

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ
INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

METODY HODNOCENÍ RIZIK POMOCÍ FUZZY LOGIKY

FUZZY LOGIC METHODS FOR THE RISK ASSESSMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ING. KAMIL KOVÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

ING. PETR MISÁK

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství
Ústav soudního inženýrství
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student (ka): Ing. Kamil Kovář

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Řízení rizik stavebních konstrukcí (3901T044)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem c.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Metody hodnocení rizik prostřednictvím fuzzy logiky

v anglickém jazyce:

Fuzzy logic methods for the risk assessment

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

DP se zabývá způsoby vyhodnocování kvalitativních, environmentálních a bezpečnostních rizik a nebezpečí stavebních technologií prostřednictvím teorie fuzzy množin a fuzzy logiky. Jsou zde diskutovány různé varianty využití fuzzy logiky. Práce stanovuje vhodnost použití způsobu fuzzyfikace, defuzzyfikace a dalších nastavení příslušného modelu. Pro aplikaci jsou zvoleny klíčové stavební technologie, jež jsou zařazeny podle třídění stavebních konstrukcí a prací (TSKP) do kapitoly hlavní stavební výroba (HSV).

Cíle diplomové práce:

Zpracování teoretických základů teorie fuzzy množin a fuzzy logiky s návazností na možnosti kvantifikace rizik. Aplikace teoretických poznatků při reálném vyhodnocení rizik výrobního procesu.

Seznam odborné literatury:

[1] TICHÝ, M.: Ovládání rizika, Praha, 2006, 80-7179-415-5.

[2] JURA, P. Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování, Brno: Nakladatelství VUTIUM. 2003.

ISBN 80-214-2261-0.

[3] NOVÁK, V. Základy fuzzy modelování, Nakladatelství BEN, Praha, 2003. ISBN 80-7300-009-1.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Petr Misák

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 20. 11. 2012

L.S.

doc. Ing. Robert Kledus, Ph.D.

Ředitel vysokoškolského ústavu

Abstrakt

Diplomová práce pojednává o problematice fuzzy logiky, fuzzy množin a o operacích s nimi. Dále je v práci popsán postup kvantifikace rizik prostřednictvím fuzzy množin, proces fuzzyfikace, defuzzyfikace a jejich aplikace v expertních systémech FMEA a FMECA. Pomocí vybraných kapitol norem ČSN jsou stanoveny kritické oblasti ve stavební výrobě, jsou to kapitoly pojednávající o kvalitě, bezpečnosti a environmentu. Z těchto oblastí pomocí teorie fuzzy množin jsou vytvořeny vstupní procentuální hodnoty do rozhodovacího programu, vytvořeného v prostředí Matlab. Výstupem programu je rozhodnutí o jak velkou míru rizika se jedná a zda jsou nutná nápravná opatření. Konkrétním příkladem je výroba betonového zboží, popis výrobního procesu a složení čerstvého betonu. Praktickým příkladem, vytvořeným pomocí informací od reálné společnosti, je rozhodnutí o míře rizika v oblasti kvality.

Abstract

Master's thesis deals about problematic of fuzzy logic, fuzzy sets and operation with them. Also thesis describing procedure of quantification risks through fuzzy sets, process of fuzzyfication, defuzzyfication a theirs application in the expert systems FMEA and FMECA. Using selected chapters of czech states standards are established critical areas in building process, it is a chapters about quality, safety and environment. With these areas by using fuzzy sets theory are created the procentual input values in the decision program, created by Matlab. Output from program is decision how big the risk rate is and if is necessarily make corrective measures. A concrete example is the production of concrete goods, describing production process and composition of fresh concrete. A practical example, created by using information from real company, is a decision about the risk rate in the qualitative area.

Klíčová slova

Fuzzy logika, fuzzy množiny, fuzzy FMEA, fuzzy FMECA, stavební výroba, betonová dlažba, matlab, řízení rizika, hodnocení rizika, kvalitativní rizika, bezpečnostní rizika, environmentální rizika.

Keywords

Fuzzy logic, fuzzy sets, fuzzy FMEA, fuzzy FMECA, building production, concrete paving, matlab, risk management, risk assessment, qualitative risks, safety risks, environmental risks.

Bibliografická citace

KOVÁŘ, K. Metody hodnocení rizik prostřednictvím fuzzy logiky. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2013. 73 s. Vedoucí diplomové práce
Ing. Petr Misák.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl/a všechny použité informační zdroje.

V Brně dne

.....

podpis diplomanta

OBSAH

1	ÚVOD.....	11
2	FUZZY MNOŽINY.....	12
2.1	Motivace.....	12
2.2	Množiny, fuzzy množiny a operace s nimi.....	13
2.3	Princip rozšíření.....	16
2.4	Přibližné usuzování.....	17
2.5	Fuzzy implikace.....	18
2.6	Fuzzy systémy.....	20
3	EXPERTNÍ SYSTÉMY.....	22
3.1	FMEA/FMECA.....	22
3.2	Fuzzy FMECA.....	23
3.2.1	<i>Fuzzy kritéria hodnocení.....</i>	<i>24</i>
3.2.2	<i>Proces fuzzyfikace.....</i>	<i>25</i>
3.2.3	<i>Pravidla hodnocení.....</i>	<i>27</i>
3.2.4	<i>Proces defuzzyfikace.....</i>	<i>28</i>
4	ŘÍZENÍ VÝROBY DLE NOREM ČSN EN ISO.....	30
4.1	ČSN EN ISO 9001:2001.....	30
4.1.1	<i>Výroba a poskytování služeb.....</i>	<i>30</i>
4.1.2	<i>Monitorování a měření procesu.....</i>	<i>32</i>
4.1.3	<i>Monitorování a měření produktu.....</i>	<i>32</i>
4.1.4	<i>Řízení neshodného produktu.....</i>	<i>32</i>
4.1.5	<i>Analýza údajů (dat).....</i>	<i>33</i>
4.1.6	<i>Nápravná opatření.....</i>	<i>33</i>
4.1.7	<i>Preventivní opatření.....</i>	<i>34</i>
4.2	ČSN OHSAS 18001:2007.....	34
4.2.1	<i>Požadavky právních předpisů a jiné požadavky.....</i>	<i>34</i>

4.2.2	<i>Zdroje, úlohy, odpovědnost, výcvik a povědomí</i>	34
4.2.3	<i>Odborná způsobilost, výcvik a povědomí</i>	35
4.2.4	<i>Komunikace, spoluúčast a konzultace</i>	36
4.2.5	<i>Řízení provozu</i>	36
4.2.6	<i>Havarijní připravenost a reakce</i>	37
4.2.7	<i>Kontrola a opatření k nápravě</i>	37
4.3	ČSN EN ISO 14001:2005	40
4.3.1	<i>Řízení provozu</i>	40
4.3.2	<i>Havarijní připravenost a reakce</i>	40
4.3.3	<i>Kontrola</i>	40
5	PROCES VÝROBY BETONOVÝCH DLAŽDIC	41
5.1	<i>Čerstvý beton pro betonové dlaždice</i>	42
5.2	<i>Proces výroby</i>	42
5.3	<i>Schéma procesu výroby</i>	44
6	ROZHODOVACÍ PROGRAM NA ŘÍZENÍ RIZIK	46
6.1	<i>Rozhodovací program pro kvalitativní rizika</i>	46
6.1.1	<i>Kvalifikace pracovníků</i>	46
6.1.2	<i>Poruchovost</i>	46
6.1.3	<i>Frakce kameniva</i>	47
6.1.4	<i>Kvalita cementu</i>	47
6.1.5	<i>Kvalita přísad</i>	47
6.1.6	<i>Údržba strojů</i>	48
6.1.7	<i>Ishikawův diagram pro kvalitativní rizika</i>	48
6.2	<i>Rozhodovací program pro bezpečnostní rizika</i>	48
6.2.1	<i>Kvalifikace pracovníků</i>	49
6.2.2	<i>Havarijní připravenost</i>	49
6.2.3	<i>Komunikace</i>	49

6.2.4	<i>Kontroly k nápravě</i>	50
6.2.5	<i>Prevence</i>	50
6.2.6	<i>Ishikawův diagram pro bezpečnostní rizika</i>	51
6.3	Rozhodovací program pro environmentální rizika	51
6.3.1	<i>Řízení provozu</i>	52
6.3.2	<i>Havarijní připravenost</i>	52
6.3.3	<i>Reakce</i>	52
6.3.4	<i>Monitorování</i>	53
6.3.5	<i>Hodnocení souladu</i>	53
6.3.6	<i>Ishikawův diagram pro environmentální rizika</i>	54
6.4	Výstupy rozhodovacích programů	54
6.5	Postup tvorby a používání rozhodovacího programu	55
6.5.1	<i>Soubor *.m</i>	55
6.5.2	<i>Soubor *.fis</i>	57
7	PRAKTICKÝ PŘÍKLAD NA VYHODNOCENÍ RIZIKA PŘI VÝROBNÍM PROCESU	63
7.1	Popis společnosti	63
7.2	Popis rizik	63
7.2.1	<i>Kvalifikace zaměstnanců</i>	63
7.2.2	<i>Poruchovost</i>	64
7.2.3	<i>Správnost frakce</i>	64
7.2.4	<i>Kvalita cementu</i>	64
7.2.5	<i>Kvalita přísad</i>	64
7.2.6	<i>Údržba</i>	64
7.3	Vyhodnocení	65
7.4	Opatření	65
8	ZÁVĚR	65
9	LITERATURA	67

10 PŘÍLOHY	68
10.1 Příloha č.1 Zdrojový kód rozhodovacího programu pro kvalitativní rizika	68
10.2 Příloha č.2 Zdrojový kód rozhodovacího programu pro bezpečnostní rizika	70
10.3 Příloha č.3 Zdrojový kód rozhodovacího programu pro environmentální rizika	72

1 ÚVOD

V diplomové práci autor popisuje souvislost fuzzy množin, expertních metod, platných českých norem a výrobního procesu. Výstupem práce je rozhodovací program na popis a hodnocení rizika. Prvně je zmíněna potřeba fuzzy logiky jako takové, její aplikace v běžném životě a příklad, ze kterého je patrné, že fuzzy logiku nevědomě využíváme v běžném životě. Autor dále popisuje problematiku množin a následně fuzzy množin a operace, které je možné s nimi provádět. Závěrem, co se fuzzy množin týče, se autor zmiňuje o fuzzy implikacích a systémech.

Fuzzy logika se pro hodnocení rizik využívá v expertních systémech, jako jsou FMEA, FMECA a jiných. Autor ve své práci popisuje využití fuzzy logiky v těchto systémech na teoretickém příkladu a zobrazuje přímý postup fuzzyfikace, hodnocení a následné defuzzyfikace. Celá kapitola věnovaná expertním systémům je návod na použití fuzzy logiky v metodě FMEA/FMECA.

Po zjištění použitelnosti a aplikace fuzzy logiky v expertních systémech autor popisuje nejn nutnější kapitoly z českých státních norem, které jsou potřebné pro podložení stavebního výrobního procesu. Pomocí těchto vybraných kapitol autor poté sestavuje rozhodovací model na hodnocení míry rizika a nutnosti nápravných opatření.

Autor se v praktické části diplomové práce zabývá aplikací fuzzy logiky do výrobního procesu, konkrétněji na výrobu prvků pro betonovou dlažbu. Pro přesnější pochopení je v práci popsán proces výroby, podložený schématem výroby, a složení čerstvého betonu pro betonové prvky.

Samotným cílem a tím pádem i výstupem této diplomové práce, je rozhodovací program na hodnocení a kvantifikaci rizik. Tento program je vytvořen v prostředí programu Matlab a je napsán programovacím jazykem samotného programu. Pravidla hodnocení a vstupy jsou do programu vloženy pomocí fuzzy toolboxu a tím je v rozhodování použita fuzzy logika. Rozhodovací program má tři varianty a to pro kvalitativní, bezpečnostní a environmentální rizika. Program je v zásadě pro všechny tři napsán stejně, liší se pouze vstupy a naprogramováním rozhodovacích pravidel. Výstupem z programu je rozhodnutí o míře rizika, které je reprezentováno procentuální hodnotou a doporučením nápravných opatření.

Autor popisuje tvorbu samotného programu, naprogramování pravidel a práci se samotným programem, aby bylo jasné, jak program dochází k rozhodnutí.

Aby bylo dokázáno, že výstupní program je prakticky použitelný, v závěru práce je popsána konkrétní situace. Jsou zde popsány vstupy a postup jak byly kvantifikovány. Výsledkem praktického příkladu je rozhodnutí a doporučení nápravných opatření pro snížení rizika pod hranici snesitelnosti. V závěru autor popisuje, zda se podařilo dosáhnout cílů práce a zda rozhodovací program pracuje tak, jak se od něj očekává.

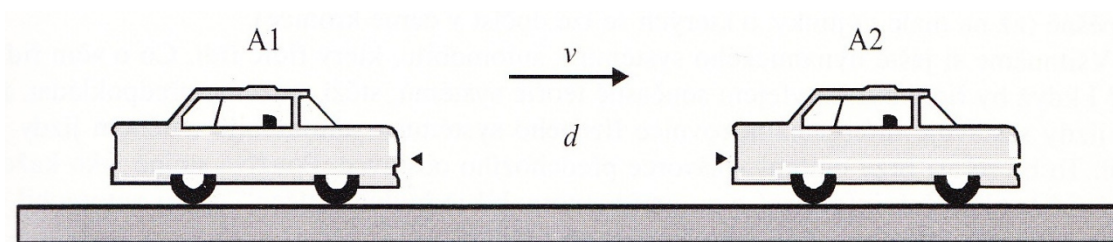
2 FUZZY MNOŽINY

Pod pojmem fuzzy logika si bez znalosti významu slova fuzzy nelze představit nic dosud známého. Samotné slovo „fuzzy“ pochází z angličtiny, ve které v překladu znamená „mlhavá, nejasná, neurčitá, neostrá“. Logika jak ji známe, pracuje jen se dvojicí možností a to buď *ANO*, nebo *NE*. V reálném světě ovšem potřebujeme více než jen dvoupolohová rozhodnutí a z toho důvodu tu máme fuzzy logiku, která nám dovoluje se při modelování přiblížit realitě a zpřesnit tak řešení problému [1].

2.1 MOTIVACE

Pro jednodušší vysvětlení použitelnosti a potřebnosti fuzzy logiky si představme jednoduchou situaci. Dvě auta jedou v koloně za sebou rychlostí v a ve vzdálenosti d . V případě, že první auto začne brzdit, pak musí brzdit i vozidlo za ním a tím udržovat bezpečnou vzdálenost. Algoritmicky můžeme popsat situaci takto:

když (první auto brzdí) pak (druhé auto brzdí)



Obrázek 1 Jízda v koloně vozidel [1]

Řidič automobilu tím pádem ovládá dynamický systém tvořený automobilem. Do tohoto systému vstupuje brzdná síla F a výstupem bude uražená dráha. Pro zjednodušení vyloučíme povětrnostní vlivy, nerovnosti vozovky a zatáčky. Podstatné veličiny v tomto

případě budou rychlost v , a vzdálenost d . Pomocí těchto veličin, se určuje síla brzdění F . Dáme-li tyto hodnoty do algoritmů získáme:

když (v je malá) a (d je velká) pak (F je malá)

když (v je velká) a (d je malá) pak (F je velká)

když (v je malá) a (d je malá) pak (F je střední)

když (v je velká) a (d je velká) pak (F je střední)

Činnosti řidiče jsme popsali vágními pojmy, které jsou ovšem pro každého řidiče individuální. Pro začátečníka bude malá rychlost jiná než pro zkušeného řidiče. Každý řidič tedy v závislosti na stavu a zatížení vozidla pomocí subjektivních pocitů a zkušeností, které mu říkají, zda je rychlost a vzdálenost *malá/velká/střední*, podvědomě koriguje dynamický systém, který jsme představili. Každý řidič používá mlhavých informací, které ovlivňují činnost při brzdění [1].

Člověk tedy jedná na základě nepřesných a neurčitých informací, získaných ze svého okolí, a i tak je výsledek jednání dostačující. Veličiny vystupující ze systému mohou nabývat hodnot jen z omezené množiny. Hodnoty těchto množin jsou lingvistické pojmy, například „daleko“, „blízko“ nebo „malý“ a „velký“. Tyto pojmy ovšem nahrazují číselný rozsah, který zahrnuje subjektivní hodnoty zúčastněných osob [1].

2.2 MNOŽINY, FUZZY MNOŽINY A OPERACE S NIMI

Klasická množina je soubor prvků libovolného druhu. Teorie množin byla založena německým matematikem Georgem Cantorem. Klasické množiny jsou konečné, spočetné nebo nespočetné. Jsou definovány výčtem všech prvků, které do množiny patří, nebo definicí vlastností, která určuje příslušnost prvků do množiny [1], [7].

V teorii fuzzy množin neplatí, že u , je či není prvkem C , ale prvek u , může patřit do C jen částečně. Funkce příslušnosti je zobecněnou charakteristickou funkcí fuzzy množiny. Funkce příslušnosti mapuje univerzum na celý interval.

Funkce příslušnosti

$$\mu_F: U \rightarrow [0,1] , \quad (1)$$

takže každý prvek $u \in U$ má stupeň příslušnosti

$$\mu_F(u) \in [0,1]. \quad (2)$$

Tvar funkce příslušnosti může být různý.

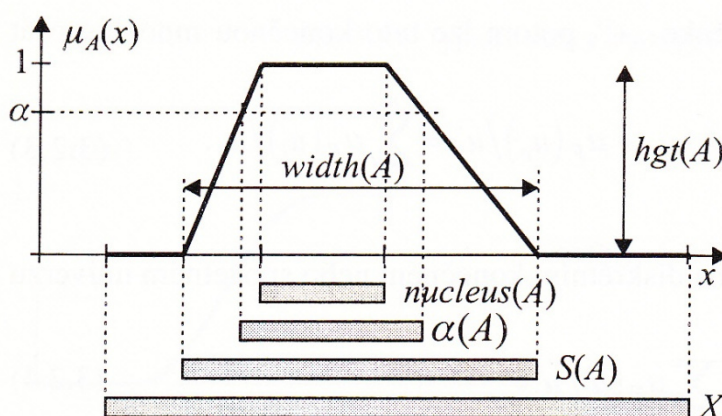
Zavedeme předpoklad, že A, B jsou fuzzy množiny definované na univerzu X , resp. univerzu Y . Zavedeme nyní některé pojmy, které se týkají fuzzy množin [1], [8].

Nosič (support) fuzzy množiny A je ostrá množina S definovaná jako množina všech prvků univerza X , které mají kladnou funkci příslušnosti (Obrázek 2), tj.

$$S(A) = \{x/\mu_A(x) > 0\} \quad (3)$$

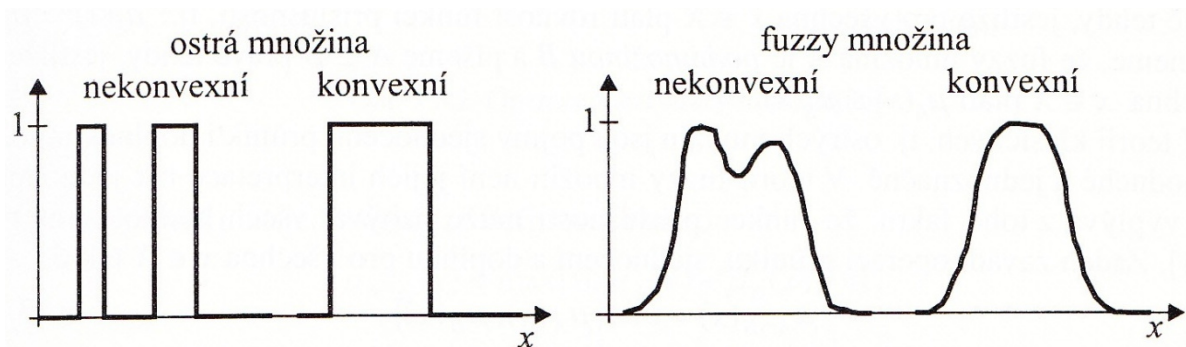
Fuzzy množina A se nazývá *konvexní* právě tehdy, jestliže pro každé dva prvky $x, y \in X$ pro každé $\lambda \in [0,1]$ platí

$$\mu_A(\lambda \cdot x + (1 - \lambda) \cdot y) \geq \min(\mu_A(x), \mu_A(y)). \quad (4)$$



Obrázek 2 Základní pojmy fuzzy množin: $hgt(A)$ - výška fuzzy množiny, $width(A)$ - šířka fuzzy množiny, $nucleus(A)$ - jádro fuzzy množiny, $\alpha(A)$ - α -řez fuzzy množiny, $S(A)$ - nosič fuzzy množiny, X - univerzum [1]

Obrázek 2 platí, jestliže hodnota funkce příslušnosti v libovolném bodě, který leží mezi body x a y (jeho poloha je dána velikostí parametru λ), je větší než nejmenší z obou krajních hodnot $\mu_A(x)$ a $\mu_A(y)$. Tento pojem je zobecněním konvexnosti u ostrých množin na fuzzy množiny. S každými dvěma body x, y , které patří do A , tam patří i úsečka, který tyto body spojuje. Situaci vysvětluje (Obrázek 3) [1], [8].



Obrázek 3 K pojmu konvexnosti ostrých a fuzzy množin [1]

Šířka (*width*) konvexní fuzzy množiny A s nosičem $S(A)$ je definována jako

$$width(A) = \sup(S(A)) - \inf(S(A)). \quad (5)$$

Jestliže je nosič fuzzy množiny ohraničený je možno supremum a infimum nahradit maximem a minimem a šířka fuzzy množiny pak vyjadřuje jejich rozdíl (Obrázek 2).

Jádro (*nucleus*) fuzzy množiny A je definováno jako ostrá množina $nucleus(A)$ všech prvků, jejichž funkce příslušnosti je rovna 1 (Obrázek 2), tj.

$$nucleus(A) = \{x \in X / (\mu_A(x) = 1)\}. \quad (6)$$

Existuje-li pouze jediný bod, v němž je hodnota funkce příslušnosti rovna 1, pak se tento bod nazývá špičková hodnota (*peak value*) [1], [8].

Výška (*height*) fuzzy množiny A označovaná $hgt(A)$ je definována jako

$$hgt(A) = \sup(\mu_A(x)), x \in X. \quad (7)$$

Je-li výška fuzzy množiny $hgt(A)=1$, potom se tato množina nazývá *normální*, jinak se nazývá *subnormální*.

α -řez (α -cut) fuzzy množiny A , kde $\alpha \in [0,1]$, je ostrá množina $\alpha(A)$ definovaná jako

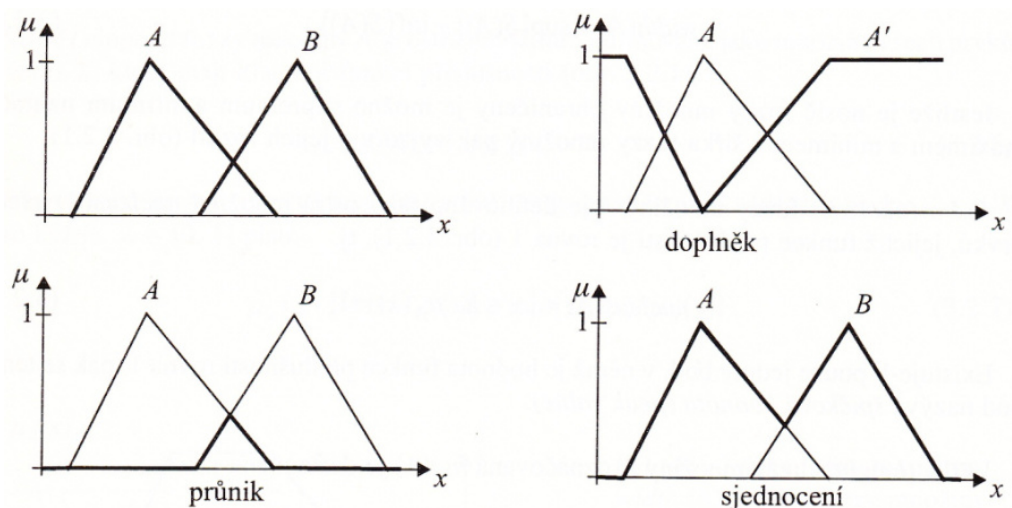
$$\alpha(A) = \{x \in X / (\mu_A(x) \geq \alpha)\} \quad (8)$$

Nechť jsou dána univerza X a Y a necht' jejich kartézský součin je $U = X \times Y$. Potom binární relací R nazýváme množinu uspořádaných dvojic z U , tj. podmnožinu $R \subseteq U$. Pojem relace lze rozšířit na množinu uspořádaných n -tic. Jsou-li X_1, \dots, X_n univerza, potom n -nární relace R je množina uspořádaných n -tic z kartézského součinu $X_1 \times \dots \times X_n$ [1], [8].

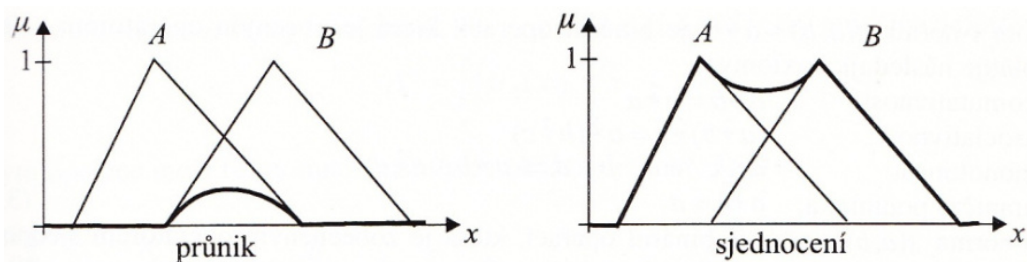
Obecným přístupem k problematice operací průniku a sjednocení množin je pojem *triangulární normy* (t -norma) a *tringulární t -konormy* (s -norma). Jsou-li dána čísla a, b ,

$\in [0,1]$, potom t -norma $t(a,b) = a \hat{*} b$ je binární operací, která je obecným operátorem průniku a splňuje určité axiomy [1].

Podobně jako u ostrých množin se s fuzzy množinami provádí operace průniku, sjednocení a doplňku [1].



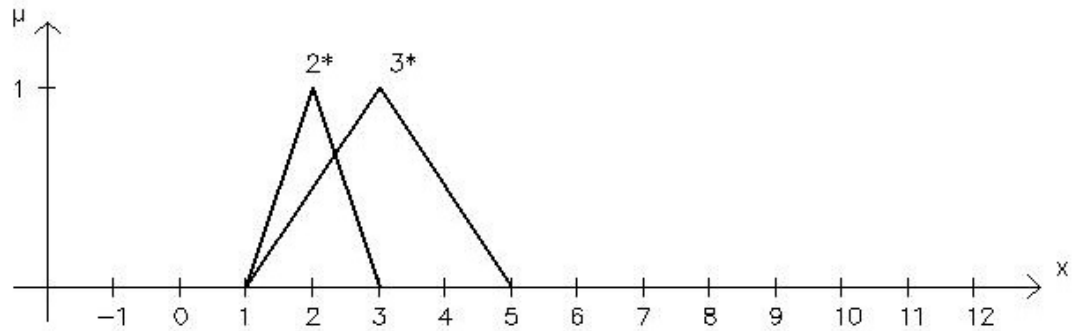
Obrázek 4 Operace mezi fuzzy množinami 1



Obrázek 5 Operace mezi fuzzy množinami 2

2.3 PRINCIP ROZŠÍŘENÍ

Princip rozšíření nám umožňuje převádět libovolné operace v klasických množinách na operace ve fuzzy množinách. Fuzzy číslo je fuzzy množina F definovaná na reálné ose, která má následující vlastnosti: F je normální, konvexní fuzzy množina s omezeným nosičem [1], [8].



Obrázek 6 fuzzy číslo „asi 3“ označované jako 3* a fuzzy číslo 2*

Byly zvoleny trojúhelníkové funkce příslušnosti. Princip rozšíření definujeme takto: Necht' X, Y jsou univerza a necht' je dána funkce f , která mapuje X na Y , tj.: $f: X \rightarrow Y$, a necht' A je fuzzy množina $A \subseteq X$. Fuzzy množina A tedy indikuje v univerzu Y fuzzy množinu, jejíž funkce příslušnosti je

$$\mu_f(u) = \begin{cases} \sup_{f(x)=y} \mu_A(x) & \text{jestliže existuje } x \in X \text{ takové, že } y = f(x) \\ 0 & \text{jinak} \end{cases} \quad (9)$$

a supremum je bráno přes všechna taková $x \in X$, pro která je $f(x) = y$ [1].

2.4 PŘIBLIŽNÉ USUZOVÁNÍ

V kapitole motivace se řidič rozhodoval, čili usuzoval na základě informací, které byly vágní. Usuzoval dle výrazů, které nebyly ostré („*v je malá*“), ale jejichž pravdivostní hodnota byla v intervalu $[0,1]$, tedy fuzzy výroky [1], [8].

Fuzzy výroky jsou složeny z proměnné (např.: „*v*“) a z hodnoty této proměnné (např.: „*malá*“). Tyto výroky jsou propojeny logickými spojkami *AND*, *OR* a tím vytvářejí fuzzy výrok, který je předpokladem pravidla.

if (fuzzy výrok) then (fuzzy výrok)

Toto pravidlo představuje fuzzy implikaci, jejíž výsledek se nazývá konsekvent. Výsledné rozhodnutí poté představuje agregaci výsledků od všech pravidel.

Fundamentální jednotkou reprezentující znalost je jazyková proměnná, jejíž hodnoty jsou slova nebo věty přirozeného či umělého jazyka. Např. teplota v místnosti nabývá hodnot *zima*, *teple*, *příjemně*, *horko*. Dalším parametrem jazykové proměnné je číselný rozsah, tzv. univerzum U , ve kterém se pohybuje veličina. V případě teploty to bude např. (10°C , 28°C) [1], [8].

Převod výroku vyjádřeného v přirozeném jazyce se do jazykové proměnné převádí ve třech krocích: Příklad: „*odchylka je negativní velká*“

1. Označení fyzikální proměnné „*odchylka*“ volíme symbol e .
2. Označení její hodnoty „*negativní velká*“ volíme označení NB .
3. Vyjádření skutečnosti je tedy $e = NB$.

2.5 FUZZY IMPLIKACE

V klasické logice podmíněný výrok typu „*if (výrok) then (výrok)*“ představuje implikaci. Fuzzy podmíněný výrok typu *if-then* je symbolicky vyjádřen takto:

if (fuzzy výrok) then (fuzzy výrok)

V tomto případě fuzzy výrok může být atomický nebo složený. Výrok výše představuje fuzzy implikaci. Fuzzy výrok před částicí *then* se nazývá antecedent (předpoklad) a za částicí *then* se fuzzy výrok nazývá konsekvent (závěr) fuzzy implikace [1], [8].

Velmi často používaným typem fuzzy implikace je implikace typu Mamdani. Z matematického hlediska se nejedná o implikaci jako takovou, ale je takto nazývána v literatuře. Implikace Mamdani využívá vztahu $p \rightarrow q = p \text{ and } q$, kde pro operaci *and* je použito t -normy *min*. Fuzzy relace R_c , která zobrazuje fuzzy implikaci a její funkci vypadá následovně a platí:

$$R_c = ce(A) \cap ce(B) = \int_{X \times Y} \min(\mu_A(x), \mu_B(y)) / (x, y),$$

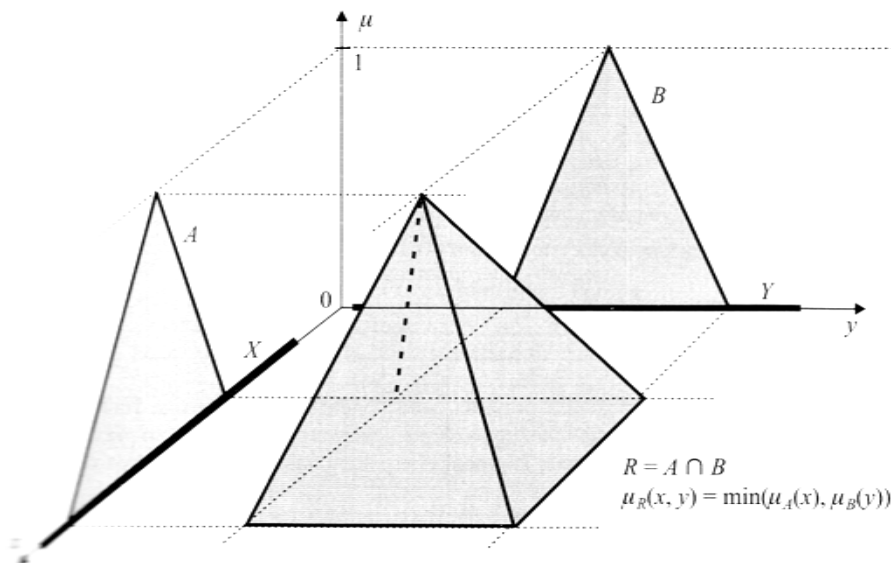
$$\mu_{R_c}(x, y) = \min(\mu_A(x), \mu_B(y)). \quad (10)$$

Příklad na implikaci typu Mamdani

Nechť $X = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ a $Y = \{y_1, y_2, y_3\}$ jsou dána diskrétní univerza a x, y jsou jazykové proměnné na těchto univerzech. Předpokládejme dále, že máme danou fuzzy implikaci „*if (x je A) then (y je B)*“, kde A, B jsou dané fuzzy množiny

$$A = 0,1/x_1 + 0,4/x_2 + 0,7/x_3 + 1,0/x_4,$$

$$B = 0,2/y_1 + 0,5/y_2 + 0,9/y_3. \quad (11)$$



Obrázek 7 Zobrazení konstrukce implikace typu Mamdani dle výše zmíněných hodnot [1]

potom

ce(A)	
	y
x ₁	0,1
x ₂	0,4
x ₃	0,7
x ₄	1

ce(B)	
	y
x ₁	0,2
x ₂	0,2
x ₃	0,2
x ₄	0,2

 \cap

ce(A) ∩ ce(B)	
	y
x ₁	0,1
x ₂	0,2
x ₃	0,2
x ₄	0,2

 $=$

	y ₁	y ₂	y ₃
x ₁	0,1	0,1	0,1
x ₂	0,2	0,4	0,4
x ₃	0,2	0,5	0,7
x ₄	0,2	0,5	0,9

V případě, že fuzzy množiny A , B jsou definovány na spojitých univerzech X a Y , je konstrukce implikace Mamdani znázorněna výše (Obrázek 7).

Zobecněný modus ponens je pravidlo úsudku, které nám pomáhá zjistit výsledek intervence [1].

Například pokud máme jazykové proměnné x a y definované na univerzech X , Y a necht' je dále znám kauzální vztah mezi x a y ve formě fuzzy implikace „if (x je A_1) then (y je B_1)“. Podle toho vztahu můžeme zkonstruovat fuzzy relaci R . Necht' víme, že „ x je A_2 “. Do fuzzy implikace tedy vstupuje hodnota A_2 . Tvar zobecněného modus ponens je tedy:

- podmínka 1: x je A_2 ,
- podmínka 2: if (x je A_1) then (y je B_1) a
- Závěr: y je B_2 .

Závěr přibližného úsudku (ohodnocení) získáme dle operace kompozice:

$$B_2 = A_2 \circ R = \text{proj}(ce(A_2) \cap R) \text{ na } Y, \quad (12)$$

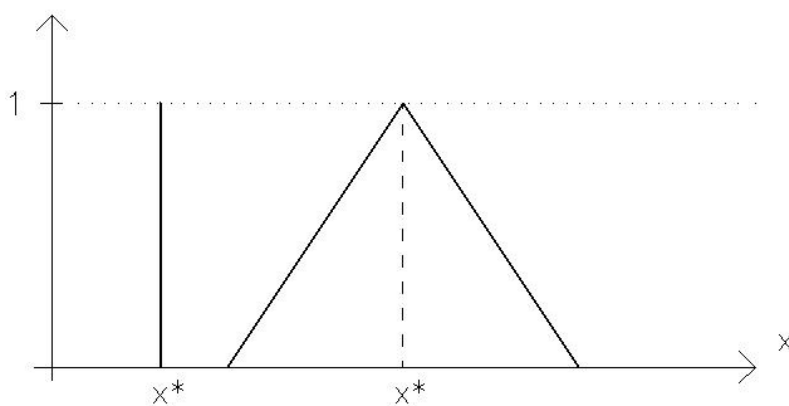
kde R je fuzzy relace, která reprezentuje fuzzy implikaci „if (x je A_1) then (y je B_1)“. V případě typu Mamdani platí:

$$\mu_{B_2}(y) = \sup_x \left(\min \left(\mu_{A_2}(x), \mu_R(x, y) \right) \right). \quad (13)$$

2.6 FUZZY SYSTÉMY

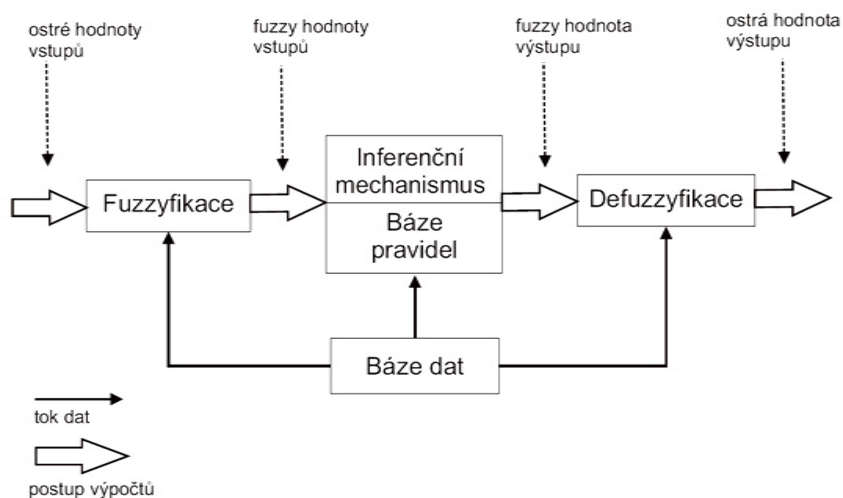
Proměnné fuzzy systémů nabývají hodnot, které nejsou definovány ostrými čísly v matematickém smyslu slova, ale jsou definovány slovními hodnotami čili fuzzy množinami. Tyto proměnné jsou jazykové proměnné zastupující interval reálných čísel. Fuzzy množiny jsou tedy fuzzy čísla [1].

Obecná struktura fuzzy systémů obsahuje fázi fuzzyfikace, inferenční proces, bázi dat, bázi pravidel a fázi defuzzyfikace. Vstupem fáze fuzzyfikace jsou ostré hodnoty vstupních proměnných, které jsou dány jejich příslušnými univerzy, tedy referenčními množinami. Výstupem fáze fuzzyfikace je funkce příslušnosti fuzzy množiny. Nejčastěji se fuzzyfikace provádí dvojicí základních metod (Obrázek 8), tedy fuzzyfikace singletonem (str. 21) a trojúhelníkovou fuzzy množinou [8], [9].



Obrázek 8 Základní metody fuzzyfikace, x^* - ostrá vstupní hodnota [9]

Fuzzyfikovaná vstupní hodnota dále vstupuje do inferenčního procesu. Zde se na základě báze dat a báze pravidel provede výpočet řešení. Výstupem inferenčního procesu je fuzzy množina daná svou funkcí příslušnosti. Pro praktické účely je však výstup ve formě fuzzy množiny nevhodný, proto je nutné provést převedení na ostrou hodnotu. To má za úkol fáze defuzzyfikace. Defuzzyfikačních metod existuje celá řada, nejčastěji se používá metoda těžiště, kdy výstupní ostrá hodnota se určí jako těžiště plochy pod grafem výstupní fuzzy množiny z inferenčního procesu [8], [9].

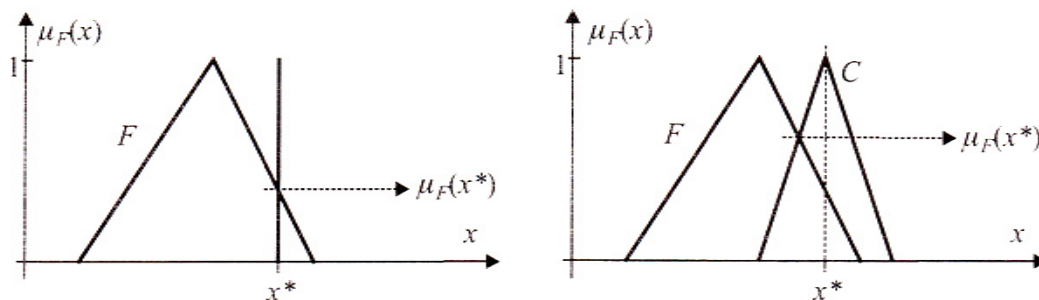


Obrázek 9 Struktura fuzzy systémů [9]

Fuzzyfikace transformuje ostrou hodnotu x^* proměnné x na fuzzy množinu. Realizace je předpokladem, že vstupní ostré číslo je považováno za fuzzy číslo se speciálním typem funkce příslušnosti, tzv. singletonem, a toto číslo patří do fuzzy množiny F s příslušností $\mu_F(x^*)$ (Obrázek 10 vlevo). Fuzzyfikace se tedy provádí na základě vztahu

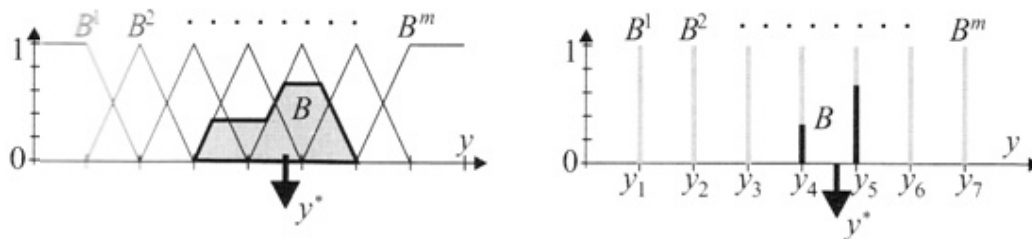
$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & x = x^* \\ 0 & \text{jinak.} \end{cases} \quad (14)$$

Takto provedená fuzzyfikace se nazývá fuzzyfikace singletonem a je nejčastěji užívána. V obecném případě nemusí být vstupující číslo ostré, ale může to být fuzzy číslo vyjádřené fuzzy množinou C (Obrázek 10 vpravo). Tato fuzzy množina může vyjadřovat např. neurčitost vstupující hodnoty.



Obrázek 10 Fuzzyfikace singletonem (vlevo) a obecný případ (vpravo) [1]

Cílem defuzzyfikace je získat z fuzzy množiny ostrou hodnotu dané veličiny y^* . Necht' jazyková proměnná y má univerzum Y , které je pokryto systémem fuzzy množin B^j , kde $j = 1, 2, \dots, m$ a necht' výsledkem inferenčního mechanismu je výsledná fuzzy množina B . (Obrázek 11) [1].



Obrázek 11 Defuzzyfikace (vlevo) a funkce příslušnosti typu singleton (vpravo) [1]

Funkce příslušnosti singleton (Obrázek 11 vpravo) funguje tak, že tvar jedné funkce příslušnosti je tvořen jen jednou ostrou čarou na dané pozici slovní hodnoty, tento tvar funkce příslušnosti se užívá výlučně jen pro výstupní veličiny [1].

3 EXPERTNÍ SYSTÉMY

3.1 FMEA/FMECA

Nejrozšířenější metodou expertní analýzy rizika je FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), jež kombinuje verbální odhady a numerické odhady, má dvě fáze:

Verbální fáze je zaměřená na identifikaci

- možného vzniku poruch,
- možných způsobů poruch a
- možných následků poruch.

Tato fáze se nejčastěji realizuje brainstormingem.

Numerická fáze se zaměřuje na třípramenný odhad rizik projektu s použitím *RPN* indexu. Je to víceparametrické vyjádření definované jako součin tří hodnot:

$$RPN = S_v \times L_k \times D_t \quad (15)$$

S_v - závažnost nebezpečí (*severity*)

L_k - pravděpodobná možnost realizace nebezpečí (*likelihood*)

D_t - zjistitelnost poruchy (*detection*)

Rozsah hodnot pro *RPN* se volí v rozsahu stupnice dané analytikem (1-5 případně 1-10). Hodnota 0 se nepoužívá [3].

FMEA byla poprvé formulována v roce 1949 v americkém armádním předpisu Mil-Std-1629 Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis. Poté

upadla do zapomenutí. V 60. letech ji používala NASA v rámci programu Apollo. Od počátku 70. let se FMEA používá běžně ve světovém automobilovém průmyslu a je součástí normy QS-9000-1998, popř. ISO/TS 16949:2002 [3], [2].

V analýze projektu se identifikuje několik různých způsobů poruch. Pro každý způsob se určí *RPN*. Poté ΣRPN , která nemá význam, dokud se neprovede opakovaně po úpravě projektu. Z rozdílu ΣRPN po a před úpravou se určí, zda došlo ke snížení rizika. Závažnost nebezpečí S_v , je potřeba vyhodnotit odděleně. Velice závažná nebezpečí jsou obvykle málo pravděpodobná [3].

Častou variantou expertní metody FMEA je FMECA (Failure Mode, Effect, and Criticality Analysis), která se zaměřuje na závažnost a četnost poruch systémů. Kritičnost se stanovuje dle *RPN*, ale nepočítá se se zjistitelností [3].

Ačkoliv je FMECA často spojována s bezpečnostní analýzou, její hlavní výhoda spočívá v tom, že se systémový analytik v průběhu přípravy plně seznámí s projektem, se kterým pracuje. Právě proto se FMECA používá pro rozvoj a vylepšení designu projektu [3].

FMECA je potencionálně jedna z nejvýhodnějších analýz s vysokou spolehlivostí. Je ovšem také jedna z nejvíce zdlouhavých, časově náročných, na chyby náchylných a složitých nástrojů pro návrh produktu. Právě z tohoto důvodu je počítačová podpora této analýzy důležitá pro efektivní používání [3].

3.2 FUZZY FMECA

Klasická analytická metoda FMEA/FMECA má několik variací (derivátů) jako například SAFMEA/SAFMECA, která je rozšířena o statistické vyhodnocení souboru indexů RPN^E zjištěných odhadem expertů. Rozdíl mezi klasickou metodou FMEA/FMECA a jejími deriváty je v určování respektive ve způsobu zjišťování čísla *RPN* případně kritického čísla [3].

Analýza pomocí čísla *RPN* se používá nejčastěji v automobilovém průmyslu a analýzu pomocí kritického čísla nejčastěji nalezneme v nukleárním či raketovém průmyslu.

Fuzzy matematika poskytuje prostředky pro přímou manipulaci s jazykovými proměnnými ve tvorbě kritického posudku. Tento kritický posudek založený na fuzzy logice umožňuje vytvořit analýzu příčin a následků přirozenou a jednoduchou cestou. Pomocí fuzzy logiky může být dosaženo kvalitní analýzy FMECA aniž bychom znali přesné informace [3].

3.2.1 Fuzzy kritéria hodnocení

Fuzzy FMECA používá jazykové proměnné jako vstupy pro popis závažnosti (*severity*), frekvence výskytu (*frequency of occurrence*) a zjistitelnosti poruchy (*detectability of the failure*). Tyto vstupy jsou fuzzyfikovány použitím funkcí příslušnosti, pomocí nichž se zjišťuje stupeň příslušnosti každého vstupu. Výsledné fuzzy vstupy jsou hodnoceny použitím slovních pravidel a fuzzy logických operací pro zjištění a klasifikaci rizika vzniku poruchy a přidruženého stupně příslušnosti. Tyto fuzzy výstupy jsou defuzzyfikovány pro získání prioritního stupně rizika [2].

Postup pro určení fuzzy hodnocení

Tabulka 1 Hodnotící kritéria pro frekvenci výskytu [2]

Pořadí	Výskyt	Význam	Pravděpodobnost kvantifikovaného selhání
1	Malý	selhání je nepravděpodobné	< 1 v 1 000 000
2 3	Nízký	relativně malé selhání	1 v 20 000 1 v 4 000
4 5 6	Střední	občasné selhání	1 v 1000 1 v 400 1 v 60
7 8	Vysoký	opakované selhání	1 v 40 1 v 20
9 10	Velmi vysoký	selhání je téměř nevyhnutelné	1 v 8 1 v 2

Tabulka 2 Hodnotící kritéria pro zjistitelnost poruchy [2]

Pořadí	Zjistitelnost	Význam
1, 2	Velmi vysoká	Program bude téměř jistě detekovat potenciální konstrukční slabost
3, 4	Vysoká	Program má velkou šanci detekovat potenciální konstrukční slabost
5, 6	Střední	Program může detekovat potenciální konstrukční slabost
7, 8	Nízká	Program zřejmě nebude detekovat potenciální konstrukční slabost
9	Velmi nízká	Program pravděpodobně nebude detekovat potenciální konstrukční slabost
10	Nezjistitelná	Program nemůže detekovat potenciální konstrukční slabost nebo není žádný ověřovací program

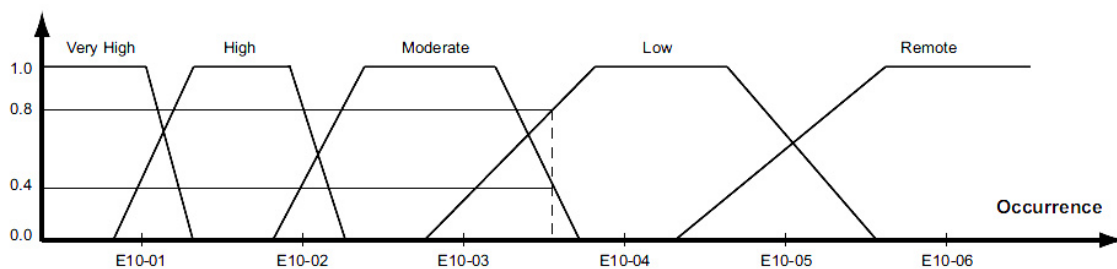
Tabulka 3 Hodnotící kritéria pro popis závažnosti [2]

Pořadí	Závažnost účinku	Význam
1	Bezvýznamná	Bezdůvodné očekávat, že bezvýznamná povaha tohoto selhání by měla mít reálný dopad na výkon systému. Zákazník si pravděpodobně ani nevšimne selhání.
2, 3	Nízká	Porucha způsobí jen mírnou pozornost spotřebitele. Zákazník pravděpodobně postřehne jen mírný pokles výkonu systému
4, 5, 6	Střední	Porucha způsobí nějakou nespokojenost zákazníka. Pro zákazníka je nepříjemné nebo je naštvaný ze selhání systému. Zákazník si všimne nějakého snížení výkonu systému.
7, 8	Vysoká	Vysoká nespokojenost zákazníka vzhledem k povaze poruchy. Selhání nezahrnuje bezpečnost a nekompatibilitu s nařízenými/pravidly.
10	Velmi vysoká	Vysoký význam, chyba ovlivňuje bezpečnost, funkčnost a porušuje základní pravidla systému.

Frekvence výskytu poruchy je hodnocena podle pravděpodobnosti poruchy, která je reprezentována relativním číslem selhání v průběhu životnosti položky. **Zjistitelnost poruchy** je posouzení navrženého designu a identifikace jeho slabostí před uvedením jeho části či celku do provozu. **Závažnost poruchy** je hodnocena podle vážnosti chyby vzhledem k dalšímu postupu montáže/výroby/prezentace. Například v automobilovém průmyslu je to: obtěžující hluk, nepříjemný zápach, nestabilita, průvan nebo hrubé řízení [2].

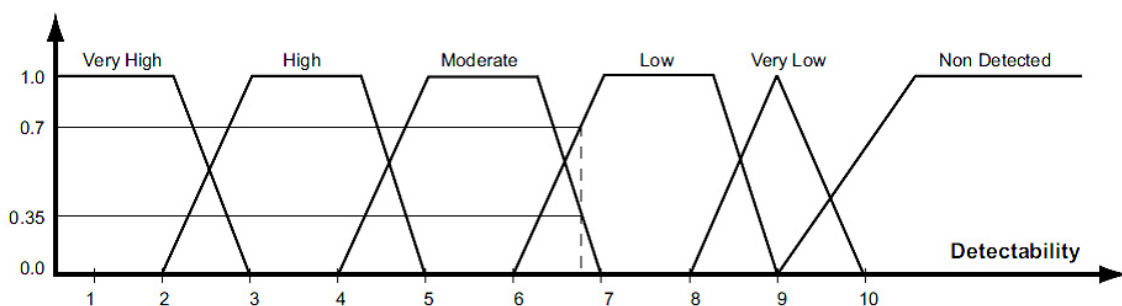
3.2.2 Proces fuzzyfikace

Proces fuzzyfikace převádí vstupy závažnosti poruchy, frekvence výskytu poruchy a zjistitelnosti poruchy do jejich fuzzy substitucí, které tvoří pravidla pro rozhodovací proces. Můžeme popsat použitím jazykových proměnných všechny tři prvky fuzzyfikace (závažnost poruchy, frekvenci výskytu poruchy a zjistitelnost poruchy) pro způsob porušení a jeho váhu. Můžeme je prezentovat dle následujících údajů. Váha a účelová funkce, které identifikují rozsah vstupních hodnot korespondující s každou jazykovou proměnnou fuzzy systému na základě expertní analýzy [2].

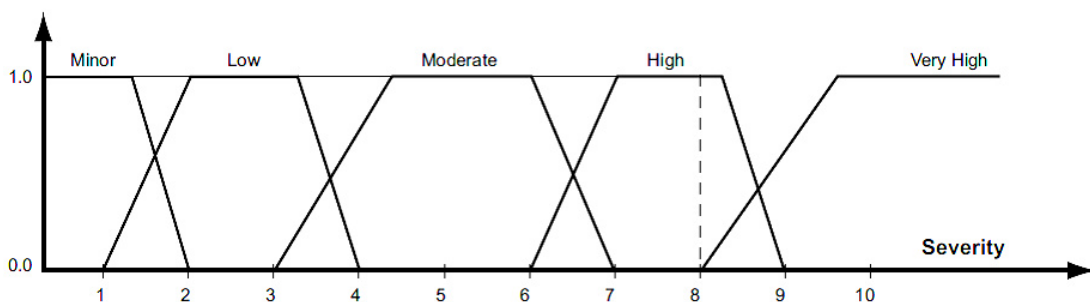


Obrázek 12 Fuzzy zobrazení výskytu poruchy (Fuzzy occurrence sets definition) [2]

Číselné hodnoty podél horizontální osy přiřazují numerický rozsah slovním termínům, frekvenci výskytu poruchy, zjistitelnosti poruchy a závažnosti poruchy danou fuzzy množinou [2].



Obrázek 13 Fuzzy zobrazení zjistitelnosti poruchy (Fuzzy detectability sets definition) [2]

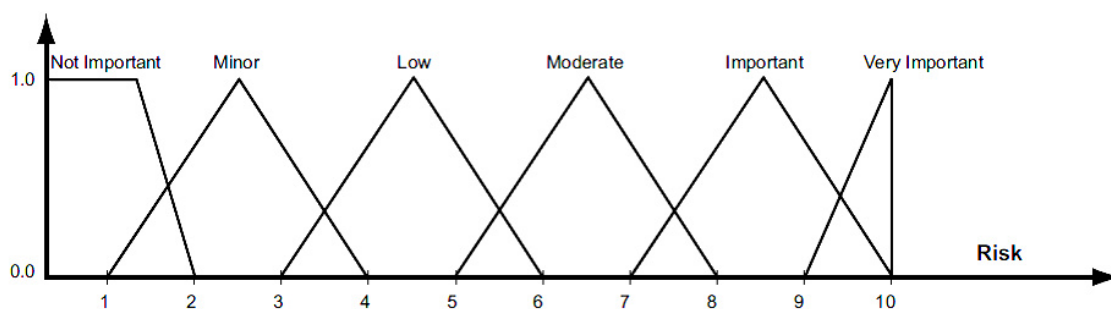


Obrázek 14 Fuzzy zobrazení závažnosti poruchy (Fuzzy severity sets definition) [2]

Tabulka 4 Popis režimu selhání po fuzzyfikaci (Describing failure mode after fuzzyfication) [2]

Vstupní parametry	Lingvistický termín	Příslušnost
Výskyt	Nízká	0.8
	Střední	0.4
Zjistitelnost	Nízká	0.7
	Střední	0.35
Závažnost	Vysoká	1.0

Výstup fuzzy množiny, reprezentující doporučenou fuzzy kritičnost, mohou být definovány následovně:



Obrázek 15 Fuzzy zobrazení rizika (Fuzzy risk sets definition) [2]

3.2.3 Pravidla hodnocení

Poté, co definujeme vstupní fuzzy množinu, je koncepce modelu pro kritický fuzzy systém hotova a připravena na sepsání pravidel, která popisují rizika systému pro každou z kombinací vstupních hodnot [2].

Tabulka 5 Tabulka fuzzy pravidel (Table of fuzzy rules) [2]

Pravidlo	Výskyt	Zjistitelnost	Závažnost	Riziko
#1	Nízký	Nejistitelná Střední	Střední	Střední
#2	Nízký	Nejistitelná Střední	Vysoká	Závažné
#3	Nízký	Nízká	Velmi vysoká	Závažné
#4	Nízký	Střední	Velmi vysoká	Závažné
#5	Střední	Velmi nízká Střední	Střední	Závažné
#6	Střední	Nejistitelná Nízká	Vysoká	Velmi závažné
#7	Střední	Střední Velmi závažná	Vysoká	Závažné

Charakteristika fuzzy systému je založena na expertních znalostech obvykle prezentovaných ve formě *if - then* pravidel, které lze snadno implementovat pomocí fuzzy podmíněných příkazů. Fuzzy pravidla jsou častěji formulována z jazykového hlediska, než z početního hlediska [2].

Pro popis množin z fuzzy pravidel může být použito „expertních znalostí a expertíz z procesu fuzzy modelu“. Fuzzy pravidla jsou ve formě fuzzy podmínek *if - then* stanovena jako relativní chyba proměnné před spojkou „*then*“ a proměnné rizikového posudku za spojkou „*then*“. Na tomto pořadí informací jsou založena lingvistická pravidla, která jsou nadřazena ve fuzzy systémech nad číselná pravidla. Správná volba proměnných je zásadní, protože

charakterizuje provoz fuzzy systému a jejich výběr má významný účinek na přesnost systému [2].

Fuzzy pravidla převádějí přirozené myšlenky pro charakteristiku problému pomocí lidského rozhodování na expertní znalosti. Lidské schopnosti analyzovat jsou založeny na znalosti systému a jeho chování, v případě fuzzy systému není potřeba přesných znalostí ke kvantifikaci modelu. Fuzzy FMECA tedy vytvoří skupinu pravidel pro předpověď rizika systému [2]. Nejvíce frekventovanou technikou pro fuzzy intervenční procesor se nazývá „*min max inference*“. Numericky počítá se slovními pravidly založenými na systému vstupních hodnot. Výsledky tohoto procesu nazýváme „*fuzzy závěry*“ [2].

Příklady pravidel:

Pravidlo #2: *Pokud je výskyt nízký a vážnost je vysoká a zjistitelnost je nízká nebo střední poté je rizikovost závažná [2]*

Pravidlo #6: *Pokud je výskyt střední a vážnost je vysoká a zjistitelnost je nízká nebo střední poté je rizikovost velmi závažná [2]*

Pravidlo #7: *Pokud je výskyt střední a vážnost je vysoká a zjistitelnost je střední a poté je rizikovost závažná [2]*

3.2.4 Proces defuzzyfikace

Pro „*zostření*“ toho, jak je návrh daného systému rizikový, a pro zjištění částí systému nejvíce náchylného na chyby, musíme defuzzyfikovat tzv. „*fuzzy závěry*“ na ostrá rizika. Tato ostrá rizika poté snadněji dokážeme hodnotit a pracovat s nimi. Několik fuzzy závěrů můžeme sloučit v jedno ostré riziko a tím zobecnit systém [2].

Jednou z defuzzyfikačních metod je metoda váženého průměru z maxima. Metoda dává průměr, vážený jejím stupněm pravdy, „*degree of truth*“, podporující všechny členské funkce, které dosahují maximální hodnoty [2].

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (16)$$

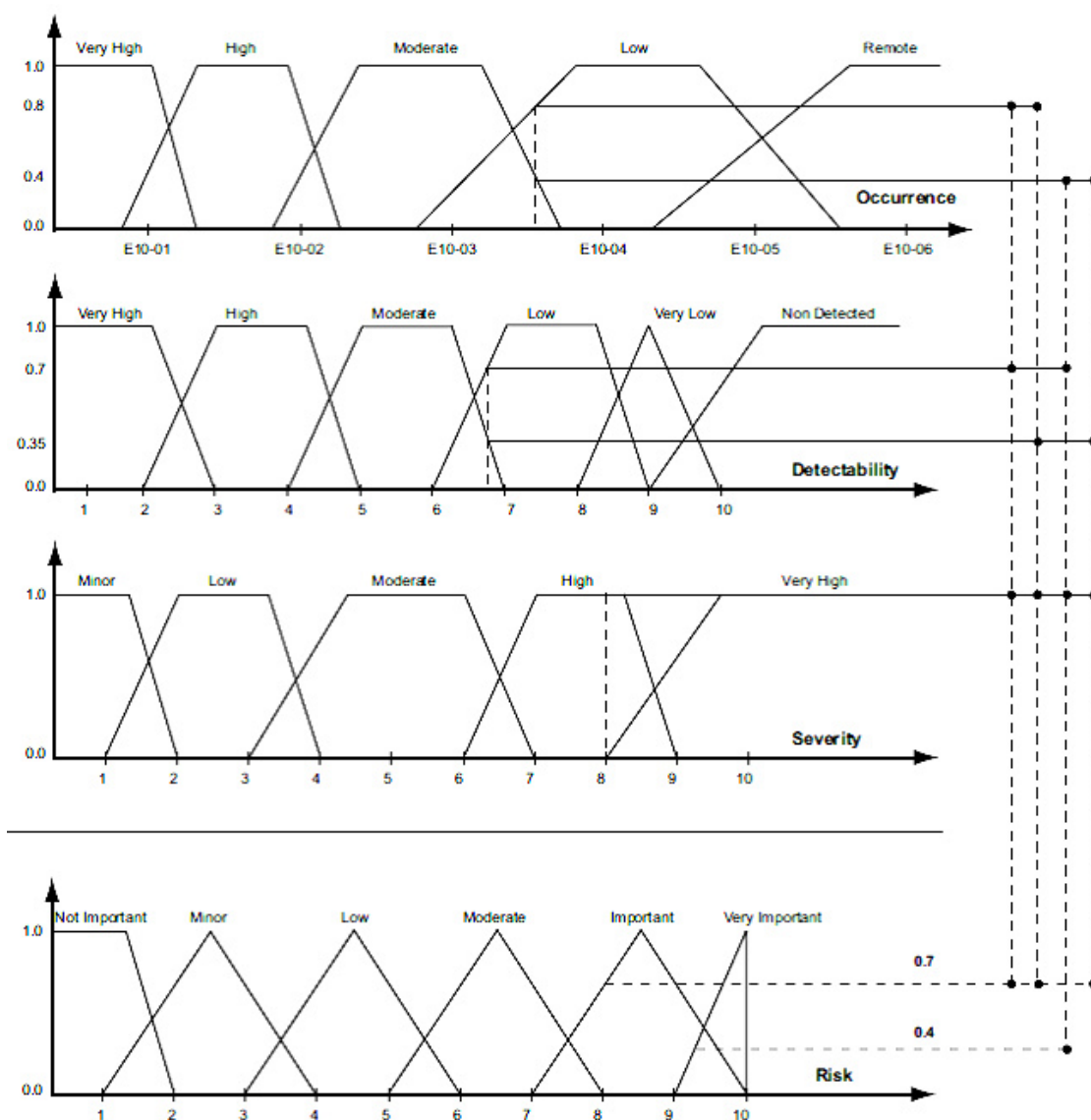
n - číslo kvantifikující výstupní úroveň

x_i - podpora hodnoty, při které i - tá členská funkce dosáhne maximální hodnoty

w_i - míra pravdy i - té členské funkce

Z_0 - vážený průměr maxima

Další metodou defuzzyfikace je „metoda středu gravitace“. Je také početní metodou a je velmi náročná. Z matematického hlediska pro trojúhelníkovou, lichoběžníkovou a symetrickou členskou funkci, zde jsou malé rozdíly ve výsledcích získané pomocí těchto dvou metod. (stejně jako u ostatních) [2].



Obrázek 16 Proces vyhodnocování pravidel (the process of the rule evaluation) [2]

Podpůrné hodnoty maximální míry členství pravé hodnoty od každého fuzzy závěry jsou:

Tabulka 6 Fuzzy závěry (Fuzzy conclusion) [2]

rizikovost	podpora hodnoty maxima	pravdivostní hodnota
<i>závažná</i>	8	0,7
<i>velmi závažná</i>	10	0,4

a z těchto fuzzy závěrů poté vyjádříme pomocí rovnice váženého průměru maxima (16).

$$Z_0 = \frac{0,7*8+0,4*10}{0,7+0,4} = 8,7.$$

Fuzzy logika poskytuje nástroj pro přímou manipulaci s jazykovými výrazy, které analytika zaměstnávají při tvorbě kritického posouzení pro selhání režimu, důsledků a kritičnosti analýzy (FMECA). To umožňuje analytikovi hodnocení rizika spojeného s režimem selhání přirozenou cestou. Vhodná opatření mohou být přijata na základě vágní, nejednoznačné, kvalitativní nebo nepřesné informace [2].

Fuzzy logika se zdá být mocným nástrojem pro provádění kritické analýzy systému a stanovování priorit selhání, které jsou označeny ve FMEA nápravných opatření. To úspěšně kombinuje kvantitativní faktory, které mají vliv na rizikovost návrhu. Obecněji, poskytuje účinný nástroj pro reprezentaci a manipulaci s jazykovými znalostmi použitých v analýze FMECA [2].

4 ŘÍZENÍ VÝROBY DLE NOREM ČSN EN ISO

Výrobní procesy ve stavebnictví se řídí platnou českou legislativou a tu, zpravidla v technické oblasti, zastupují české státní normy (ČSN). Veškeré děje na stavbě či ve stavební výrobě by měly být ze zákona podloženy normami. V tomto případě se autor zabývá řízením výrobního procesu výroby betonových prvků pro betonovou dlažbu. Ze tří základních českých norem je potřeba několik kapitol pro popis takového procesu. Jsou to normy:

- ČSN EN ISO 9001:2001 [4],
- ČSN OHSAS 18001:2007 [6] a
- ČSN EN ISO 14001:2005 [5].

4.1 ČSN EN ISO 9001:2001

4.1.1 Výroba a poskytování služeb

Řízení výroby a poskytování služeb

Společnost je povinna naplánovat a zrealizovat výrobu za řízených podmínek a také poskytovat služby pomocí nich. Těmito podmínkami jsou:

- a) dostupnost informací, které popisují charakteristiky produktu,

- b) dostupnost potřebných pracovních instrukcí,
- c) používání vhodného zařízení,
- d) dostupnost a používání monitorovacího měřicího zařízení,
- e) implementaci monitorování a měření a
- f) implementaci činností při uvolňování produktu, při jeho dodávání a po jeho dodání [4].

Validace procesů výroby a poskytování služeb

Společnost je povinna ověřovat veškeré procesy výroby v případě, že není možné výsledný výstup ověřovat monitorováním nebo měřením. Nedostatky se pak projevují až při používání produktu. To stejné platí pro poskytování služeb.

Ověřováním musí být dokázáno, že procesy jsou schopny dosahovat plánovaných výsledků. Pro tyto procesy společnost stanovuje mechanismy, které mohou podle okolností zahrnovat

- a) stanovení kritérií pro přezkoumání a schvalování procesů,
- b) schválení zařízení a kvalifikace pracovníků,
- c) použití specifických metod a postupů,
- d) požadavky na záznamy (viz. 4.2.4 [4]) a
- e) opakované validace. [4]

Identifikace a sledovanost

Společnost je podle okolností povinna během realizace produktu vhodnými prostředky produkt identifikovat.

Společnost je povinna v průběhu realizace produktu identifikovat stav produktu s ohledem na požadavky monitorování a měření. V případě požadování sledovanosti, je společnost povinna řídit jednoznačnou identifikaci produktu a o této identifikaci vytvářet a udržovat záznamy. V některých odvětvích se pro sledovanost a identifikaci využívá management konfigurace (viz. 4.2.4 [4])

Uchovávání produktu

Společnost je povinna uchovávat výrobek (produkt) během interních operací a dodání výrobku na předem stanovené místo tak, aby byla udržována jeho shoda s předem

stanovenými požadavky. Dle okolností musí uchovávání produktu zahrnovat identifikaci, manipulaci, balení, skladování a ochranu. Takto musí být uchovávány také základní součásti produktu [4].

4.1.2 Monitorování a měření procesu

Společnost je povinna aplikovat vhodné metody monitorování stejně jako měření procesů systému managementu kvality. Tyto metody musí prokazovat schopnost procesů plnit plánované cíle. Nejsou-li plánované cíle dosaženy, je nutno provést nápravná opatření [4].

4.1.3 Monitorování a měření produktu

Společnost je povinna monitorovat a měřit charakteristiky produktu tak, aby si ověřila, zda byly požadavky kladené na produkt splněny. Monitorování je nutno provádět v příslušných etapách procesu realizace produktu a musí být v souladu s plánovaným uspořádáním činností (viz 7.1 [4]).

Je nutno udržovat důkazy o shodě s přijímacími kritérii. V záznamech musí být uvedena osoba nebo osoby, které schvalují uvolnění produktu pro jeho dodání zákazníkovi (viz. 4.2.4 [4]).

Uvolnění produktu, případně dodání služby zákazníkovi nesmí pokračovat, dokud nejsou uspokojivě dokončeny plánované činnosti (viz 7.1 [4]), pokud to příslušný orgán, popřípadě zákazník, neschválil jinak [4].

4.1.4 Řízení neshodného produktu

Společnost je povinna zajišťovat, že produkt, který není dle požadavků, je identifikován a řízen tak, aby se zabránilo jeho nezamýšlenému použití nebo dodání. Prvky řízení a s tím související odpovědnosti a pravomoci pro zacházení s neshodným produktem musí být stanoveny v dokumentovaném postupu. Tam, kde je to možné, je společnost povinna nakládat s neshodným produktem jedním nebo více následujících způsobů:

- a) přijetím opatření k odstranění zjištěné neshody;
- b) schválením jeho používání, uvolnění nebo přijetí s výjimkou udělenou příslušným orgánem a je-li to proveditelné, zákazníkem;
- c) přijetím opatření k zamezení jeho původně zamýšlenému použití nebo aplikací;

- d) přijetím opatření, které je vhodné vzhledem k důsledkům, nebo potenciálním důsledkům neshodného produktu v případě, že je neshoda produktu zjištěna následně po tom, co započalo jeho dodávání nebo používání [4].

Je-li neshodný produkt opraven, musí být podroben opakovanému ověřování tak, aby se prokázala shoda s požadavky. Je nutno vytvářet a udržovat (viz. 4.2.4 [4]) záznamy o povaze neshod a o všech provedených následných opatřeních, včetně udělených výjimek [4].

4.1.5 Analýza údajů (dat)

Aby se prokázala vhodnost a efektivnost systému managementu kvality a aby se vyhodnotilo, kde lze uskutečňovat neustále zvyšování efektivnosti systému managementu kvality, musí společnost určovat, shromažďovat a analyzovat vhodná data. Toto musí zahrnovat data získávaná jako výsledek monitorování a měření a data z jiných relevantních zdrojů. Analýza dat musí poskytovat informace ohledně

- a) spokojenosti zákazníka (viz. 8.2.1 [4]),
- b) shody s požadavky na produkt (viz. 8.2.4 [4]),
- c) charakteristik a trendů procesů a produktů, včetně příležitostí pro preventivní opatření (viz. 8.2.3 a 8.2.4 [4]) a
- d) dodavatelů (viz. 7.4 [4]) [4].

4.1.6 Nápravná opatření

Společnost je povinna provádět opatření pro odstranění příčin neshod tak, aby nedocházelo k jejich opětovnému výskytu. Nápravná opatření musí být přiměřená důsledkům zjištěných neshod. Společnost je povinna vytvořit dokumentovaný postup, kterým se stanoví požadavky na

- a) přezkoumávání neshod,
- b) určování příčin neshod,
- c) vyhodnocování potřeb opatření, kterými se zajistí, že se neshody znovu nevykytnou,
- d) určování a implementaci potřebných opatření,
- e) záznamy výsledků provedených opatření (viz. 4.2.4 [4]) a
- f) přezkoumávání efektivnosti provedených nápravných opatření [4].

4.1.7 Preventivní opatření

Společnost je povinna určit opatření k odstranění příčin potenciálních neshod tak, aby se zabránilo jejich výskytu. Preventivní opatření musí být přiměřená důsledkům potenciálních problémů. Společnost je povinna vytvořit dokumentovaný postup, kterým se stanoví požadavky na

- a) určování potenciálních neshod a jejich příčin,
- b) vyhodnocování potřeb opatření k zabránění výskytu neshod,
- c) určování a implementaci potřebných opatření,
- d) záznamy výsledků provedených opatření (viz. 4.2.4 [4]) a
- e) přezkoumání efektivnosti provedených preventivních opatření [4].

4.2 ČSN OHSAS 18001:2007

4.2.1 Požadavky právních předpisů a jiné požadavky

Společnost je povinna vytvářet, implementovat a udržovat postupy k identifikaci a zajištění přístupu k požadavkům právních předpisů a k jiným požadavkům na BOZP, které se na ni vztahují. Společnost je také povinna zajistit, aby tyto aplikovatelné požadavky právních předpisů a jiné požadavky, které se na ni vztahují, byly brány v úvahu při vytváření, implementaci a udržování jejího systému managementu BOZP [6].

Společnost je povinna tyto informace průběžně aktualizovat. Příslušné informace o požadavcích právních předpisů a o jiných požadavcích je společnost povinna informovat osoby řízených organizací a další příslušné zainteresované strany [6].

4.2.2 Zdroje, úlohy, odpovědnost, výcvik a povědomí

Vrcholové vedení je povinno přijmout hlavní odpovědnost za BOZP a systém managementu BOZP a prokazovat svou osobní angažovanost a aktivitu prostřednictvím

- a) zajišťování dostupnosti zdrojů nezbytných pro vytvoření, implementování, udržování a zlepšování systému managementu BOZP,
- b) stanovování úloh, přidělování odpovědností a povinností a delegování pravomocí pro efektivní management BOZP; úlohy, odpovědnosti, povinnosti a pravomoci musí být dokumentovány a musí být o nich komunikováno [6].

Organizace musí jmenovat člena nebo členy vrcholového vedení se zvláštní odpovědností za BOZP, bez ohledu na další odpovědnosti, a se stanovenými úlohami a pravomocemi, aby zajistila

- a) vytvoření, implementování a udržování systému managementu BOZP v souladu s touto normou OHSAS,
- b) předkládání zpráv o výkonnosti systému managementu BOZP vrcholovému vedení k přezkoumání a jejich používání jako základu pro zlepšování systému managementu BOZP [6].

Všechny osoby řízené organizací je nutno informovat, kdo je jmenovaným představitelem vrcholového vedení. Všichni ti, kteří mají manažerskou odpovědnost, musí prokazovat osobní angažovanost a aktivitu k neustálému zlepšování výkonnosti v oblasti BOZP. Společnost je povinna zajistit, aby se osoby na pracovištích, které řídí, přijaly odpovědnost za aspekty BOZP, včetně dodržování požadavků kladených na organizaci z hlediska BOZP [6].

4.2.3 Odborná způsobilost, výcvik a povědomí

Společnost je povinna zajistit, aby osoby řízené organizací, vykonávající úkony, které mohou ovlivnit BOZP, byly způsobilé na základě odpovídajícího vzdělání, výcviku nebo zkušeností, a musí uchovávat s tím spojené záznamy [6].

Společnost je povinna určit potřeby výcviku související s riziky v oblasti BOZP a systémem managementu BOZP. Musí poskytovat výcvik nebo přijmout jiná opatření, aby byly tyto potřeby splněny, hodnotit efektivnost výcviku a přijatých opatření a musí uchovávat s tím spojené záznamy. Také je povinna vytvořit, implementovat a udržovat postupy k zajištění toho, aby osoby, které při práci řídí, měly povědomí

- a) o skutečných nebo potencionálních důsledcích jejich pracovních činností a jejich chování na BOZP a o přínosech jejich zlepšené osobní výkonnosti v rámci BOZP,
- b) o jejich úlohách, odpovědnostech a důležitosti při dosahování shody a politikou BOZP, postupy a požadavky systému managementu BOZP včetně požadavků na havarijní připravenost a reakce (viz. 4.4.7 [6]),
- c) o potenciálních důsledcích nedodržení stanovených postupů [6].

Postupy výcviku musí brát v úvahu rozdílné úrovně

- a) odpovědnosti, schopnosti, jazykových schopností a gramotností, a
- b) rizika [6].

4.2.4 Komunikace, spoluúčast a konzultace

Komunikace

Ve vztahu ke svému systému managementu BOZP je společnost povinna vytvořit, uplatňovat a udržovat postupy pro

- a) interní komunikaci mezi různými úrovněmi a funkcemi organizace,
- b) komunikaci se smluvními partnery a jinými návštěvníky pracoviště,
- c) přijímání, dokumentování a odezvu na významné podněty od externích zainteresovaných stran [6].

Spoluúčast a konzultace

Společnost je povinna vytvořit, uplatňovat a udržovat postupy pro

- a) účast pracovníků prostřednictvím jejich
 - vhodného zapojení při identifikaci nebezpečí, posuzování rizik a určování způsobu jeho řízení,
 - vhodného zapojení při vyšetřování incidentu,
 - zapojení do tvorby a přezkoumání politik a cílů BOZP,
 - konzultace v případě změn, které ovlivňují BOZP,
 - zastupování v záležitostech BOZP.
- b) konzultaci se smluvními partnery v případě změn, které ovlivňují jejich BOZP.

Zaměstnanci musí být informováni o úpravě jejich spoluúčasti, včetně toho, kdo je jejich zástupcem v otázkách BOZP. Společnost je povinna zajistit, že pokud to bude vhodné, budou příslušné záležitosti BOZP konzultovány s externími zainteresovanými stranami [6].

4.2.5 Řízení provozu

Společnost je povinna určit ty operace a činnosti spojené s identifikovaným nebezpečím, u nichž je nezbytné zavést řízení, aby bylo řízeno riziko v oblasti BOZP. To musí zahrnovat také řízení změn (viz 4.3.1 [6]) Pro tyto operace a činnosti je společnost povinna zavést a udržovat:

- a) řízení provozu, kde je to nezbytné z hlediska organizace a jejich činností; organizace musí začlenit řízení provozu do celkového systému managementu BOZP,
- b) řízení vztahující se k nakupovanému zboží, zařízení a služeb;
- c) řízení vztahující se k smluvním partnerům a dalším návštěvníkům pracoviště;
- d) dokumentované postupy pro pokrytí situací, kdy by bez těchto postupů mohlo dojít k odchýlení se od politiky a cílů BOZP;
- e) ustanovená provozní kritéria, jejichž absence by mohla vést k odchýlení se od politiky a cílů BOZP [6].

4.2.6 Havarijní připravenost a reakce

Společnost je povinna vytvořit, uplatňovat a udržovat postupy

- a) pro identifikaci potenciálních havarijních situací;
- b) pro reakci na takové havarijní situace.

Společnost je povinna reagovat na nastalé havarijní situace a předcházet nebo zmírňovat s nimi spojené negativní následky v oblasti BOZP. Při plánování reakce na havarijní situace musí vzít společnost v úvahu potřeby příslušných zainteresovaných stran [6].

Společnost je povinna rovněž tam, kde je to možné, pravidelně přezkušovat tyto postupy reakce na havarijní situace včetně příslušných zainteresovaných stran, pokud je to vhodné. Také je povinna pravidelně přezkoumávat, a tam kde je to zapotřebí, revidovat své postupy havarijní připravenosti a reakce, zejména po pravidelném přezkušování a poté co se havarijní situace udály (viz článek 4.5.3 [6]) [6].

4.2.7 Kontrola a opatření k nápravě

Měření a monitorování výkonnosti

Společnost je povinna vytvořit, zavést a udržovat postup pro pravidelné monitorování a měření výkonnosti BOZP. Tento postup musí umožnit

- a) jak kvalitativní, tak kvantitativní měření, přiměřená potřebám společnosti;
- b) monitorování míry dosažení cílů BOZP společnosti;
- c) monitorování efektivity řízení (v oblasti zdraví stejně jako v oblasti bezpečnosti);

- d) provedení proaktivních opatření, která monitorují shodu s programem BOZP, řízením a provozními kritérii;
- e) provedení reaktivních opatření pro monitorování nemocí, mimořádných událostí (včetně nehod, skoronehod, atd.) a dalších historických důkazů o nedostatečné výkonnosti BOZP;
- f) dostatečné zaznamenávání údajů a výsledků z monitorování a měření k usnadnění následné analýzy nápravných a preventivních opatření [6].

Jestliže je pro monitorování a měření požadováno zařízení, společnost je povinna vytvořit a udržovat vhodné postupy kalibrace a údržby takového zařízení. Záznamy z kalibrace a z činností údržby a výsledky musí být uchovávány [6].

Hodnocení souladu

Společnost musí být ve shodě se svým závazkem a v souladu s příslušnými požadavky právních předpisů [viz 4.2c) [6]]. Společnost je povinna vytvořit, zavést a udržovat postup pro pravidelná hodnocení tohoto souladu (viz 4.3.2 [6]). Společnost také musí udržovat záznamy o výsledcích pravidelných hodnocení [6].

Vyšetřování mimořádné události, neshoda, opatření k nápravě a preventivní opatření

4.2.7.1.1 Vyšetřování mimořádné události

Společnost je povinna vytvořit, uplatňovat a udržovat postup zaznamenávání, vyšetřování a analýzu mimořádných událostí za účelem:

- a) stanovení zásadních nedostatků v oblasti BOZP a jiných faktorů, které mohou zapříčinit nebo přispět ke vzniku mimořádné události;
- b) identifikování potřeby opatření k nápravě;
- c) identifikování příležitosti pro preventivní opatření;
- d) identifikování příležitostí pro neustálé zlepšování;
- e) komunikování výsledků těchto vyšetřování [6].

Vyšetřování musí být prováděna včas, a jakákoliv identifikovaná potřeba opatření k nápravě nebo příležitost pro preventivní opatření musí být projednána v souladu s příslušnými částmi kap. 4.5.3.2 [6]. Výsledky vyšetřování mimořádných událostí musí být dokumentovány a udržovány [6].

4.2.7.1.2 Neshoda opatření k nápravě a preventivní opatření

Společnost je povinná vytvořit, zavést a udržovat postup pro řešení reálné a potenciální neshody a pro přijetí opatření k nápravě a preventivních opatření. Postup musí stanovit požadavky na:

- a) identifikaci a nápravu neshody (neshod) a přijímání opatření ke zmírnění jejich důsledků na BOZP;
- b) vyšetřování neshody, určování její příčiny a přijímání opatření k zabránění jejich opakování;
- c) vyhodnocení potřeby zavést opatření k předcházení vzniku neshody a zavedení vhodných opatření pro zamezení jejich výskytu;
- d) zaznamenávání a sdělování výsledků přijatého opatření k nápravě a preventivního opatření.
- e) přezkoumání efektivnosti přijatého opatření k nápravě a preventivního opatření [6].

V případě, že opatření k nápravě nebo preventivní opatření identifikuje nové nebo změněné nebezpečí nebo potřebu pro nové nebo změněné řízení, musí postup požadovat, aby byla navrhovaná opatření přijata a zavedena po hodnocení rizik. Všechna opatření k nápravě nebo preventivní opatření přijatá k odstranění příčin skutečné nebo potenciální neshody musí odpovídat závažnosti problémů a být úměrná vzniklému riziku v oblasti BOZP [6].

Společnost je povinná zajistit, v rámci dokumentace systému managementu BOZP, provedení všech potřebných změn vyplývajících z realizace nápravných a preventivních opatření [6].

Řízení záznamů

Společnost je povinná podle potřeby vytvořit a udržovat záznamy k prokázání shody a požadavky systému managementu BOZP a normy OHSAS [6] a prokázání dosažených výsledků. Také společnost musí vytvořit, zavést a udržovat postup pro identifikaci, skladování, ochranu, obnovování, uchovávání a skartaci záznamů. Záznamy musí být a zůstat čitelné, identifikovatelné a vysledovatelné [6].

4.3 ČSN EN ISO 14001:2005

4.3.1 Řízení provozu

Společnost je povinna určit a plánovat ty operace a činnosti, které souvisejí se určenými významnými environmentálními aspekty v souladu s její environmentální politikou, cíli a cílovými hodnotami tak, aby byly prováděny za přesně stanovených podmínek, a to:

- a) vytvořením, zavedením a udržováním dokumentovaného postupu pro řízení situací, kdyby bez těchto postupů mohlo dojít k odchýlení od environmentální politiky, cílů a cílových hodnot a
- b) ustanovením provozních kritérií v těchto postupech a
- c) vytvořením, zavedením a udržováním postupů pro identifikované významné environmentální aspekty zboží a služeb, používaných organizací a sdělením příslušných postupů a požadavků dodavatelům, včetně smluvních partnerů [5].

4.3.2 Havarijní připravenost a reakce

Společnost je povinna vytvořit, zavést a udržovat postup k identifikaci možností vzniku situací havarijního ohrožení a havarijních situací, které mohou mít dopad na životní prostředí a pro reakce na ně [5].

Společnost musí reagovat na aktuální situace havarijního ohrožení a havárie a předcházet nebo eliminovat s nimi spojené negativní environmentální dopady. Také je povinna přezkoumávat, a tam kde to je zapotřebí, revidovat své havarijní plány a postupy reakcí, a to především poté, co se havárie nebo situace havarijního ohrožení udály. Postupy reakcí je potřeba také pravidelně přezkušovat [5].

4.3.3 Kontrola

Monitorování a měření

Společnost je povinna vytvořit zavést a udržovat postup pravidelného monitorování a měření klíčových prvků výroby, které mohou mít významný environmentální dopad. Postup musí zahrnovat dokumentování informací pro monitorování výkonnosti, příslušných nástrojů řízení provozu a souladu s cíli a cílovými hodnotami organizace. Je nutné zajistit používání a

udržování monitorovacího a měřícího zařízení, které je kalibrované nebo ověřené a musí uchovávat související záznamy [5].

Hodnocení souladu

Ve shodě se svým závazkem být v souladu s příslušnými požadavky právních předpisů společnost je povinna vytvořit, zavést a udržovat postup pro periodické hodnocení tohoto souladu a také vést a udržovat záznamy o výsledcích pravidelných hodnocení [5].

5 PROCES VÝROBY BETONOVÝCH DLAŽDIC

Betonové prvky pro dlažbu jsou stavební výrobky pro stavbu příjezdových komunikací, chodníků, případně formou zatravnovacích dílců pro zahradní komunikace. Jejich využití je jak pro rodinné domy, tak i pro stavby velkého rozsahu. Nejzákladnějším typem je tzv. zámková dlažba (Obrázek 17), která se klade do pískového lože a můžeme jí vidět na 90% rodinných domů a příjezdových komunikací k nim. Je možno ji vidět v mnoha tvarových a barevných provedeních.



Obrázek 17 Zámková dlažba

Betonové prvky pro dlažbu se vyrábí z čerstvého betonu, který je vložen do vibrolisů. Betonové prvky jsou tedy lisované a zároveň hutněné vibracemi. Po vytvoření surového betonového prvku jsou prvky případně povrchově upraveny (Obrázek 18), nebo jsou bez povrchové úpravy (Obrázek 19).



Obrázek 18 dlaždice s povrchovou úpravou vlevo



Obrázek 19 dlaždice hladká vpravo

5.1 ČERSTVÝ BETON PRO BETONOVÉ DLAŽDICE

Čerstvý beton pro betonové prvky se nijak výrazně neliší od běžného betonu. Je složen z kameniva, cementu, vody a přísad.

Kamenivo pro výrobu je nejčastěji frakce 0-4mm nebo 4-8 mm, jako doplňující kamenivo se používají slévárenské písky s frakcí 0,1-0,6 mm.

Cement pro čerstvý beton je portlandského typu s označením CEM I 42,5 R případně CEM I 52,5 R.

Voda se používá z vodovodního řádu, nesmí být znečištěná chemicky ani výrazně přírodně, nejlépe voda pitná.

Plastifikační přísady jsou nejvíce rozšířeny a používají se ve všech oblastech výroby betonu a betonových výrobků, snižují povrchové napětí vody a zvyšují smáčecí schopnost záměsové vody. Tímto působením dochází ke zlepšení zpracovatelnosti čerstvého betonu. Pokud ponecháme zpracovatelnost čerstvého betonu na původní úrovni, plastifikační přísady sníží množství záměsové vody a tím umožní dosáhnout vyšší pevnosti betonu nebo mohou snížit dávku cementu.

Pigmentové přísady se přidávají do betonu, aby bylo dosaženo určité barevnosti výrobku. U dlažeb komunikací se barevně rozlišují pásy pro cyklisty a chodce, případně okraje komunikací pro zvýšení orientace a bezpečnosti. Jsou tekuté nebo práškové.

5.2 PROCES VÝROBY

Proces výroby začíná přejímkou surovin, jako je kamenivo, cement, přísady atd. Po dočasném skladování a dopravě surovin k výrobním linkám dojde k vážení a dávkování

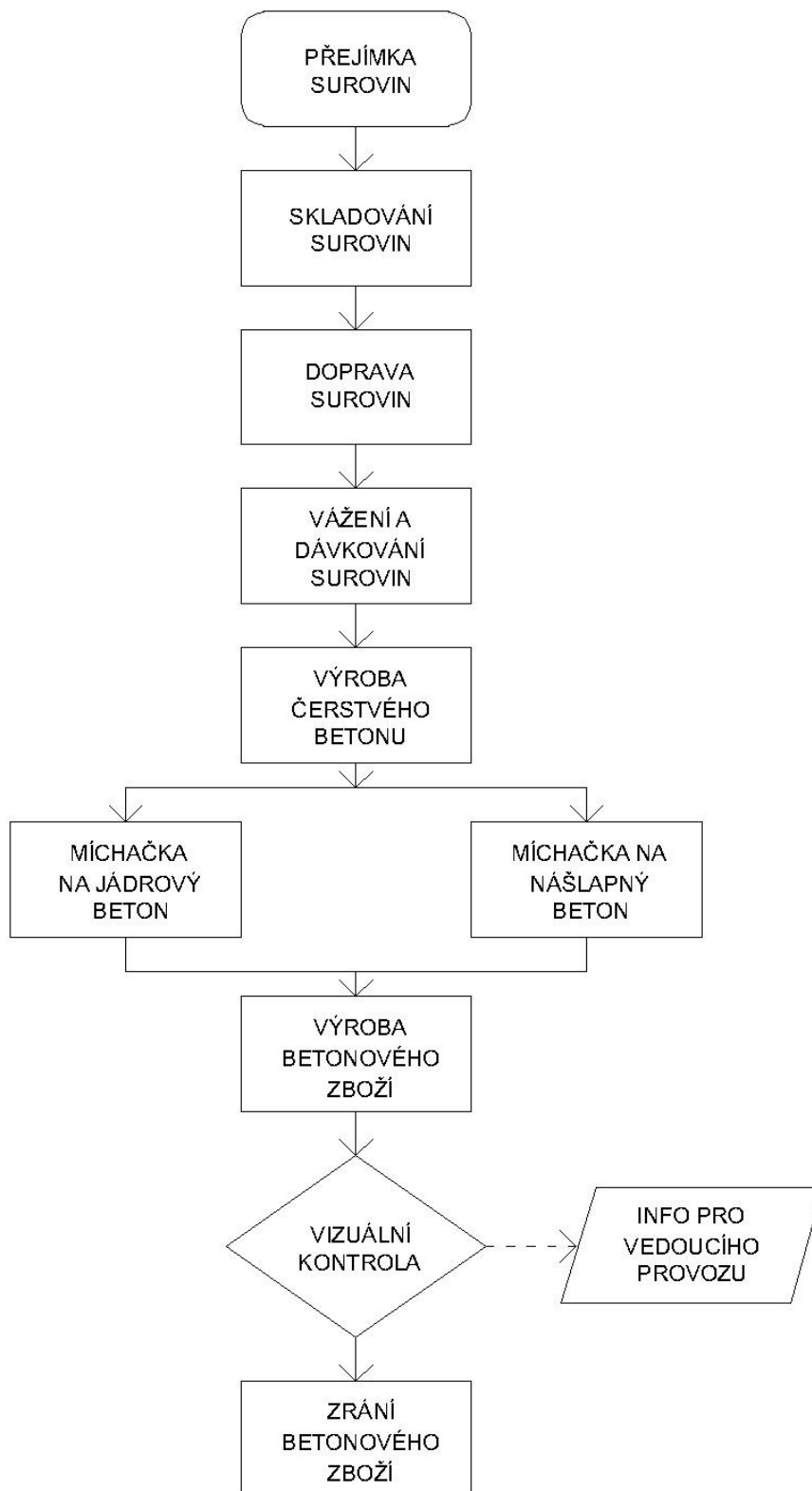
surovin dle typu výrobku. Dále dojde k výrobě čerstvého betonu, který probíhá ve dvou typech míchaček, a to na jádrový beton nebo beton pro nášlapnou vrstvu. Směs vytvořenou z ingrediencí dle výrobní specifikace a daného poměru poté vložíme do formy do vibrolisu (Obrázek 20).

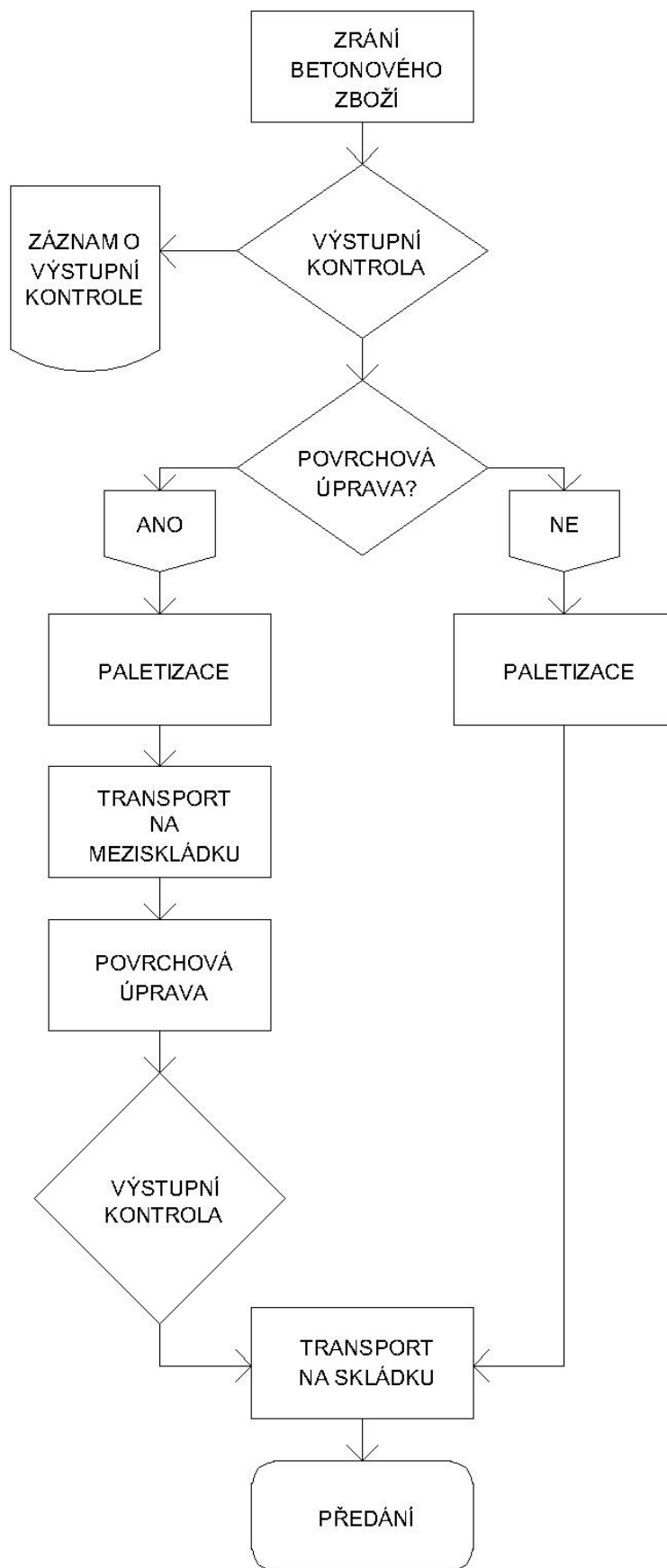
Po samotné výrobě betonového výrobku dochází k vizuální kontrole a o výsledku této kontroly bude informován vedoucí výroby. Poté se výrobky převezou na skládku, kde zrají do finální podoby. Po vyzrání dochází k výstupní kontrole, výrobky bez povrchových úprav putují do prodeje respektive na paletizační linku a skládku hotového zboží. Ostatní výrobky putují na linku, kde se provádí povrchová úprava. Po provedení povrchové úpravy dojde k výstupní kontrole povrchové úpravy a transportu na skládku. Výrobky se poté zabalí do paletových tvarů a jsou expandovány zákazníkům. Celý proces je popsán níže a zobrazen ve schématu procesu výroby na následujících stranách.



Obrázek 20 Ukázka vibrolisu

5.3 SCHÉMA PROCESU VÝROBY





6 ROZHODOVACÍ PROGRAM NA ŘÍZENÍ RIZIK

Při řízení rizik ve výrobním procesu je potřeba zohlednit tři typy rizik a pro každý typ vytvořit rozhodovací program, jsou to rizika:

- kvalitativní
- bezpečnostní
- environmentální

6.1 ROZHODOVACÍ PROGRAM PRO KVALITATIVNÍ RIZIKA

Z hlediska kvalitativních rizik autor uvažuje s několika parametry, jejichž kvalitu při výrobě posuzujeme. Od těchto parametrů určí z hlediska možné pravděpodobnosti chyby odchylku a tato odchylka bude směrodatná pro výstup z rozhodovacího procesu.

Jako parametry kvalitativních rizik jsou uvažovány:

- Kvalifikace pracovníků
- Poruchovost
- Frakce kameniva
- Kvalita cementu
- Kvalita přísad
- Údržba strojů

6.1.1 Kvalifikace pracovníků

Jako prvním parametrem pro hodnocení kvalitativních rizik je kvalifikovanost pracovníků. Pokud jeden či více pracovníků nemá dostatečnou kvalifikovanost pro obsluhu strojů, či vytváření výrobní směsi, může dojít ke zvýšení pravděpodobnosti výrobní chyby. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „kvalifikace pracovníků“ s hodnotami:

- Kvalifikace pracovníků 100%
- Kvalifikace pracovníků 50 - 100%
- Kvalifikace pracovníků 0 - 50%

6.1.2 Poruchovost

Dalším parametrem je poruchovost výrobního stroje. Jelikož se jedná o výrobní proces pomocí strojů (dávkovacích, míchacích a vibrovacích), je poruchovost důležitým faktorem při

kvalitě výroby. Jakákoliv chyba znamená odchylku ve výstupním výrobku. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „poruchovost“ s hodnotami:

- Poruchovost 75 - 100%
- Poruchovost 50 - 75%
- Poruchovost 0 - 50%

6.1.3 Frakce kameniva

Jedním z parametrů přímo se týkající směsi výrobku je frakce kameniva. V kvalitativním měřítku jde o správnost frakce. V tomto případě se přímo jedná o frakci kameniva buď (0-4mm) nebo (4-8mm). Odchylka této hodnoty je brána jako určitý poměr správné a špatné frakce. K odchylkám dochází špatně zvolenou frakcí či chybou v dělicích sítích. Vstupní hodnoty jsou zvoleny jako procentuální odchylky od správnosti a to:

- Správnost frakce 100%
- Správnost frakce 50 - 100%
- Správnost frakce 0 - 50%

6.1.4 Kvalita cementu

Druhým kvalitativním parametrem týkající se přímo směsi výrobku je kvalita cementu. Kvalita cementu a její odchylka je čistě teoretickým parametrem, který není ovlivnitelný. Autor vychází z odchylky od kvality udávané výrobcem. Odchylky tedy jsou:

- Kvalita cementu 90 - 100%
- Kvalita cementu 75 - 90%
- Kvalita cementu 50 - 75%

6.1.5 Kvalita přísad

Třetím a posledním parametrem týkající se přímo směsi výrobku je kvalita přísad. Jedná se o plastifikační přísady a pigmenty, a to jak tekuté tak práškové, které jsou součástí hotové směsi. Kvalitu přísad ovlivňuje skladování po dobu, po kterou jsou přísady na skladě. Kvalita jednotlivé přísady může být také jiná postupnou drobnou změnou u výrobce. Pro zjednodušení autor udává teoretickou odchylku od výrobcem udávané kvality a to:

- Kvalita přísad 90 - 100%
- Kvalita přísad 75 - 90%

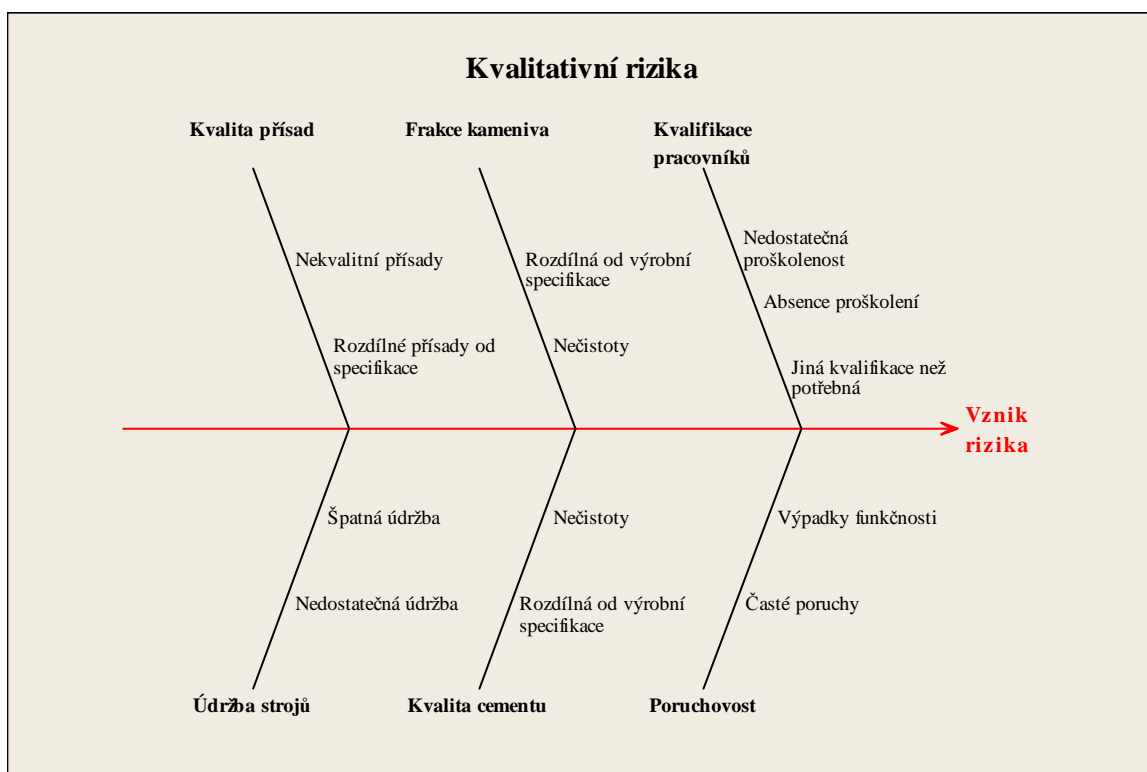
- Kvalita přísad 50 - 75%

6.1.6 Údržba strojů

Stroje pro výrobu výstupního výrobku potřebují pravidelnou údržbu. V případě, že je údržba provedena špatně nebo je z nějakého důvodu vynechána či frekvence údržby není dle údržbového listu výrobce stroje, mohou vzniknout problémy se spolehlivostí a přesností strojů. Jako vstupní hodnoty autor zvolil procentuální četnost údržby a to následovně:

- Údržba strojů 100%
- Údržba strojů 50 - 100%
- Údržba strojů 0 - 50%

6.1.7 Ishikawův diagram pro kvalitativní rizika



Obrázek 21 Ishikawův diagram pro kvalitativní rizika [12]

6.2 ROZHODOVACÍ PROGRAM PRO BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA

Z hlediska bezpečnostních rizik autor uvažuje s několika parametry, které slouží k řízení bezpečnostních rizik. Od těchto parametrů se určí z hlediska možné pravděpodobnosti chyby odchylka a tato odchylka bude směrodatná pro výstup z rozhodovacího procesu.

Jako parametry bezpečnostních rizik jsou uvažovány:

- Kvalifikace pracovníků
- Havarijní připravenost
- Komunikace
- Kontroly k nápravě
- Prevence

6.2.1 Kvalifikace pracovníků

V bezpečnostních rizicích je lidský faktor (*humanware*) jedním z nejdůležitějších faktorů. Proto se kvalifikace pracovníků, tady zastoupená jako bezpečnostní poučení a bezpečné používání stroje, stává primárním rizikem. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „kvalifikace pracovníků“ s hodnotami:

- Kvalifikace pracovníků 100%
- Kvalifikace pracovníků 50 - 100%
- Kvalifikace pracovníků 0 - 50%

6.2.2 Havarijní připravenost

Pracovníci musí být připraveni pro případ havárie a vědět, co v jaké situaci dělat. Pro tuto činnost musí být vypracován plán a rizikem je, zda plán je dostatečný, či je v povědomí zaměstnanců. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „havarijní připravenost“ s hodnotami:

- Havarijní připravenost 75 - 100%
- Havarijní připravenost 50 - 75%
- Havarijní připravenost 0 - 50%

6.2.3 Komunikace

Bezpečnost ve výrobě není vždy problémem jen strojů a mechanických chyb, ale také vadné komunikace při počátku kolize. Zaměstnanci musí mít možnost mezi sebou pohotově komunikovat a tím předcházet šíření rizik. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „komunikace“ s hodnotami:

- Komunikace 100%
- Komunikace 50 - 100%

- Komunikace 0 - 50%

6.2.4 Kontroly k nápravě

Při výrobě dochází k vizuálním kontrolám výrobku a pro bezpečnost se provádí po určitém období kontroly bezpečnosti. Touto kontrolou se prokazuje bezchybná funkce všech prvků a výroby a jejich nebezpečnost. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „kontroly k nápravě“ s hodnotami:

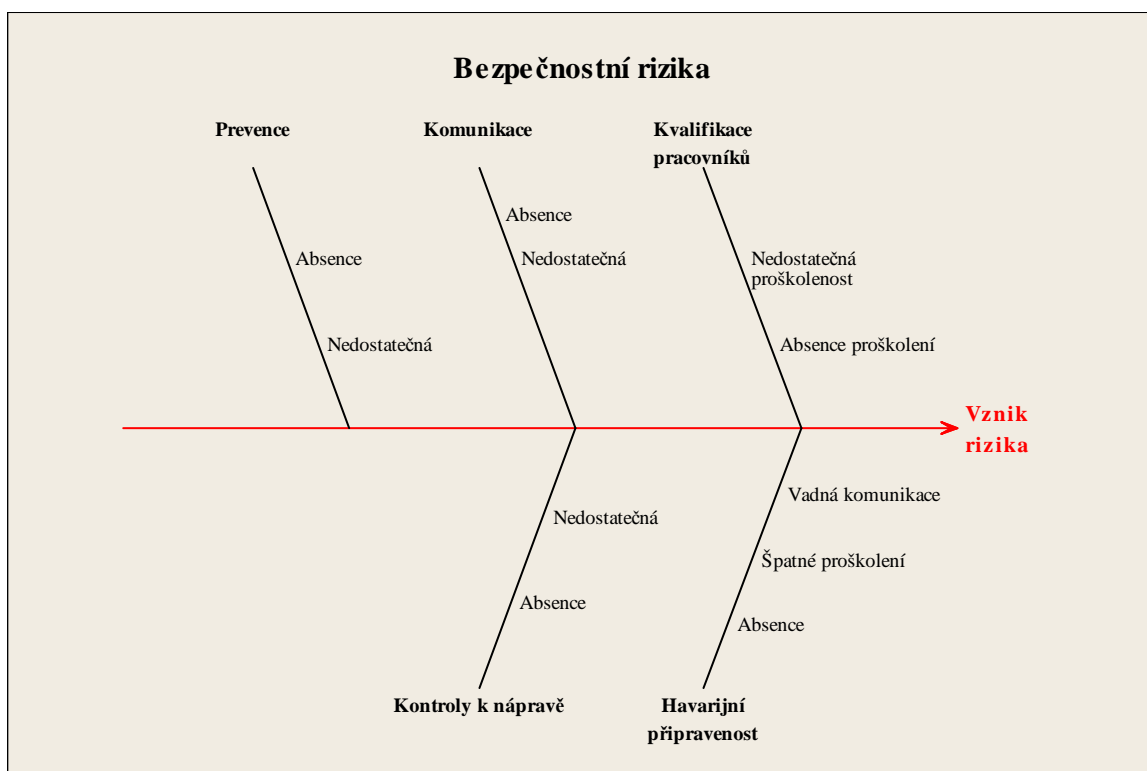
- Kontroly k nápravě 90 - 100%
- Kontroly k nápravě 75 - 80%
- Kontroly k nápravě 50 - 75%

6.2.5 Prevence

Prevenčí proti bezpečnostním rizikům je proškolení pracovníků a jejich vedení k plnění bezpečnostních opatření jako je pracovní helma, pracovní oděv a pořádek na pracovišti. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „prevence“ s hodnotami:

- Prevence 90 - 100%
- Prevence 75 - 90%
- Prevence 50 - 75%

6.2.6 Ishikawův diagram pro bezpečnostní rizika



Obrázek 22 Ishikawův diagram pro bezpečnostní rizika [12]

6.3 ROZHODOVACÍ PROGRAM PRO ENVIRONMENTÁLNÍ RIZIKA

Z hlediska environmentálních rizik autor uvažuje s několika parametry, jejichž environmentální hledisko ve výrobě posuzujeme. Od těchto parametrů se určí z hlediska možné pravděpodobnosti chyby pravděpodobnostní odchylka a tato odchylka bude směrodatná pro výstup z rozhodovacího procesu.

Jako parametry environmentálních rizik se uvažují:

- Řízení provozu
- Havarijní připravenost
- Reakce
- Monitorování
- Hodnocení souladu

6.3.1 Řízení provozu

Řízení provozu je z hlediska environmentálních rizik myšleno jako dodržování cílů a neustálé zlepšování efektivnosti výroby. Dodržování těchto cílů a strategie je pak zobrazeno jako procentuální hodnota jeho plnění. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „řízení provozu“ s hodnotami:

- Řízení provozu 100%
- Řízení provozu 50 - 100%
- Řízení provozu 0 - 50%

6.3.2 Havarijní připravenost

Havarijní připravenost je základem pro zvládnutí krizových situací. 100% havarijní připravenost je v případě plného proškolení všech zaměstnanců a pravidelného provádění krizových cvičení. Od bezpečnostních rizik se liší tím, že nejde o bezpečnost jako takovou, ale o krizovou situaci, která naruší cíle či strategii výroby. Ponižení procentuální havarijní připravenosti je pak dáno procentem plnění cvičení, počtem školení za rok a počtem proškolených zaměstnanců. Do rozhodovacího procesu je zavedena veličina „havarijní připravenost“ s hodnotami:

- Havarijní připravenost 75 - 100%
- Havarijní připravenost 50 - 75%
- Havarijní připravenost 0 - 50%

6.3.3 Reakce

Reakce na krizové situace, které narušují environmentalistiku firmy jsou důležité pro vedení výroby. Reakce či reakční doba je dána elektrickými zařízeními, jejichž funkčnost může být narušena stejně jako selhání lidského faktoru. V případě narušení výrobního procesu musí dojít k okamžitému jednání, aby byla zajištěna eliminace škod. Vstupní hodnoty jsou zvoleny jako procentuální hodnoty od ideálního stavu:

- Reakce 100%
- Reakce 50 - 100%
- Reakce 0 - 50%

6.3.4 Monitorování

Monitorování je v dnešní době převážně pomocí elektronických zařízení, případně interními kontrolami pověřených osob. Dosažení plného monitorovacího procesu je velmi obtížné, proto se s ním v praxi téměř neseznamujeme. Monitorování na poloviční úrovni je nejčastější, ale nedostatečné pro vyhnutí se rizikům. Kvalita monitorování tedy může být:

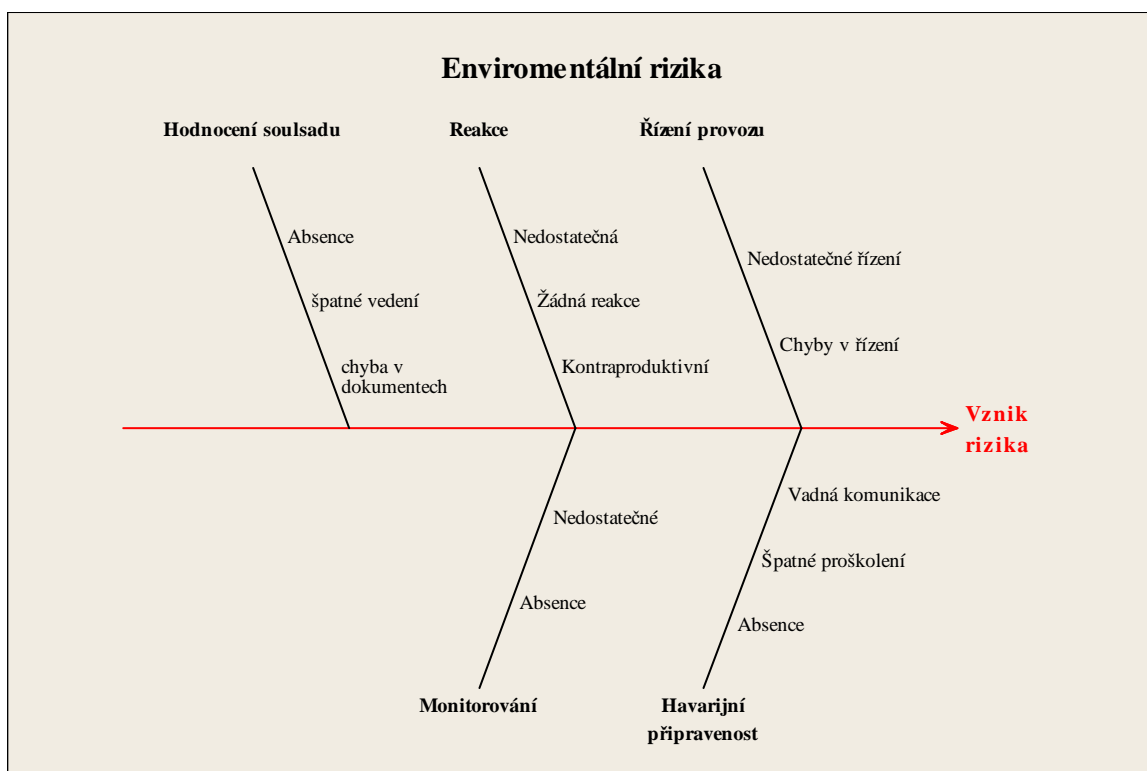
- Monitorování 90 - 100%
- Monitorování 75 - 80%
- Monitorování 50 - 75%

6.3.5 Hodnocení souladu

Soulad při výrobním procesu musí být s environmentálními nařízeními a normami. Hodnocení tohoto souladu provádíme pomocí kontrol a je o něm veden záznam. Četnost a kvalita tohoto hodnocení je v tomto případě vstupní hodnotou:

- Hodnocení souladu 90 - 100%
- Hodnocení souladu 75 - 80%
- Hodnocení souladu 50 - 75%

6.3.6 Ishikawův diagram pro environmentální rizika



Obrázek 23 Ishikawův diagram pro environmentální rizika [12]

6.4 VÝSTUPY ROZHODOVACÍCH PROGRAMŮ

Pro všechny tři programy na rozhodování jsou stejné výstupní hodnoty. Tyto hodnoty jsou lingvistické s procentuálním vyjádřením míry rizika. Míra rizika udává pravděpodobnost výskytu chyby a případně, zda je nutné zvolit opatření. Tyto výstupy jsou:

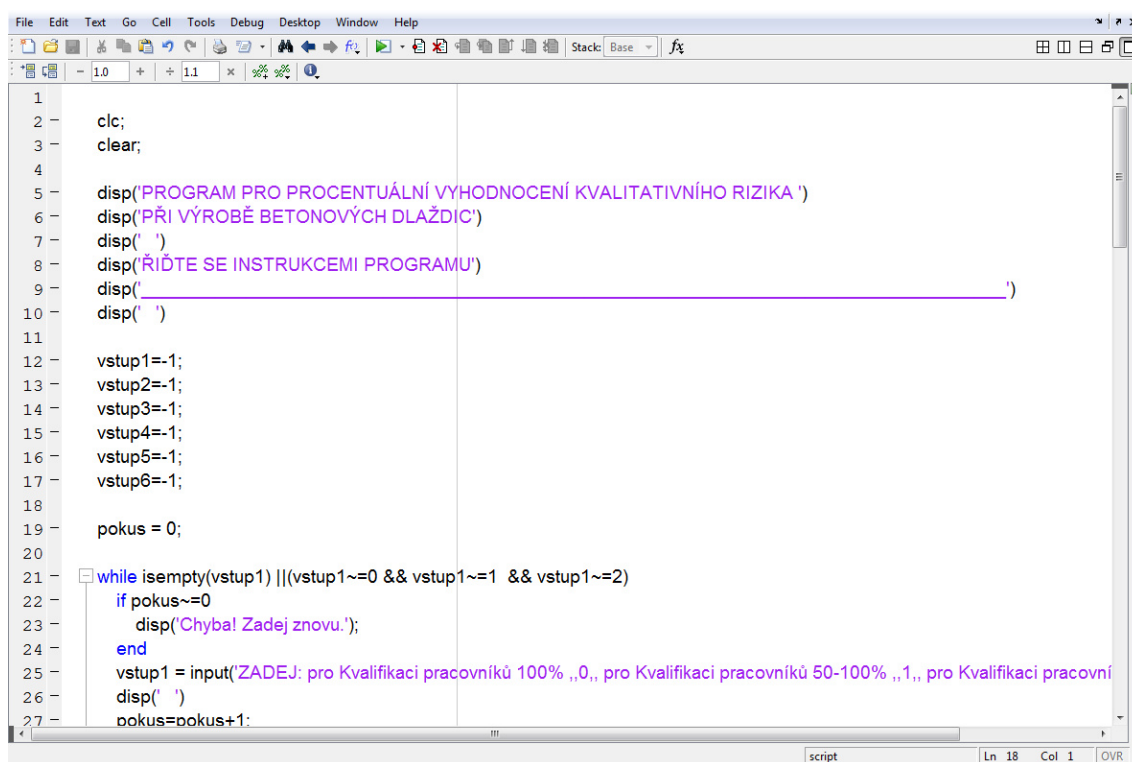
- Míra rizika pro danou situaci činí 0 - 20%, není potřeba provádět nápravná opatření
- Míra rizika pro danou situaci činí 21 - 40%, je třeba zvážit provedení nápravného opatření
- Míra rizika pro danou situaci činí 41 - 60%, je doporučeno provádět nápravná opatření
- Míra rizika pro danou situaci činí 61 - 80%, je nutno provádět nápravná opatření
- Míra rizika pro danou situaci činí 81 - 100%, bez nápravných opatření není možné pokračovat

6.5 POSTUP TVORBY A POUŽÍVÁNÍ ROZHODOVACÍHO PROGRAMU

Rozhodovací program je vytvořen v programu MATLAB 7.12.0 (R2011a). Program pracuje v prostředí programu Matlab a je tvořen souborem s příponou **.m*, což je samotná konstrukce programu, a souborem s příponou **.fis*, což je soubor pravidel vytvořený pomocí fuzzy toolboxu. Fuzzy toolbox je rozšířením programu Matlab, který pracuje s fuzzy množinami a dovoluje nám pomocí těchto množin vytvořit rozhodovací pravidla [10], [11].

6.5.1 Soubor **.m*

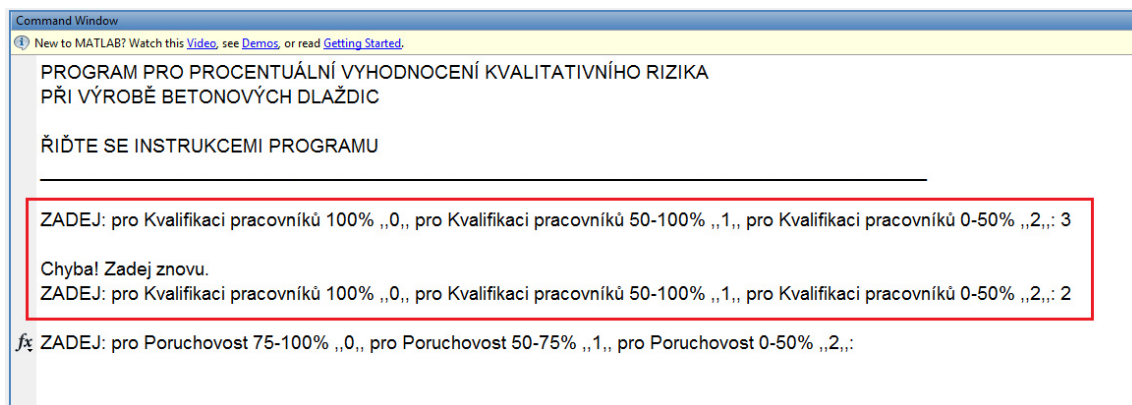
Obsahem tohoto souboru je samotný program napsaný programovacím jazykem. V úvodu je uvedeno, o jaký program se jedná a úvodní informace pro správné zadání vstupů (Obrázek 24) [10], [11].



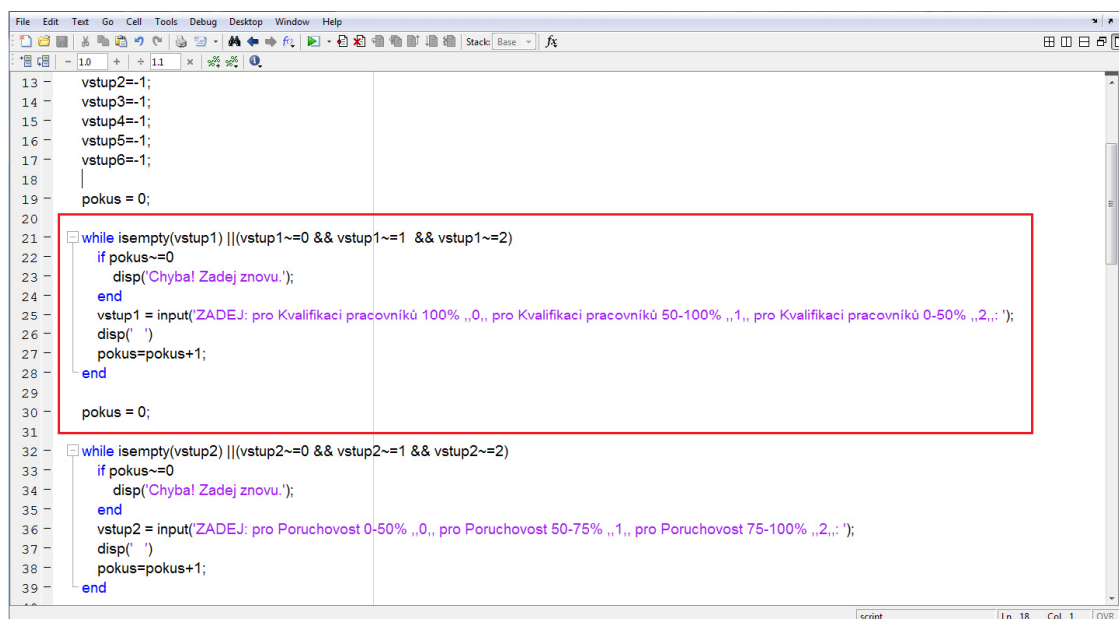
```
1
2   clc;
3   clear;
4
5   disp('PROGRAM PRO PROCENTUÁLNÍ VYHODNOCENÍ KVALITATIVNÍHO RIZIKA ')
6   disp('PŘI VÝROBĚ BETONOVÝCH DLAŽDIC')
7   disp(' ')
8   disp('ŘÍDTE SE INSTRUKCEMI PROGRAMU')
9   disp('_____')
10  disp(' ')
11
12  vstup1=-1;
13  vstup2=-1;
14  vstup3=-1;
15  vstup4=-1;
16  vstup5=-1;
17  vstup6=-1;
18
19  pokus = 0;
20
21  while isempty(vstup1) || (vstup1~=0 && vstup1~=1 && vstup1~=2)
22      if pokus~=0
23          disp('Chyba! Zadej znovu. ');
24      end
25      vstup1 = input('ZADEJ: pro Kvalifikaci pracovníků 100% „0,, pro Kvalifikaci pracovníků 50-100% „1,, pro Kvalifikaci pracovníků 25-50% „2,, ');
26      disp(' ')
27      pokus=pokus+1;
```

Obrázek 24 Úvodní informace programu [10], [11]

Jakmile uživatel dostane úvodní informace, může přejít k samotnému zadání vstupů. Vstupy jsou napsány jako logické operace programovacím jazykem a obsahují slovní výstup, který uživateli poradí, které číslo zadat, aby označil správný vstup. V případě vložení nenabízeného čísla se objeví upozornění a proces se opakuje (Obrázek 25). Tento logický proces se opakuje u všech vstupů (Obrázek 26) [10], [11].



Obrázek 25 Chyba při zadávání [10], [11]



Obrázek 26 Logický proces [10], [11]

Po zadání všech vstupních informací přijde na řadu rozhodovací funkce programu, který spolupracuje se souborem *.fis. Jeho funkce a naprogramování je popsáno v kapitole 6.5.2. Po provedení rozhodnutí pomocí souboru *.fis vypíše do příkazového okna programu Matlab jeden z pěti výstupů. Výstupní kód programu je souhrn pěti variant rozhodnutí a mezí, ve kterých platí (Obrázek 27) a (Obrázek 28) zobrazuje jedno z možných rozhodnutí, které vypíše program po zadání vstupních hodnot [10], [11].


```

91 -   vysledek = evalfis([vstup1; vstup2; vstup3; vstup4; vstup5; vstup6],vypocet);
92
93
94 -   if vysledek <=0.2264
95 -       disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 0 -20%');
96 -       disp('NENÍ POTŘEBA PROVÁDĚT NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
97 -   elseif vysledek <=0.5559
98 -       disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 21-40%');
99 -       disp('JE TŘEBA ZVÁŽIT PROVEDENÍ NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
100 -  elseif vysledek <=1.04
101 -       disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 41-60%');
102 -       disp('JE DOPORUČENO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
103 -  elseif vysledek <=1.6716
104 -       disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 61-80%');
105 -       disp('JE NUTNO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
106 -  else
107 -       disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 81-100%');
108 -       disp('BEZ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ NELZE POKRAČOVAT');
109 -  end
110
111

```

Obrázek 27 Výstupní kód programu [10], [11]

```

Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
PROGRAM PRO PROCENTUÁLNÍ VYHODNOCENÍ KVALITATIVNÍHO RIZIKA
PŘI VÝROBĚ BETONOVÝCH DLAŽDIC

ŘÍDTE SE INSTRUKCEMI PROGRAMU

-----

ZADEJ: pro Kvalifikaci pracovníků 100% ,,0,, pro Kvalifikaci pracovníků 50-100% ,,1,, pro Kvalifikaci pracovníků 0-50% ,,2,,: 0

ZADEJ: pro Poruchovost 75-100% ,,0,, pro Poruchovost 50-75% ,,1,, pro Poruchovost 0-50% ,,2,,: 1

ZADEJ: pro Správnost frakce 100% ,,0,, Správnost frakce 50-100% ,,1,, Správnost frakce 0-50% ,,2,,: 2

ZADEJ: pro Kvalitu cementu 90 - 100% ,,0,, pro Kvalitu cementu 75-90% ,,1,, pro Kvalitu cementu 50-75% ,,2,,: 0

ZADEJ: pro Kvalitu přísad 90 - 100% ,,0,, pro Kvalitu přísad 75-90% ,,1,, pro Kvalitu přísad 50-75% ,,2,,: 1

ZADEJ: pro Údržbu strojů 100% ,,0,,pro Údržbu strojů 50-100% ,,1,, pro Údržbu strojů 0-50% ,,2,,: 2

MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 61-80%
JE NUTNO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ
fx >>

```

Obrázek 28 Rozhodnutí programu [10], [11]

Uživatel tímto po zadání vstupů získá procentuální míru rizika a případně nutnost či absenci nápravného opatření. Celý zdrojový kód programu je součástí přílohy 1.

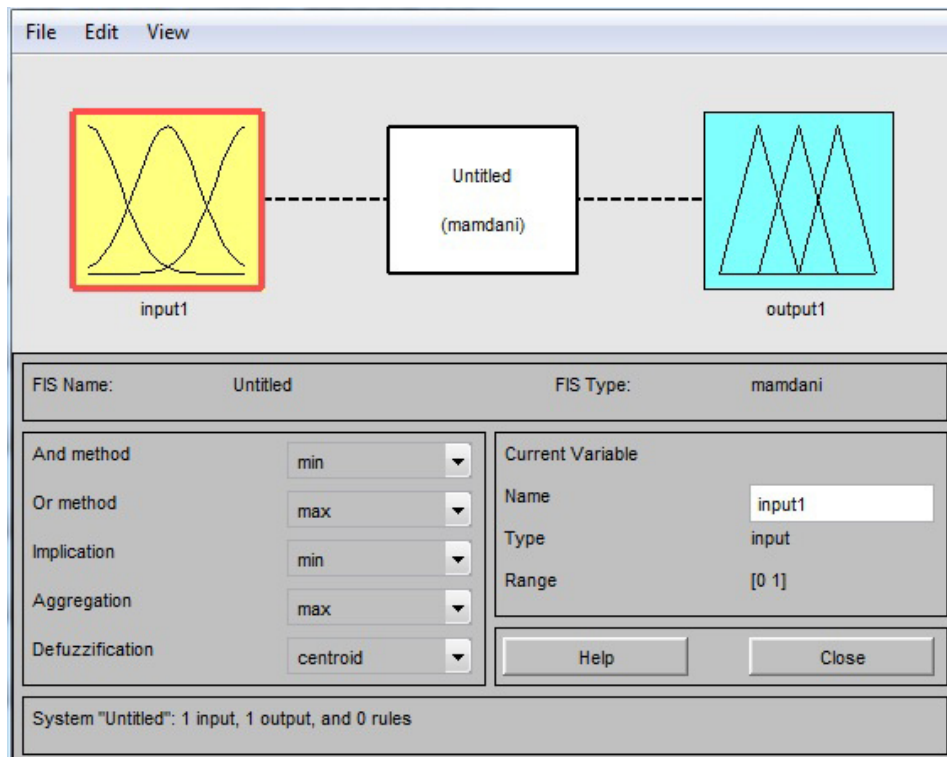
6.5.2 Soubor *.fis

Soubor *.fis je druhým ze souborů nutných pro správnou funkci rozhodovacího programu. Jeho tvorba je možná buď pomocí konzole fuzzy toolboxu, což je přehledné a jednoduché, nebo pomocí textového editoru. V případě nastavení většího počtu pravidel je lepší využít libovolný tabulkový editor a v něm pomocí generátoru náhodných čísel a

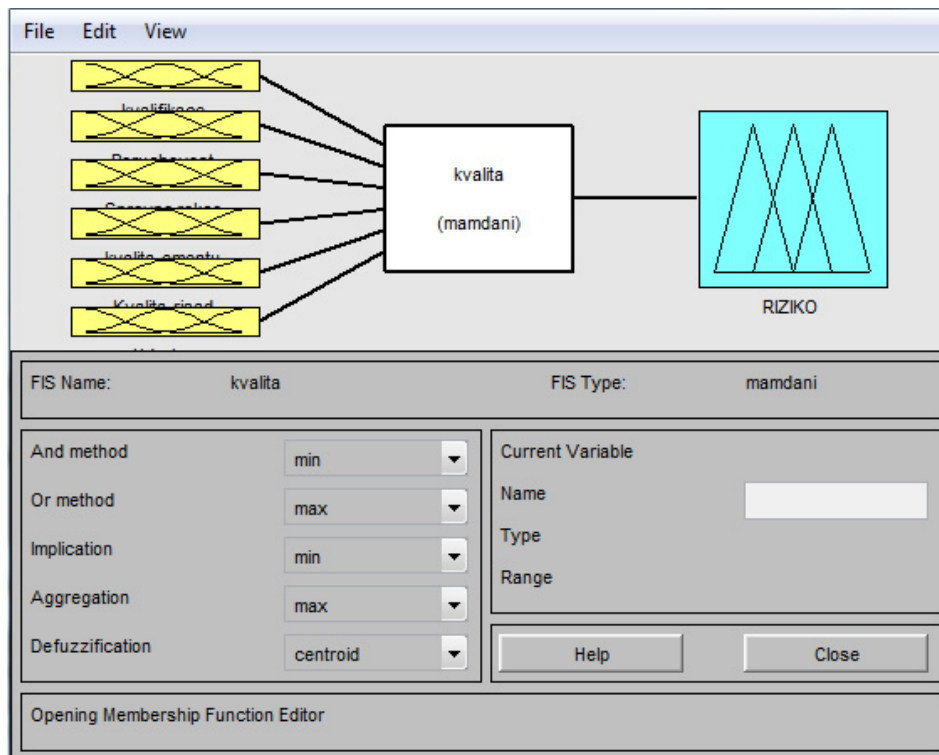
jednoduchých vzorců vytvořit stovky pravidel a jednoduše nakopírovat do souboru *.fis otevřeného v textovém editoru [10], [11].

V případě prvního rozhodovacího programu je k dispozici 6 vstupů, čili je potřeba permutace 6 prvků. Z matematického hlediska se jedná o $P(6) = 6! = 720$ kombinací. Z důvodu zpřesnění výpočtů a zjemnění výsledných řídicích ploch (*surface*), je naprogramován trojnásobek potřebných kombinací, čili 2160.

Při spuštění fuzzy toolboxu se objeví jednoduché okno, kde je v nabídce grafické zadání počtu vstupů a výstupů (Obrázek 29) [10], [11].

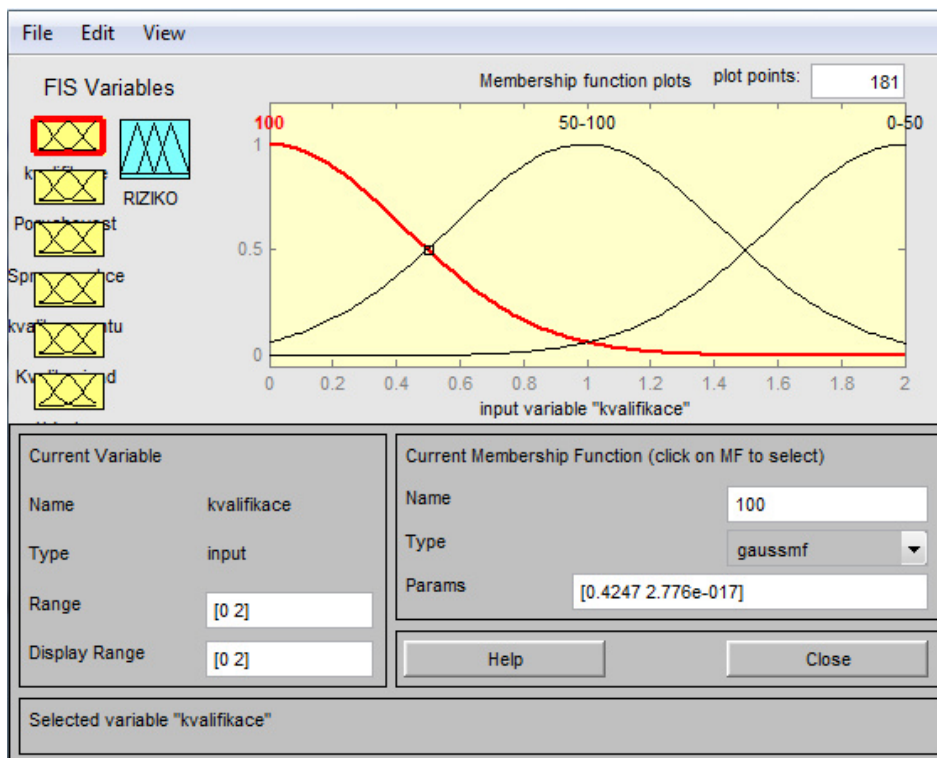


Obrázek 29 Defaultní stav fuzzy toolboxu [10], [11]



Obrázek 30 Nastavený fuzzy toolbox pro rozhodovací program [10], [11]

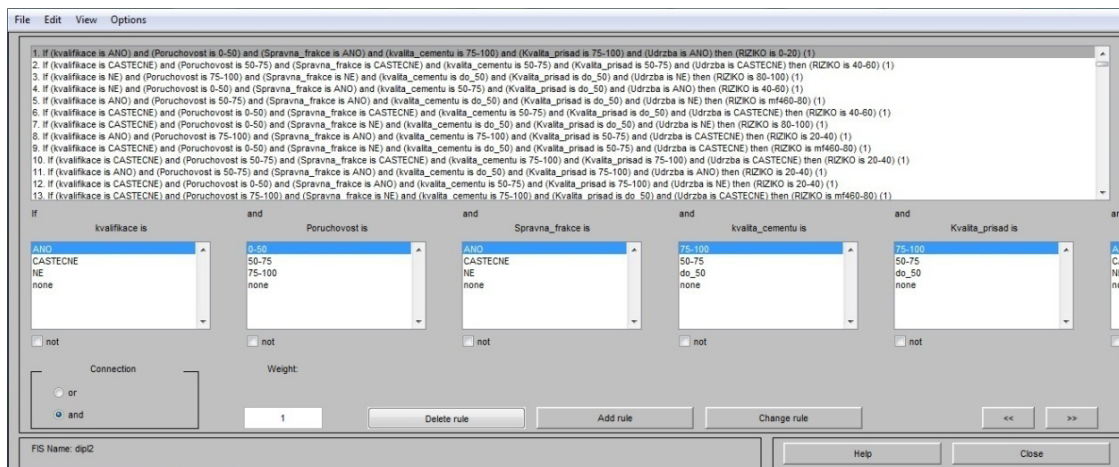
Na obrázku výše (Obrázek 30), je již zadaných 6 vstupů a jeden výstup, fuzzy systém je typu Mamdani a všechny vstupy jsou typu gaussmf (tvar Gaussovy křivky). Defuzzyfikační metoda je metoda středu gravitace, která je popsána v kapitole 3.2.4. Zadání rozsahu vstupu je po rozkliknutí každého ze vstupů graficky viditelné a upravitelné (Obrázek 31) [10], [11].



Obrázek 31 Zadávání fuzzy vstupů a výstupů [10], [11]

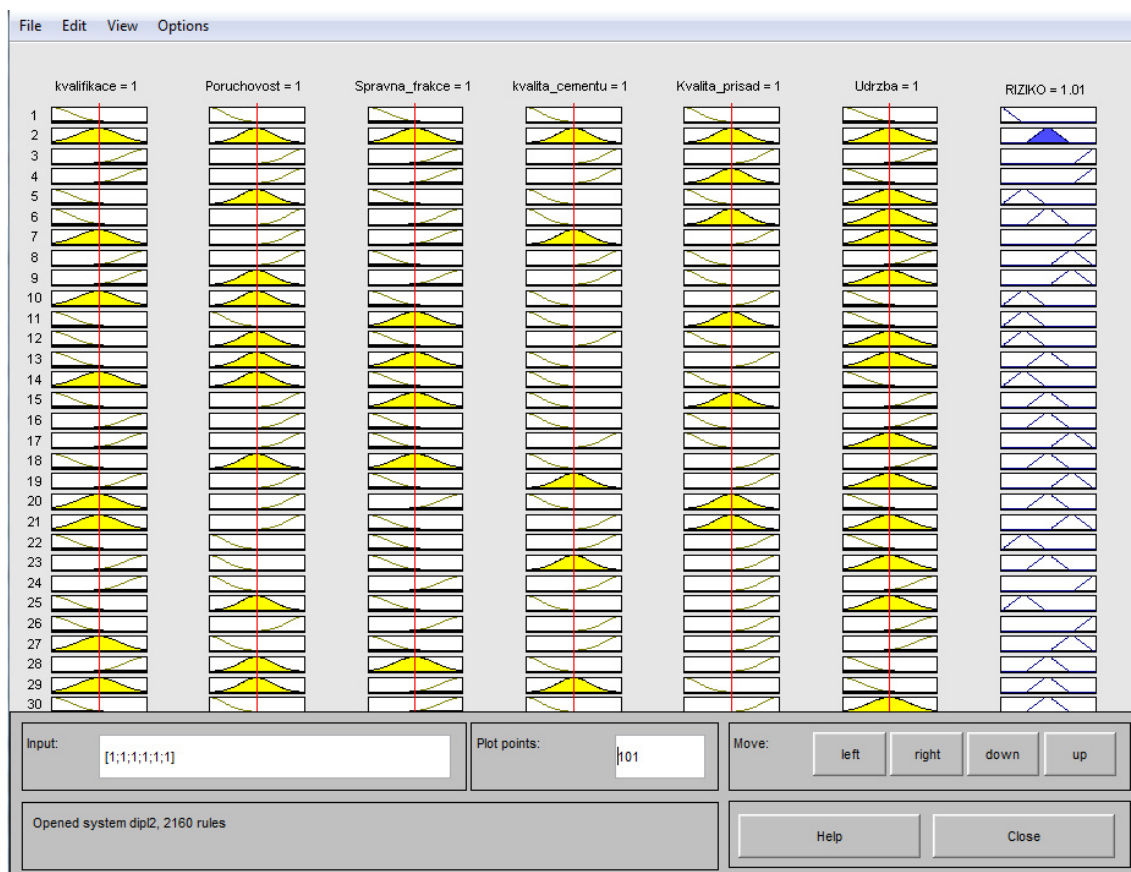
V okně je možné upravit rozsah hodnot, v našem případě [0;2] (Obrázek 31), označení každé členské funkce (celkem 3) a číselný rozsah členských funkcí, který je omezen rozsahem vstupu. Po nastavení všech vstupů je potřeba nastavit počet výstupů a jejich rozsah stejným způsobem jako v případě vstupů [10], [11].

Po nastavení vstupů a výstupů je nutno nastavit pravidla rozhodování. Je to možno provést pomocí rozbalovací nabídky (Obrázek 32) nebo vepsáním přímo do souboru *.fis otevřeného v textovém editoru. Jednodušší a pro základní pravidla přehlednější je pravidla nastavovat přímo v konzole fuzzy toolboxu [10], [11].



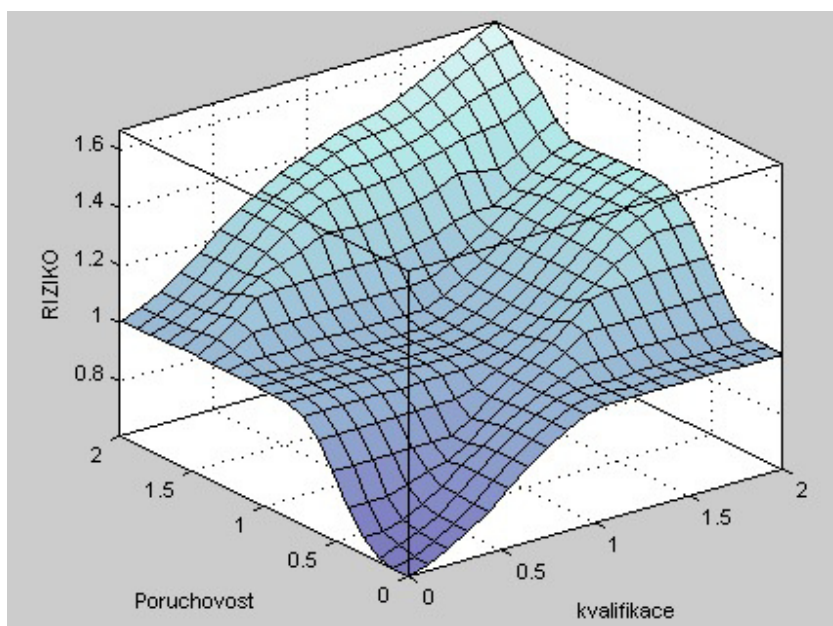
Obrázek 32 Pravidla pro rozhodovací proces [10], [11]

Jakmile jsou nastaveny vstupy, výstupy a pravidla, je nutno určit hodnoty, dle kterých se bude program pracovat. Tyto hodnoty je možné zjistit při zobrazení zadaných pravidel a zkoušením kombinací pro extrémní případy (Obrázek 33). V pravém horním rohu obrázku je výsledná hodnota vstupu, dle které se nastaví pravidla a výstupy programu. Pro každý z pěti výstupů je jiný rozsah dané hodnoty [10], [11].

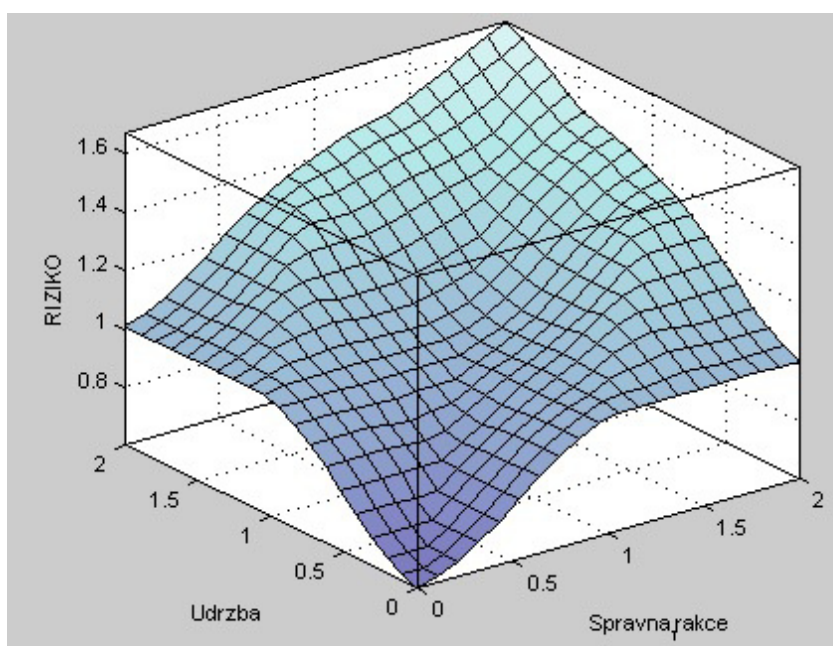


Obrázek 33 Zobrazení hranic hodnot pomocí nastavení jednotlivých pozic vstupů [10], [11]

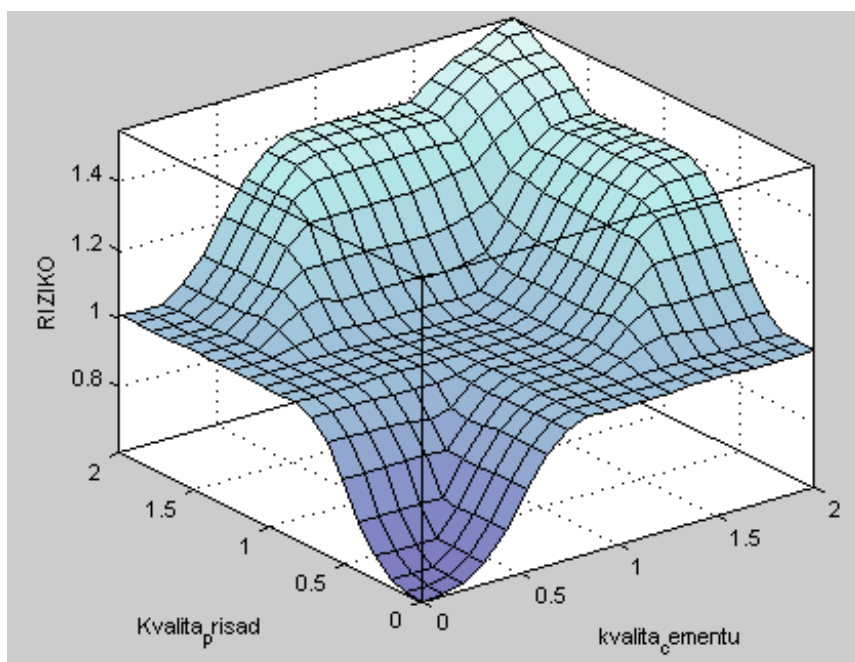
Takto nastavený soubor **.fis* je spolu se souborem **.m* schopný spolupracovat a vytvářet rozhodnutí na základě vstupů a zadaných pravidel. Závislost jednotlivých vstupů na sobě zobrazují body tvořící řídicí plochu, tzv. „*surface*“. Tyto plochy jsou zobrazeny níže (Obrázek 34, Obrázek 35, Obrázek 36) [10], [11].



Obrázek 34 Závislost poruchovosti na kvalifikaci [10], [11]



Obrázek 35 Závislost údržby na správné frakci [10], [11]



Obrázek 36 Závislost kvality přísad na kvalitě cementu [10], [11]

Všechny tři programy jsou vytvořeny stejným principem a založeny na stejném zdrojovém kódu.

7 PRAKTICKÝ PŘÍKLAD NA VYHODNOCENÍ RIZIKA PŘI VÝROBNÍM PROCESU

7.1 POPIS SPOLEČNOSTI

Jedná se o společnost, která vyrábí prvky pro betonovou dlažbu, jak bez povrchové úpravy tak s ní. Společnost má k dispozici 4 hlavní stroje, které slouží pro výrobu čerstvého betonu, výrobu samostatných dlaždic a stroje pro povrchové úpravy. Ve společnosti pracuje celkově 12 zaměstnanců, kteří svojí činností ovlivňují výrobu. Společnost pracuje podle výrobního postupu a provozního schématu (viz. 5.3). Jako praktický příklad autor zvolil zjišťování kvalitativního rizika při výrobním procesu.

7.2 POPIS RIZIK

7.2.1 Kvalifikace zaměstnanců

Ve společnosti pracuje 12 zaměstnanců, kteří ovlivňují výrobu. Čtyři zaměstnanci jsou nově přijatí a ještě nebyli důkladně proškoleni. Sedm z nich je kvalifikovaných dostatečně a nejsou zdrojem rizika. Jeden z nich je stálý zaměstnanec, ale jeho proškolení nebylo

provedeno. Ze dvanácti pracovníků je tedy dostatečně proškoleno pouze 7 z nich. Teoretická pravděpodobnost tedy činí $7/12 = 58,33\%$, čili riziko spadá do skupiny 50-100%.

7.2.2 Poruchovost

Poruchovost se týká mechanických strojů ve firmě. Dva stroje jsou nové a zavedeny do linky po dobu natolik krátkou, že se u nich nedá určit poruchovost. Dva stroje pracují již po dobu 2 let a byly na nich provedeny 2 opravy. Tímto autor uvažuje, že poruchovost strojů je 50% a vzhledem k celkovému počtu je pravděpodobnost poruchy 25%. Tímto spadá poruchovost do kategorie 0-50%.

7.2.3 Správnost frakce

Ve výrobě se pracuje s čerstvým betonem ve větším množství, pro posouzení správnosti frakce byla sledována 1 tuna kameniva. Po přezkoumání bylo zjištěno, že 950kg kameniva je frakce 4-8mm, 10kg kameniva je frakce nižší jako 4mm a 40kg kameniva je frakce vyšší jako 8mm. Jednoduchým výpočtem je možné zjistit, že 95% kameniva je správné frakce, čili spadá do kategorie 50 - 100%.

7.2.4 Kvalita cementu

Pro konkrétní proces ve výrobě je potřeba cement třídy 52,5. Cement byl testován podle ČSN EN 196-1 [13]. Zjištěná odchylka od pevnostní třídy je 14,8% je podřadné kvality cementu. Tímto spadá kvalita cementu do kategorie 75 - 90%.

7.2.5 Kvalita přísad

Kvalitu přísad nebylo možné nijak otestovat. Uvažuje se tedy kvalita 100% z důvodu malého množství přidaných prvků do testovaného procesu. Spadá tedy do kategorie 90 - 100%.

7.2.6 Údržba

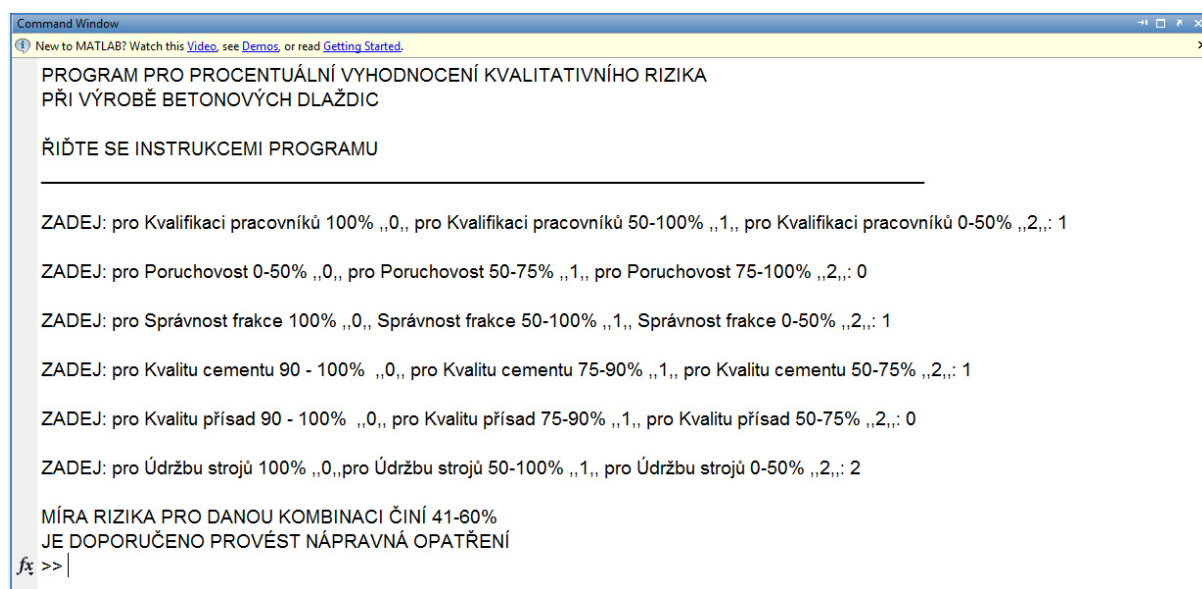
Údržba se týká všech čtyř strojů, které pracují ve výrobním procesu. Od výrobce je doporučení provádět údržbu, jako je čištění, mazání a kalibrace, 5x týdně při denním provozu 16 hodin. Jelikož provoz těchto strojů není pravidelný, údržba se provádí dvakrát týdně. Nemůže se ovšem zanedbávat, že ačkoliv se stroje plně nevyužívají, jejich údržba je potřebná. Údržba tedy je pouze 40% a tím spadá do kategorie 0 - 50%.

7.3 VYHODNOCENÍ

Vstupní hodnoty autor vložil do programu pro vyhodnocení rizik. Program, dle naprogramované sekvence, určil míru rizika v rozmezí 41 - 60%. (Obrázek 37) Vzhledem k míře rizika je doporučeno provést nápravná opatření.

7.4 OPATŘENÍ

Nápravná opatření je nutno provést pro správnou funkci procesu. V tomto případě je možné eliminovat rizika dodatečným proškolením zaměstnanců a zkvalitněním údržby. Toto jsou rychlá a nejjednodušší opatření, které mohou míru rizika srazit pod 40%. V té kategorii by již nápravná opatření byla pouze dobrovolná.



```
Command Window
New to MATLAB? Watch this Video, see Demos, or read Getting Started.
PROGRAM PRO PROCENTUÁLNÍ VYHODNOCENÍ KVALITATIVNÍHO RIZIKA
PŘI VÝROBĚ BETONOVÝCH DLAŽDIC

ŘÍDTE SE INSTRUKCEMI PROGRAMU

-----

ZADEJ: pro Kvalifikaci pracovníků 100% ,,0,, pro Kvalifikaci pracovníků 50-100% ,,1,, pro Kvalifikaci pracovníků 0-50% ,,2,,: 1
ZADEJ: pro Poruchovost 0-50% ,,0,, pro Poruchovost 50-75% ,,1,, pro Poruchovost 75-100% ,,2,,: 0
ZADEJ: pro Správnost frakce 100% ,,0,, Správnost frakce 50-100% ,,1,, Správnost frakce 0-50% ,,2,,: 1
ZADEJ: pro Kvalitu cementu 90 - 100% ,,0,, pro Kvalitu cementu 75-90% ,,1,, pro Kvalitu cementu 50-75% ,,2,,: 1
ZADEJ: pro Kvalitu přísad 90 - 100% ,,0,, pro Kvalitu přísad 75-90% ,,1,, pro Kvalitu přísad 50-75% ,,2,,: 0
ZADEJ: pro Údržbu strojů 100% ,,0,,pro Údržbu strojů 50-100% ,,1,, pro Údržbu strojů 0-50% ,,2,,: 2

MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 41-60%
JE DOPORUČENO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ
fx >> |
```

Obrázek 37 Ukázka praktického příkladu v programu Matlab

8 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zpracovat teoretické základy teorie fuzzy množin a fuzzy logiky s návazností na kvantifikaci rizik. Fuzzy množiny a samotná fuzzy logika je popsána v druhé kapitole. Návaznost fuzzy logiky na kvantifikaci autor podložil třetí kapitolou, kde zobrazil postup kvantifikace, fuzzyfikace a defuzzyfikace v expertních systémech. Dalším stanoveným cílem bylo, aplikovat teoretické poznatky při reálném vyhodnocení rizik ve výrobním procesu.

Aplikace jako taková je prostřednictvím rozhodovacího programu na určení míry rizika ve výrobním procesu betonového zboží. Tento program autor v práci popisuje od jeho

tvorby až po používání. Tvorba samotného programu je provedena v již zmíněném programu Matlab a jeho používání taktéž. Výstupem programu je procentuální rozhodnutí o jak velké riziko se jedná a zda jsou zapotřebí nápravná opatření. Pro vytvoření vstupních hodnot programu jsou použity vybrané kapitoly z českých státních norem.

Reálné vyhodnocení rizik ve výrobním procesu autor zpracovává jako praktický příklad, kde popisuje společnost, výrobní proces a kvantifikuje vstupní hodnoty. Po vložení vstupních hodnot do rozhodovacího programu dostává rozhodnutí a míru rizika daného problému. Vstupní hodnoty a rozhodnutí jsou sumarizovány v tabulce. (Tabulka 7).

Tabulka 7 Sumarizace výstupních hodnot příkladu

Vstupy	Vstupní hodnoty		Výstup
	Reálné	Programové	
Kvalifikace pracovníků	58.3%	50 - 100%	Míra rizika pro danou situaci činí 41 - 60%, je doporučeno provádět nápravná opatření
Poruchovost	25%	0 - 50%	
Správnost frakce	95%	50 - 100%	
Kvalita cementu	85.2%	75 - 90%	
Kvalita přísad	100%	90 - 100%	
Údržba strojů	40%	0 - 50%	

Autor po vyhodnocení rizika popisuje opatření a případné změny ve vstupních hodnotách pro snížení míry rizika. Těmito opatřeními je možné se dostat na míru rizika, se kterou může společnost a její výrobní proces dále pracovat na přijatelné úrovni. Použití rozhodovacího programu je po optimalizaci možné v jakékoliv oblasti výrobních procesů nejen betonového zboží.

Oproti běžným postupům při kvantifikování rizika je fuzzy logika a její množiny variabilní a schopné pracovat s proměnnými mezilehlými hodnotami. Na rozdíl od ostrých množin, které mají jasně stanovené rozsahy hodnot, mají fuzzy množiny tyto rozsahy proměnné. V případech optimalizace výrobních procesů, což zahrnuje několik set kombinací z několika vstupních hodnot. Autor práce se domnívá, že použitelnost je jeden z nejvhodnějších způsobů kvantifikace rizik ve výrobním procesu betonového zboží.

9 LITERATURA

- [1] JURA, P. Základy fuzzy logiky pro řízení a modelování, Brno: Nakladatelství VUTIUM. 2003. ISBN 80-214-2261-0.
- [2] KOVÁČOVÁ, M, JANČO, R.: critically assesment for fmeca analysis using fuzzy logic, Journal of applied mathematics, volume 1, 2008, number 1.
- [3] TICHÝ, M.: Ovládání rizika, Praha, 2006, 80-7179-415-5.
- [4] ČSN EN ISO 9001:2009 - Management kvality, ÚNMZ, 2009.
- [5] ČSN EN ISO 14001:2005 - Environmentální management, ÚNMZ, 2005.
- [6] ČSN OHSAS 18001:2008 - Management bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ÚNMZ 2008.
- [7] ZADEH, L. A.: Fuzzy Sets, Information and control 8, 338-353, 1965.
- [8] NOVÁK, V. Základy fuzzy modelování, Nakladatelství BEN, Praha, 2003. ISBN 80-7300-009-1.
- [9] MISÁK, P. Vlastnosti fuzzy inference systémů a jejich aplikace, Diplomová práce FSI VUT v Brně 2006.
- [10] ZAPLATÍLEK, K, DOŇAR B.: MATLAB pro začátečníky, ISBN 80-7300-095-4.
- [11] ZAPLATÍLEK, K, DOŇAR B.: MATLAB tvorba uživatelských aplikací, ISBN 80-7300-133-0.
- [12] Meet Minitab 16 for windows.
http://www.minitab.com/uploadedFiles/Shared_Resources/Documents/MeetMinitab/EN16_MeetMinitab.pdf
- [13] ČSN EN 196-1-Metody zkoušení cementu -část 1: Stanovení pevnosti, ÚNMZ 2005.

10 PŘÍLOHY

10.1 PŘÍLOHA Č.1 ZDROJOVÝ KÓD ROZHODOVACÍHO PROGRAMU PRO KVALITATIVNÍ RIZIKA

```
clc;
clear;

disp('PROGRAM PRO PROCENTUÁLNÍ VYHODNOCENÍ KVALITATIVNÍHO RIZIKA ')
disp('PŘI VÝROBĚ BETONOVÝCH DLAŽDIC')
disp(' ')
disp('ŘÍDTE SE INSTRUKCEMI PROGRAMU')
disp('_____')
disp(' ')

vstup1=-1;
vstup2=-1;
vstup3=-1;
vstup4=-1;
vstup5=-1;
vstup6=-1;

pokus = 0;

while isempty(vstup1) || (vstup1~=0 && vstup1~=1 && vstup1~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup1 = input('ZADEJ: pro Kvalifikaci pracovníků 100% „0,, pro Kvalifikaci pracovníků 50-100%
„1,, pro Kvalifikaci pracovníků 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup2) || (vstup2~=0 && vstup2~=1 && vstup2~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup2 = input('ZADEJ: pro Poruchovost 0-50% „0,, pro Poruchovost 50-75% „1,, pro Poruchovost
75-100% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup3) || (vstup3~=0 && vstup3~=1 && vstup3~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
```

```

    vstup3 = input('ZADEJ: pro Správnost frakce 100% „0,, Správnost frakce 50-100% „1,, Správnost
frakce 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
    pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup4) ||(vstup4~=0&& vstup4~=1 && vstup4~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
    vstup4 = input('ZADEJ: pro Kvalitu cementu 90 - 100% „0,, pro Kvalitu cementu 75-90% „1,, pro
Kvalitu cementu 50-75% „2,,: ');
disp(' ')
    pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup5) ||(vstup5~=0&& vstup5~=1 && vstup5~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
    vstup5 = input('ZADEJ: pro Kvalitu přísad 90 - 100% „0,, pro Kvalitu přísad 75-90% „1,, pro
Kvalitu přísad 50-75% „2,,: ');
disp(' ')
    pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup6) ||(vstup6~=0&& vstup6~=1 && vstup6~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
    vstup6 = input('ZADEJ: pro Údržbu strojů 100% „0,,pro Údržbu strojů 50-100% „1,, pro Údržbu
strojů 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
    pokus=pokus+1;
end

vypocet = readfis('kvalita.fis');

vysledek = evalfis([vstup1; vstup2; vstup3; vstup4; vstup5; vstup6],vypocet);

ifvysledek<=0.2264
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 0 -20%');
disp('NENÍ POTŘEBA PROVÁDĚT NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
elseifvysledek<=0.5559
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 21-40%');
disp('JE TŘEBA ZVÁŽIT PROVEDENÍ NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');

```

```

elseifvysledek<=1.04
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 41-60%');
disp('JE DOPORUČENO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
elseifvysledek<=1.6716
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 61-80%');
disp('JE NUTNO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
else
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 81-100%');
disp('BEZ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ NELZE POKRAČOVAT');
end

```

10.2 PŘÍLOHA Č.2 ZDROJOVÝ KÓD ROZHODOVACÍHO PROGRAMU PRO BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA

```

clc;
clear;

disp('PROGRAM PRO PROCENTUÁLNÍ VYHODNOCENÍ BEZPEČNOSTNÍHO RIZIKA ')
disp('PŘI VÝROBĚ BETONOVÝCH DLAŽDIC')
disp(' ')
disp('ŘÍDTE SE INSTRUKCEMI PROGRAMU')
disp('_____')
disp(' ')

vstup1=-1;
vstup2=-1;
vstup3=-1;
vstup4=-1;
vstup5=-1;

pokus = 0;

while isempty(vstup1) || (vstup1~=0 && vstup1~=1 && vstup1~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup1 = input('ZADEJ: pro Kvalifikaci pracovníků 100% „0,, pro Kvalifikaci pracovníků 50-100% „1,, pro Kvalifikaci pracovníků 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup2) || (vstup2~=0 && vstup2~=1 && vstup2~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup2 = input('ZADEJ: pro Havarijní připravenost 75-100% „0,, pro Havarijní připravenost 50-75% „1,, pro Havarijní připravenost 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

```

```

pokus = 0;

while isempty(vstup3) || (vstup3~=0 && vstup3~=1 && vstup3~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup3 = input('ZADEJ: pro Komunikace 100% „0,, pro Komunikace 50-100% „1,, pro
Komunikace 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup4) || (vstup4~=0 && vstup4~=1 && vstup4~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup4 = input('ZADEJ: pro Kontroly k nápravě 90 - 100% „0,, pro Kontroly k nápravě 75-90%
„1,, pro Kontroly k nápravě 50-75% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup5) || (vstup5~=0 && vstup5~=1 && vstup5~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup5 = input('ZADEJ: pro Prevence 90 - 100% „0,, pro Prevence 75-90% „1,, pro Prevence 50-
75% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

vypocet = readfis('bezpecnost.fis');

vysledek = evalfis([vstup1; vstup2; vstup3; vstup4; vstup5],vypocet);

if vysledek<=0.2264
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 0 -20% ');
disp('NENÍ POTŘEBA PROVÁDĚT NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
elseif vysledek<=0.5559
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 21-40% ');
disp('JE TŘEBA ZVÁŽIT PROVEDENÍ NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
elseif vysledek<=0.76
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 41-60% ');
disp('JE DOPORUČENO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
elseif vysledek<=1.1
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 61-80% ');
disp('JE NUTNO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');

```

```

else
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 81-100%');
disp('BEZ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ NELZE POKRAČOVAT');
end

```

10.3 PŘÍLOHA Č.3 ZDROJOVÝ KÓD ROZHODOVACÍHO PROGRAMU PRO ENVIRONMENTÁLNÍ RIZIKA

```

clc;
clear;

```

```

disp('PROGRAM PRO PROCENTUÁLNÍ VYHODNOCENÍ ENVIRONMENTÁLNÍHO RIZIKA ')
disp('PŘI VÝROBĚ BETONOVÝCH DLAŽDIC')
disp(' ')
disp('ŘÍDTE SE INSTRUKCEMI PROGRAMU')
disp('_____')
disp(' ')

```

```

vstup1=-1;
vstup2=-1;
vstup3=-1;
vstup4=-1;
vstup5=-1;

```

```

pokus = 0;

```

```

while isempty(vstup1) || (vstup1~=0 && vstup1~=1 && vstup1~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup1 = input('ZADEJ: pro Řízení provozu 100% „0,, pro Řízení provozu 50-100% „1,, pro Řízení provozu 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

```

```

pokus = 0;

```

```

while isempty(vstup2) || (vstup2~=0 && vstup2~=1 && vstup2~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup2 = input('ZADEJ: pro Havarijní připravenost 75-100% „0,, pro Havarijní připravenost 50-75% „1,, pro Havarijní připravenost 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

```

```

pokus = 0;

```

```

while isempty(vstup3) || (vstup3~=0 && vstup3~=1 && vstup3~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');

```



```

end
vstup3 = input('ZADEJ: pro Reakce 100% „0,, pro Reakce 50-100% „1,, pro Reakce 0-50% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup4) ||(vstup4~=0&& vstup4~=1 && vstup4~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup4 = input('ZADEJ: pro Monitorování 90 - 100% „0,, pro Monitorování 75-90% „1,, pro
Monitorování 50-75% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

pokus = 0;

while isempty(vstup5) ||(vstup5~=0&& vstup5~=1 && vstup5~=2)
if pokus~=0
disp('Chyba! Zadej znovu. ');
end
vstup5 = input('ZADEJ: pro Hodnocení souladu 90 - 100% „0,, pro Hodnocení souladu 75-90%
„1,, pro Hodnocení souladu 50-75% „2,,: ');
disp(' ')
pokus=pokus+1;
end

vypocet = readfis('environment.fis');

vysledek = evalfis([vstup1; vstup2; vstup3; vstup4; vstup5],vypocet);

ifvysledek<=0.2264
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 0 -20%');
disp('NENÍ POTŘEBA PROVÁDĚT NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
elseifvysledek<=0.5559
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 21-40%');
disp('JE TŘEBA ZVÁŽIT PROVEDENÍ NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
elseifvysledek<=0.76
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 41-60%');
disp('JE DOPORUČENO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
elseifvysledek<=1.1
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 61-80%');
disp('JE NUTNO PROVÉST NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ');
else
disp('MÍRA RIZIKA PRO DANOU KOMBINACI ČINÍ 81-100%');
disp('BEZ NÁPRAVNÝCH OPATŘENÍ NELZE POKRAČOVAT');
end

```