým se nedá nic dělat. V mnoha případech se dá určit prediagnostika vývoje situace a je možné z určitých poznatků odhadnout s určitou mírou pravděpodobnosti další vývoj. Důležitou činností prediagnostiky je analýza existujících dat řešených krizových situací v minulosti a sledování účinnosti zvoleného řešení.

Dalším důležitým krokem je sledování závislostí mezi vzniklými krizovými situacemi. Pro podporu řídicích rozhodnutí je možné využití matematických metod a simulačních modelů. Na základě prostudovaných literárních zdrojů k dané problematice a zjištění omezeného počtu případů použití matematických metod a simulačních modelů k výpočtu řešení vzniklých krizových situací lesního hospodářství v České republice, je zde pro další výzkum problematiky velký prostor.

---

### **Konkrétní přínosy práce:**

#### 1. teoretické

- ověření možnosti použití matematických metod a simulačních modelů pro řešení následků krizových situací v lesním hospodářství.

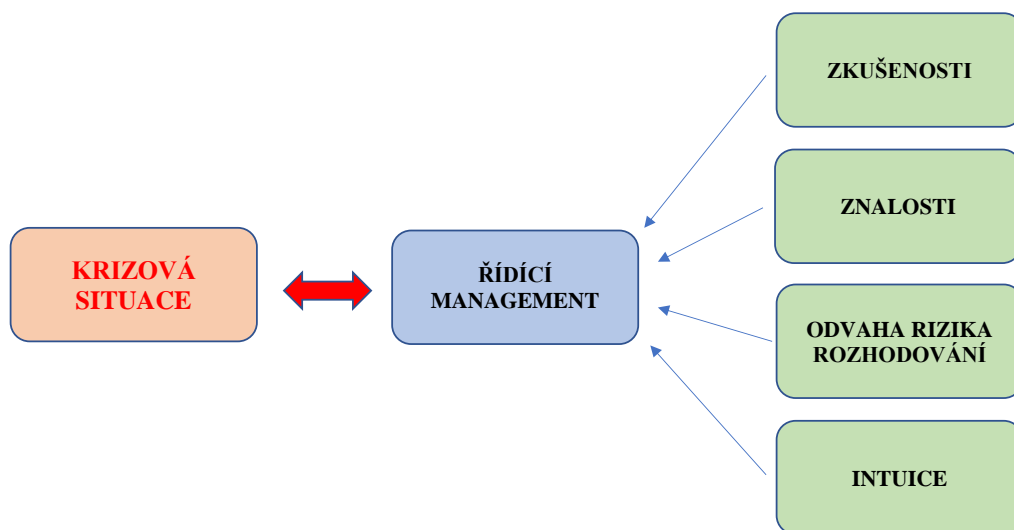
#### 2. praktické

- pomocí metody MCDA vypočítat na základě zadaných kritérií postup zpracování polomového dříví,
- pomocí simulačního modelu vypočítat optimální počet obraných opatření pro jarní rojení kůrovce na základě variabilních vstupních údajů modelu,
- pomocí metody PERT plánovat technologické postupy likvidace krizových situací v lesním hospodářství a určit časové možnosti a časové rezervy,
- pomocí jednoduché korelace a regrese je možné vypočítat závislosti mezi objemem lesních polomů a následně objemem zpracovaného kůrovcového dříví a určit a stupeň síly, s jakou se daná závislost projevuje.

## **6.2 Shrnutí výsledků předvýzkumu disertační práce**

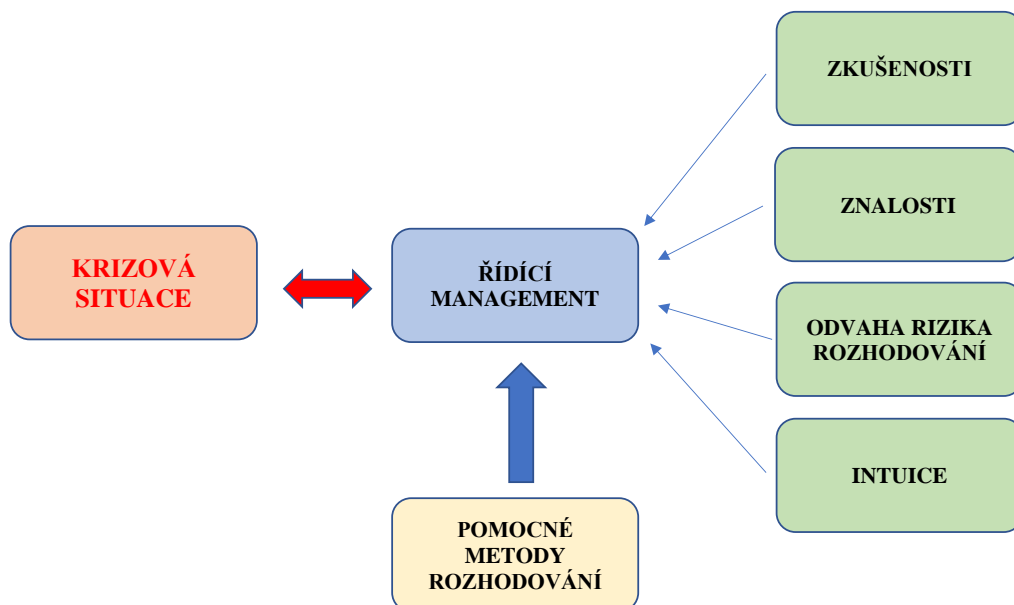
### **Vymezení teoretických východisek, problematiky**

Na základě analýzy ekonomických výsledků hospodaření Lesní správy Dvůr Králové byly zjištěny možnosti racionalizace v lesním hospodaření a určeny největší vlivy na snížení výnosové a zvýšení nákladové části hospodářského výsledku. Pokud minimalizujeme vlivy globální ekonomiky a vývoj trhu s dřevní surovinou, je největším negativním vlivem na hospodářský výsledek řešení neplánovaných situací, vzniklých na základě biotických, abiotických, případně antropických vlivů. Pokud lesní hospodaření není narušováno mimořádnými vlivy je hospodářský výsledek roven možnému ročnímu potenciálu. Pro zefektivnění rozhodovacího procesu řídicích pracovníků v lesním hospodářství bylo navrženo a ověřeno použití matematických metod a simulačních modelů k výpočtu řešení vzniklých krizových situací lesního hospodářství v České republice, graficky uvedeno na obrázku 25 a obrázku 26.



**Obrázek 25 - Současný stav řešení krizové situace v lesním hospodářství**

Zdroj: vlastní zpracování (2017)



**Obrázek 26 - Navrhovaný stav řešení krizové situace v lesním hospodářství**

Zdroj: vlastní zpracování (2017)

---

## Stanovení významnosti řešené problematiky pro obor lesního hospodářství

Významnost řešené problematiky byla stanovena na základě kvantifikace výše škod dle jednotlivých krizových situací za období let 2008–2017. Výše škod jsou kvantifikovány v části výsledky výzkumu. Výše ztrát z důvodu řešení mimořádných situací se pohybuje v řádech desítek milionů Kč a je podrobně uvedeno v tabulce 28.

**Tabulka 28 - Výše ztrát za období let 2008–2017 na Lesní správě Dvůr Králové**

Druh krizové situace	suma 2008 - 2017	aritmetický průměr 2008 - 2017
x	tis.Kč	tis.Kč
Vyjádření finanční ztráty z důvodu vzniku polomů	88 097	8 810
Vyjádření finanční ztráty v důsledku žiru kůrovce	59 153	5 915
Vyjádření finanční ztráty z důvodu zničení zalesnění přísuškem	16 379	1 638
Vyjádření finanční ztráty v důsledku škod způsobených zvěří	1 424	142
Vyjádření finanční ztráty z důvodu vzniku požáru	478	48
<b>Celkem</b>	<b>165 530</b>	<b>16 553</b>

Zdroj: vlastní výzkum (2017)

Celková výše ztráty na hospodářském výsledku za období let 2008–2017 organizační jednotky Lesní správy Dvůr Králové byly vyčísleny na 165 530 tis. Kč.

### Analýza a syntéza existujících literárních zdrojů

Studiem literárních východisek byly zjištěny a uspořádány základní disponibilní informační zdroje, které jsou citovány v použité literatuře a které jsou předmětně orientované na vlastní podstatu zkoumané problematiky. Zdroje byly rozděleny do dvou základních podoblastí. První podoblast byla zaměřena na les jako součást systému přírodního prostředí a druhá podoblast na management, krize a problematiku rozhodování. Základním záměrem studiem literárních zdrojů bylo zjistit přesnou determinaci přírodních vlivů na fungování lesního hospodářství a zjištění způsobů řešení vzniklých krizových situací v obecné a následně specifické lesnické činnosti. V současné době v lesním hospodářství neexistuje jednotný návod na řešení vzniklých krizových situací a postupuje se dle teoretických a praktických zkušeností jednotlivých správců lesního majetku.



---

V jednotlivých případech vzniklých krizových situací je mnoho způsobů řešení. Volba optimálního řešení krizové situace minimalizuje škody na lesním prostředí, zásadním způsobem snižuje náklady na likvidaci a předchází vzniku druhotných škod.

Z literárních zdrojů byly zjištěny a uspořádány zejména současné požadavky odborné veřejnosti a celkově lidské společnosti na fungování lesního prostředí. V současné době již převažuje názor o trvalé využitelnosti a důležitosti mimoprodukčních funkcí lesa minimálně na úrovni funkce produkční. Následky krizových situací tyto funkce narušují a zásadně ovlivňují jejich využívání. Obecné řešení krizových situací je mnoha autory podrobně popsáno od příčin vzniku až po uvedení stavu do normálu. V oblasti lesního hospodářství a krizových situací autoři zdrojů popisují stávající zavedené pracovní postupy pouze v obecné rovině. Použití matematických metod a simulačních modelů pro potřeby řešení krizových situací v lesním hospodářství jsou uváděny v literárních zdrojích pouze omezeně.

Více případů použití matematických metod a simulačních modelů v lesním hospodářství je ve spojitosti s lesnickým plánováním, prediagnostikou růstových možností lesa a prostorového šíření kůrovce. Metodu multikriteriálního hodnocení variant řešení situací využívá mnoho autorů pro stanovení optimálního využití lesního prostředí se střetem na produkční a mimoprodukční funkce lesa. Veškeré zjištěné literární zdroje jsou uvedeny v kapitole číslo 2 Literární východiska. Zjištěné informace jednotlivých autorů jsou následně analyzovány a následně syntetizovány pro vyvození vlastního pohledu k problematice.

### **6.3 Shrnutí výzkumu disertační práce vzhledem ke stanoveným cílům**

#### **Zpracování dat centrální databáze a statistická analýza**

Podrobně jsou výsledky této části cílů popsány v kapitole číslo 4 Výsledky výzkumu. Pro analýzu nad databází IS LČR byla filtrována data organizační jednotky Lesní správy Dvůr Králové za období let 2008-2017.

Tato data obsahovala všechny relevantní informace o výrobních a majetkových procesech, vyjádřených v měrných jednotkách a dále finančním vyjádření.

---

## **Provedení analýzy rizik – volba krizových situací k řešení**

Metoda byla použita k sestavení pořadí stupně významnosti rizik existujících krizových situací v lesním hospodářství. Z celkem deseti hodnocených krizových situací byly dvě vyhodnoceny jako vysoce významné, jedna jako středně významná a sedm málo významných. Na základě provedené analýzy rizik bylo řešeno 10 druhů krizových situací, které se vyskytují v lesním hospodářství v České republice. Výsledkem byla volba významnosti rizika, kde nejvyšších hodnot dosáhly následující krizové situace:

- větrný lesní polom,
- kalamitní žír kůrovce,
- škody způsobené lesní zvěří,
- lesní požár.

V další fázi výzkumu nebyla řešena krizová situace škody způsobené lesní zvěří, jelikož zde by byla aplikována metoda MCDA (řešen větrný lesní polom), pouze s jinými vstupními hodnotami.

## **Volba metod zkoumání vybraných krizových situací**

Jednotlivé metody ke zkoumání byly voleny na základě podrobné analýzy a charakteristik chování jednotlivých krizových situací.

V případě větrných lesních polomů byla zvolena metoda MCDA, jelikož tato krizová situace se nedá prediagnostikovat a musí se řešit v okamžiku vzniku. Následný postup řešení je závislý na volbě preferovaných kritérií, které si určuje řídící pracovník. Preferovaná kritéria se budou lišit v závislosti na lokálních přírodních podmínkách, existenci stupně ochrany přírody a dalších vnějších ovlivňujících faktorech. Na základě zadání kritérií a zpracování výpočtu je výsledkem jednoznačný výsledek postupu zpracování větrných polomů.

Pro krizovou situaci kalamitního žíru kůrovce byla zvolena metoda tvorby simulačního modelu, jelikož na základě chování bionomie škůdce existuje meziroční vývojová závislost. Na základě vyhodnocení informací chování kůrovce v roce  $T-1$  je možno

---

prediagnostikovat chování v roce následujícím  $T_0$ . Jedná se o modelování předpokladu chování kůrovce a následně volbu obranných opatření pro snížení následků vzniku škod. Následně je možno model použít pro vyhodnocování úspěšnosti obranných opatření.

V případě lesního požáru byla zvolena metoda PERT. Cílem výpočtu bylo určit, zda je metoda PERT použitelná pro plánování technologického postupu likvidace lesního požáru a určit časové možnosti a časové rezervy. Na základě řešeného případu byla ověřena použitelnost metody v konkrétní krizové situaci.

### **Řešení krizových situací zvolenými metodami a ověření výsledků**

#### Výpočet jednoduché korelace a regrese

Cílem výzkumu bylo ověřit stav, kdy dle odborné literatury závisí množství kůrovce v běžném roce na množství polomového dříví v roce předchozím. Základem výzkumu je vývojový cyklus kůrovce, kde pro rozšíření populace je důležitá přítomnost stromů, které mají sníženou obranyschopnost, např. z důvodu poškození polomem. Provedenými výpočty byla zjištěna závislost zkoumaných jevů a na základě jednoduché korelace a regrese je možno prediagnostikovat množství kůrovcem napadeného dříví v roce následujícím po proběhlém polomu. Na základě použití jednoduché korelace a regrese je možno vypočítat závislost např. vývoje množství kůrovce a průměrné roční teploty, množství lesních požárů a objemu srážek v období jaro až podzim apod.

#### Výpočet modelu multikriteriální analýzy variant

Model byl sestaven a počítán na základě skutečně existujícího vzniklého polomového dříví na revíru Červený Kostelec dne 11.8.2017. Jako podklad pro výpočet byly brány skutečné údaje, zjištěné na polomových plochách. Vzhledem k velkému množství polomového dříví  $2089 \text{ m}^3$  rozděleného na pěti plochách na zkoumaném území, bylo obtížné vzhledem k objemu poškozeného dříví určit optimální postup.

V běžném provozu by se rozhodovalo intuitivně. Pro rozhodování byl použit model pro multikriteriální rozhodování. V prvním kroku byla data setříděna a doplněna. Pro určení vah jednotlivých kritérií byla použita Sattyho metoda. Následně bylo pomocí metody váženého součtu provedeno zhodnocení variant řešení a určeno pořadí řešení.

---

## Tvorba simulačního modelu prediagnostiky vývoje kůrovce

Z důvodu nutnosti prediagnostikovat předpoklad vývoje kůrovce v roce následujícím byl vytvořen a následně ověřen simulační model. Model byl sestaven na základě známých údajů o bionomii kůrovce a chování jednotlivých populací v průběhu roku. Jako vstupní údaje byly použity následující údaje:

- průměrný objem srážek v roce  $T_{-1}$ ,
- předpokládaný poměr pohlaví pro jarní rojení,
- mortalita vývojových stádií,
- průměrný počet vajíček kladených 1 samicí,
- počet obraných opatření,
- z odborné literatury byly vzaty následující údaje pro výpočet – počet jedinců opouštějící kůrovcem zničený strom, průměrný počet vajíček kladených 1 samicí, poměr samic tvořící sesterské pokolení, počet jedinců kůrovce s dokončeným vývojem opouštějící 1 zničený strom.

Na základě výše uvedených hodnot byl sestaven simulační model, který byl postupně modifikován až do konečného cílového stavu. Model poskytuje na základě vložených vstupních údajů prediagnostiku množství kůrovce připraveného pro jarní rojení v roce  $T_0$ . Na základě prediagnostiky následně stanovit počet instalovaných opatření pro odchyt kůrovce při jarním rojení a následně na podzim roku  $T_0$  zjistit účinnost obraných opatření jako poměr potenciálně možného zničení stromů množstvím kůrovce ke skutečnému množství zničených stromů kůrovcem. Dále je možno vyhodnotit meziroční trend vypočtených hodnot.

## Určení pomocí metody PERT očekávaný termín realizace úkolu

Výzkum byl proveden nad daty skutečného lesního požáru, ke kterému došlo v roce 2007 na lesním pozemku, který byl tvořen odvalem z hlubinného dolu po těžbě uhlí. Pro výpočet časových možností a časových rezerv řešené krizové situace byla použita metoda

---

PERT. Důvodem použití bylo množství stochastických faktorů, které do postupu řešení zasahují.

Na základě zvolené metody byl vytvořen síťový graf s vypočtenými hodnotami časového průběhu likvidace lesního požáru s určením časových rezerv jednotlivých operací.

## 6.4 Závěr

Na základě výše uvedených výsledků práce je prezentována reálná možnost použití matematických metod a simulačních modelů pro podporu rozhodování řídicích pracovníků v lesním hospodářství při řešení krizových situací. Odpovědi na základní výzkumné otázky jsou následující:

- **řešení krizových situací v lesním hospodářství pomocí matematických metod a simulačních modelů je použitelné a bylo ověřeno na konkrétních případech,**
- **výsledky řešení krizových situací v lesním hospodářství pomocí matematických metod a simulačních modelů jsou přínosem pro lesní hospodářství, jelikož jejich aplikací a ověřením na konkrétních příkladech došlo ke snížení možnosti vzniku sekundárních škod a minimalizace ekonomických ztrát v důsledku likvidace krizových situací.**

Využití matematických metod a simulačních modelů v lesním hospodářství je činnost, která je vzhledem k množství stochasticky orientovaným vstupním údajům velmi problematická. Důvodem je samotná práce s životním prostředím v tomto případě zastupované lesním společenstvem, kde výkonný lesní hospodář musí mimo plánované hospodářské opatření reagovat na vnější neovlivnitelné vlivy a hledat optimální řešení vzniklé krizové situace. V tomto prostředí žádný simulační model samostatně neobstojí a je potřeba jej brát jako podporu při rozhodování. Je vždy potřeba skloubit výsledky a zkušenosti získané v praxi, odborné literatuře a rozhodnutí si podpořit výsledky matematických výpočtů.

## 6.5 Možnosti dalšího výzkumu

Na základě provedených výzkumů uvedených v této práci je možno problematiku dále rozvíjet v následujících oblastech:

- 
- výzkum zaměřený na volbu optimální technologie těžby dříví s přihlédnutím ke specifickým podmínkám lesního majetku,
  - výzkum zaměřený na posouzení struktury a dostatečné hustoty lesní cestní sítě s přihlédnutím ke kategorizaci lesní dopravní sítě,
  - výzkum zaměřený na volbu optimálního druhu sadebního materiálu s přihlédnutím k místním podmínkám a vývoje stavu nezdaru prvního zalesnění v oblasti,
  - výzkum zaměřený na vhodnost jednotlivých výchovných zásahů v lesních porostech s přihlédnutím k zastoupeným dřevinám a způsobeným škodám větrem a sněhem,
  - výzkum zaměřený na volbu optimálního období smýcení porostu s přihlédnutím k požadavkům vyváženého plnění produkčních a mimoprodukčních funkcí lesa.

---

## 7 Seznam literárních zdrojů

- Abdi, E. et al. 2009.** A GSI-MCE based model for forest road planning. *Journal of Forest Science*. 2009, stránky 171-176.
- Abdullah H., Darvishzadeh R, Skidmore A.K., Groen T.A., Heurich M. 2018.** European spruce bark beetle (*Ips typographus*, L.) green attack affects foliar reflectance and biochemical properties. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2018, stránky 199-209.
- Antušák E., Vilášek J. 2016.** *Základy teorie krizového managementu. Vydání první.* Praha : Univerzita Karlova v Praze, nakladatelství Karolinum, 2016. ISBN 978-80-246-3443-2.
- Antušák, E. 2013.** *Krizová připravenost firmy. Vydání první.* Praha : Wolters Kluwer Česká republika, 2013. ISBN 978-80-7357-488-8.
- Antušák, E. 2009.** *Krizový management: hrozby-krize-příležitosti. Vydání první.* Praha : Wolters Kluwer Česká republika, 2009. ISBN 978-80-7357-488-8.
- Bajčan, R. 2003.** *Techniky public relation, aneb jak pracovat s médii. Vydání první.* Praha : Management Press, 2003. ISBN 80-7261-096-1.
- Bartuněk, J. 1994.** *Ekonomika lesního hospodářství. Vydání první.* Brno : Vysoká škola zemědělská, 1994. ISBN 80-7157-130-X.
- Bělohávek F, Šuleř O, Košťan P. 2001.** *Management. Vydání první.* Olomouc : Rubico, 2001. ISBN 80-85839-45-8.
- Berec L., Doležal P., Hais M. 2013.** Population dynamics of *Ips typographus* in the Bohemian Forest (Czech republic): Validation of the phenology model PHENIPS and impacts of climate change. *Forest Ecology and Management*. 2013.
- Blažek, L. 2014.** *Management: organizování, rozhodování, ovlivňování. Druhé rozšířené vydání.* Praha : Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-4429-2.
- Brožová H., Houška M. a Šubrt T. 2013.** *Modely pro vícekritériální rozhodování.* Praha : ČZU, PEF Praha, 2013. ISBN 978-80-213-1019-3.
- Drucker, P.F. 2012.** *To nejdůležitější z Druckera v jednom svazku. Vydání první.* Praha : Management Press, 2012. ISBN 978-80-7261-242-0.
- Ďurský, J. 2012.** In National and Regional Climate Change Impact Assessment in the Forestry Sector. *Forest Ecology and Management*. 2012.
- Escherich, K. 1923.** *Die Forstinsekten mitteleuropas. Zweiter Band. Spezieller Teil. Abt. 1. die Urinsekten (Anamerentoma und Thysanuroidea), die Geradflügler (Orthopteroidea und Amphibiotica), die Netzflügler (Neuropteroidea) und die Käfer (Coleopteroidea).* Berlin : Parey, 1923.
- Fahse, L. a Heurich, M. 2011.** Simulation and analysis of outbreaks of bark beetle infestations and their management at the stand level. *Ecological Modelling*. 2011.

- 
- Fleischer, A. 1875.** Lýkožrouti čili korovci (*Bostrychus typographus*, L.) v Šumavě a jejich nepřátelé. *Vesmír*. 1875.
- Flora, M. 2005.** *Znění a výklad - Zákon o lesích č.289/1995 Sb.* Pelhřimov : SVOL, 2005.
- Forst, P. 1985.** *Ochrana lesů a životního prostředí. Vydání první.* Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1985.
- Fotr, J. a et al. 2012.** *Tvorba strategie a strategické plánování: teorie a praxe. Vydání první.* Praha : Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-3985-4.
- Fotr, J. a kol. 2010.** *Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje.* Praha : Ekopress, 2010. ISBN 978-80-86929-59-0.
- Frýbert, B. 1995.** *Jak transformovat podnik?* Ostrava : Montanex, 1995. ISBN 80-85780-25-9.
- Gonzales, R., a další. 1996.** A sampling technique to estimate within-tree populations of pre-emergent *Ips typographus* (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*. 1996.
- Green, K. a Hanke, O. 2004.** *Řízení v krizových situacích: příklady efektivních strategií. Vydání první.* Praha : Management Press, 2004. ISBN 80-7261-104-6.
- Gül, A., Gezer, A. a Kane, B. 2006.** Multi-criteria analysis for locating new urban forests: An example from Isparta, Turkey. *Urban forestry & Urban greening*. 2006.
- Gyenes, F. ed al. 2011.** *Krizový management.* Pardubice : Univerzita Pardubice, 2011. ISBN 978-80-7395-410-9.
- Hálek, V. 2008.** *Krizový management: teorie a praxe. Vydání první.* Bratislava : DonauMedia, 2008. ISBN 978-80-89364-00-8.
- Heger, A. 1957.** *Ochrana smrčín proti škodám větrem.* Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1957.
- Houška, M. 2009.** *Simulační modely I.* Praha : Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2009.
- Christiansen, E. 1985.** *Ips ceratocystis – infection of Norway spruce: what is a deadly dosage? Zeitschrift für Angewandte Entomologie.* 1985.
- Jelínek, J. 2008.** *Větrná a kůrovcová kalamita na Šumavě z let 1868 až 1878.* Brandýs nad Labem : Ústav pro hospodářskou úpravu lesa, 2008.
- Jönsson, A. et al. 2012.** Guess the impact of *Ips typographus* – an ecosystem modelling approach for simulating spruce bark beetle outbreaks. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2012.
- Kangas, J., Store, R. a Kangas, A. 2005.** Socioecological landscape planning approach and multicriteria acceptability analysis in multiple-purpose forest management. *Forest Policy and Economics*. 2005.
- Kiker, G. 2005.** Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. *Integrated environmental assessment and management*. 2005.



- 
- Kohoutek, M. 2004.** *Krizové řízení., část první, teoretické základy.* Praha : Melandrium, 2004. ISBN 80-86175-39-1.
- Krča, E. 1928.** Les a lidé. *Lesnická práce.* 1928, 11.
- Křístek, J. a kol. 2002.** *Ochrana lesa a přírodního prostředí.* Písek : Matice lesnická, 2002. ISBN 80-86271-08-0.
- Kříž, J. 2015.** *Základy řízení. Vydání první.* Praha : Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2015. ISBN 978-80-213-2549-4.
- Kupčák, V. 2006.** *Ekonomika lesního hospodářství. Vydání druhé.* Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2006. ISBN 80-7157-998-X.
- Kupka, I. 1999.** Reálné možnosti změny druhové skladby lesů v ČR. *Lesnická práce.* 1999.
- Langer, P. a Stošek, P. 2000.** *Krizové řízení II.* Vyškov : Vysoká vojenská škola pozemního vojska, 2000.
- Lausch, A., Heurich, M. a Fahse, L. 2013.** Spatio-temporal infestation patterns of *Ips typographus* (L.) in the Bavarian Forest National Park. *Ecological indicators.* 2013.
- Lednický, V. 2006.** *Strategické řízení. Vydání první.* Ostrava : Repronis, 2006. ISBN 80-7329-131-2.
- Líbal, V. 1980.** *Organizace a řízení výroby.* Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1980.
- Linhart, P. 2006.** *Některé otázky ochrany obyvatelstva. První vydání.* České Budějovice : Jihočeská univerzita, Zdravotně sociální fakulta, 2006. ISBN 80-7040-854-5.
- Linkov, I. et al. 2006.** From comparative risk assessment to multi-criteria decision analysis and adaptive management: Recent developments and applications. *Environment International.* 2006.
- Macek, J. 1962.** *Ochrana lesa. Vydání první.* Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1962.
- Mareš, M. a kol. 2013.** *Krizový management, případové bezpečnostní studie. Vydání první.* Praha : Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-92-7.
- Martinek, V. 1961.** Problém natality a gradace kůrovce *Ips typographus* ve střední Evropě. *Rozpravy ČSAV.* 1961.
- Martinek, V. 1956.** Problém sesterského pokolení u kůrovce *Ips typographus*. *ČAZV - Lesnictví.* 1956.
- Martins, H. a Borges, J.G. 2007.** Addressing collaborative planning methods and tools in forest management. *Forest ecology a management.* 2007.
- Matyáš, K. a kol. 1960.** *Lesní těžba. Vydání první.* Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1960.

- 
- Mendoza, G.A. a Martins, H. 2006.** Multi-criteria decision analysis in natural resource management: a critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest ecology and management*. 2006.
- Mendoza, G.A. a Prabhu, R. 2006.** Combining participatory modeling and multi-criteria analysis for community-based forest management. *Forest ecology and management*. 2006.
- Miklánek, J. 1996.** *Riadenie v krizových situáciach*. Žilina : Vojenská fakulta VŠDS, 1996. ISBN 80-88829-08-9.
- Míko, L. 2005.** *Znění a výklad Zákona o ochraně přírody a krajiny č.114/1992 Sb.* Praha : C.H.Beck, 2005. ISBN 80-7179-904-1.
- Moucha, P. 1999.** *Přírodě blízké hospodaření v lesích chráněných krajinných oblastí*. Praha : Česká lesnická společnost, 1999.
- Mulock , P. a Christiansen, E. 1986.** The threshold of successful attack by *Ips typographus* on *Picea abies*: a field experiment. *Forest Ecology and Management*. 1986.
- Mustajoki, J. et al. 2011.** Use of decision analysis interviews to support the sustainable use of the forests in Finnish Upper Lapland. *Journal of Environmental Management*. 2011.
- Muys, B. et al. 2010.** Simulation tools for decision support to adaptive forest management in Europe. *Forest systems*. 2010.
- Němec, P. 1999.** *Public relations: komunikace v konfliktních a krizových situacích*. Vydání první. Praha : Management Press, 1999. ISBN 80-85943-66-2.
- Niemayer, H. 1987.** Erfahrungen mit der Bekämpfung rindenbrütender Borkenkäfer. *Österreichische Forstzeitung*. 1987.
- Nordström, E., Eriksson, L. a Öhman, K. 2010.** Integrating multiple criteria decision analysis in participatory forest planning: Experience from a case study in northern Sweden. *Forest Policy and Economics*. 2010.
- Nožička, J. 1957.** *Přehled vývoje našich lesů*. Vydání první. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1957.
- Pasztor, F., a další. 2014.** Drivers of the bark beetle disturbance regime in Alpine forests in Austria. *Forest Ecology and Management*. 2014.
- Pfeffer, A. 1954.** *Kůrovec: Lykožrout smrkový a boj proti němu*. Druhé přepracované vydání. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1954.
- Pfeffer, A. 1961.** *Ochrana lesů*. Vydání první. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1961.
- Poleno, Z. a kol. 1994.** *Lesnický naučný slovník*. Praha : Agrospoj, 1994. ISBN 80-7084-111-7.
- Poleno, Z. 1997.** *Trvale udržitelné obhospodařování lesa*. Praha : Ministerstvo zemědělství ČR, 1997.

---

**Pondělíčková, A. a Vančura, K. 1998.** Třetí ministerská konference o ochraně lesů. *Lesnická práce*. 1998, 8.

**Popesko, B. a Papadaki, Š. 2016.** *Moderní metody řízení nákladů: jak dosáhnout efektivního vynakládání nákladů a jejich snížení. Druhé aktualizované a rozšířené vydání.* Praha : Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5773-5.

**Procházková, D. 2011.** *Analýza a řízení rizik.* Praha : ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04841-2.

**Průcha, J. a Veteška, J. 2014.** *Andragogický slovník. Druhé rozšířené vydání.* Praha : Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-4748-4.

**Ratzeburg, J.T.CH. 1839.** *Die Forst Insekten, oder Abbildung und Beschreibung der in den Wäldern Preussens und der Nachbarstaaten.* Berlin : Nicolai, 1839.

**Roček, I. 2015.** *Produkty lesních ekosystémů. Vydání první.* Praha : ČZU, fakulta lesnická a dřevařská., 2015. ISBN 978-80-213-2553-1.

**Roudný, R. a Soušek, R. 2014.** *Management bezpečnosti. Vydání první.* Pardubice : Univerzita Pardubice, 2014. ISBN 978-80-7395-864-0.

**Samaradžič-Petrovič, M. a Dragičević, S. 2015.** *Modeling the propagation of forest insect infestation using machine learning techniques.* Springer : ICCSA, 2015.

**Sheppard, S. a Meitner, M. 2005.** Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups. *Forest Ecology and Management*. 2005.

**Simanov, V. 2016.** *České lesy v datech a číslech. Vydání první.* Praha : Národní zemědělské muzeum, 2016. ISBN 978-80-86874-75-3.

**Simon, J. 2002.** Kalibrace růstového simulátoru Silva 2.2 v podmínkách ČR. *Lesnická práce*. 2002.

**Skuhřavý, V. 2002.** *Lýkožrout smrkový a jeho kalamity.* Praha : Agrospoj, 2002.

**Smejkal, V. a Rais, K. 2013.** *Řízení rizik. Vydání první.* Praha : Grada Publishing, 2013. ISBN 80-247-0198-7.

**Statt, D.A. 1995.** *Anglicko-německo-maďarsko-slovenský slovník managementu.* Bratislava : Open Windows, 1995.

**Svoboda, J. 2015.** *Program trvale udržitelného hospodaření.* Hradec Králové : Lesy České republiky,s.p., 2015. ISBN 978-80-86945-27-9.

**Szorád, D. 2014.** *Koncepce strategického rozvoje podniku LČR,s.p 2014 -2019.* Hradec Králové : Lesy České republiky, s.p., 2014.

**Šišák, L. et al. 2008.** *Polyfunkční lesní hospodářství: vyjádření efektivnosti polyfunkčního lesního hospodářství na příkladu území lesního závodu Židlochovice.* Praha : Lesy České republiky,s.p., 2008. ISBN 978-80-86945-02-6.

- 
- Štefančík, I. 2010.** *Struktura a vývoj lesních porostů na plochách v NP Krkonoš.* Praha : Lesnická práce, 2010.
- Štícha, V. a kol. 2015.** *Lesní hospodářství. Vydání druhé.* Praha : Česká zemědělská univerzita, fakulta lesnická a dřevařská, 2015. ISBN 978-80-213-2788-7.
- Švestka, M., Hochmut, R. a Jančařík, V. 1996.** *Praktické metody v ochraně lesa. Druhé vydání.* Praha : Ministerstvo zemědělství ČR, 1996. ISBN 80-902033-1-0.
- Thalenhorst, W. 1958.** *Grundzüge der Populationsdynamik des grossen Fichtenborkenkäfers Ips typographus L.* Frankfurt am Main : Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen , 1958.
- Uhde, B. et al. 2015.** Hybrid MCDA methods to integrate multiple ecosystem services in forest management planning: a critical review. *Environmental management.* 2015.
- Uhlířová, H. a kol. 2004.** *Poškození lesních dřevin. Vydání první.* Les. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2004. ISBN 80-86386-56-2.
- Umlaufová, M. a Pfeifer, L. 1995.** *Prevence a řízení podnikatelské krize v aktuálním českém hospodářském prostředí. Vydání první.* Praha : Victoria Publishing, 1995. ISBN 80-85865-52-1.
- Veber, J. 2014.** *Management: základy, moderní manažerské přístupy, výkonost a prosperita. Druhé aktualizované vydání.* Praha : Management Press, 2014. ISBN 978-80-7261-200-0.
- Vicena, I. a Konopka, P. 1979.** *Ochrana proti polomům. Vydání první.* Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1979.
- Vodáček, L. a Vodáčková, O. 2013.** *Moderní management v teorii a praxi. Vydání třetí.* Praha : Management Press, 2013. ISBN 978-80-7261-232-1.
- Vyskot, M. et al. 1971.** *Základy růstu a produkce lesů. Vydání první.* Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1971.
- Weslien, J. a Regnander, J. 1990.** Colonization densities and offspring production in the bark beetle *Ips typographus* (L.) in standing spruce trees. *Journal of Applied Entomology.* 1990.
- Wolfslehner, B. a Seidl, R. 2010.** Harnessing ecosystem models and multi-criteria decision analysis for the support of forest management. *Environmental management.* 2010.
- Wolfslehner, B., Vacík, H. a Lexer, M. 2005.** Application of the analytic network process in multi-criteria analysis of sustainable forest management. *Forest Ecology and Management.* 2005.
- Zahradník, P. a Geráková, M. 2010.** *Lýkožrout smrkový - Ips typographus (L.).* Praha : VULMUH Strnady, 2010.
- Zahradník, P. a Knížek, M. 2016.** *Lýkožrout smrkový - Ips typographus (L.). Vydání druhé.* Praha : VULMUH Strnady, 2016.

---

**Zahradník, P. 2006.** *Základy ochrany lesa v praxi. Vydání druhé.* Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, 2006. ISBN 80-86386-76-7.

**Zapletalová, Š a kol. 2012.** *Krizový management podniku pro 21. století. Vydání první.* Praha : Ekopress, 2012. ISBN 978-80-86929-85-9.

**Zenkl, D. 2014.** *Analýza matematických modelů populační dynamiky kůrovce.* České Budějovice : Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2014.

**Zítek, P. a Petrová, R. 1996.** *Matematické a simulační modely.* Praha : ČVUT, 1996. ISBN 80-01-01524-6.

**Zmeškal, Z., Dluhošová, D. a Tichý, D. 2013.** *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace. Vydání třetí.* Praha : Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-91-0.

**Zumr, V. 1995.** *Lýkožrout smrkový - biologie, prevence a metody boje. Vydání první.* Písek : Matice lesnická, 1995.

**Zuzák, R. a Königová, M. 2009.** *Krizové řízení podniku. Vydání druhé.* Praha : Grada Publishing, 2009. ISBN 978-80-247-3156-8.

**Zuzák, R., Moulis, P. a Horská, V. 1999.** *Finanční krize podniku - teoretická východiska.* Praha : Ekopress, 1999. ISSN 0026-87-20.

---

## **8 Seznam zkratek**

HDP – hrubý domácí produkt

LH – lesní hospodářství

LČR, s.p. – Lesy České republiky, státní podnik

IZS – integrovaný záchranný systém

ČR – Česká republika

MCDA – multikriteriální rozhodovací analýza

IS – informační systém

ORP – obec s rozšířenou působností

CPM – metoda kritické cesty

JPRL – jednotka prostorového rozdělení lesa

LHC – lesní hospodářský celek

LHP – lesní hospodářský plán