



## OPONENTNÍ POSUDEK

Posudek na doktorskou dizertační práci **Ing. Petra Misáka**

**„Možnosti řízení a minimalizace rizik technologie výroby stavebních materiálů a výrobků pomocí fuzzy logiky a dalších nástrojů risk managementu“**

### *Aktuálnost tématu dizertační práce*

Stavebnictví je jednou z velmi se rozvíjejících technických oblastí, které uvádí do praxe nejnovější vědecké poznatky. Jedním z nejdůležitějších stavebních materiálů je beton a výrobky z něho. V oblasti výroby stavebních dílců jsou nejpočetněji zastoupeny tzv. drobné betonové výrobky (zámkové či ploché dlažby, různé typy obrubníků, přídlažby, zdící bloky atd.) Tyto výrobky jsou charakteristické hlavně tím, že jsou vyráběny ve velkých sériích. Sledování rovnoměrnosti kvality při velkých sériích stejných výrobků vyráběných na plně automatizovaných strojních zařízeních je technicky i ekonomicky velmi náročné. Ze souvisejících norem pro tento typ výrobků vyplývá pro výrobce povinnost zkoušek poměrně velké četnosti vzorků, což je rovněž velmi nákladné. Potřeba charakterizovat chování a vlivy na kvalitu rozličných betonových výrobků v procesu jejich výroby, tvrdnutí, zrání a manipulaci je nanejvýš důležitá. Hodnocení míry rizik pro posouzení vlivu jednotlivých výrobních operací ve vztahu k četnosti vadných výrobků je většinou empirickou záležitostí, která je zaměřena pouze na dílčí nekomplexní zásahy do výrobních procesů. Proces možnosti řízení a minimalizace rizik výroby stavebních dílců pomocí nástrojů risk managementu je poměrně novým přístupem. Současně posuzování míry rizik v oblasti bezpečnosti práce či environmentálních dopadů na okolní prostředí využitím stejných metod umožňuje komplexní minimalizaci rizik pro provoz firmy. Z tohoto pohledu je téma a přístup k řešení tématu dizertační práce velmi **aktuální**.

### *Splnění stanovených cílů dizertační práce*

Cílem práce bylo navrhnout metodiky pro hodnocení a minimalizaci rizik a způsobilosti výrobních procesů ve výrobě stavebních hmot a poté toto konkrétně aplikovat na výrobě zámkové dlažby u konkrétního výrobce.

V práci se doktorand zabývá výrazně možností řízení a minimalizace rizik při výrobě zámkové dlažby na plně automatizovaném vibrolisu s hlavním cílem definovat a vymežit technologické operace s výrazným vlivem na počet neshodných výrobků. Pro dosažení vymezeného cíle práce zvolil doktorand metody používané v rizikovém inženýrství.

V teoretické části se podrobně věnoval teoriím o posuzování a analýze rizik. Popsal klasické postupy analýzy FMEA, FMACA a management rizik ve výrobě stavebních hmot za podmínek integrovaného systému řízení (IMS). V této části definoval zásadní vlivy pro úspěšné zavedení řízení kvality podle ČSN ISO 9001, environmentální řízení podle ČSN ISO 14001 a řízení BOZP podle OHSAS 18001. Velmi podrobně teoreticky popsal nástroje řízení kvality - Ishikawův diagram, Paretovu analýzu, regulační digram a možnosti využívání fuzzy množin a fuzzy inference pro kvantifikaci analýz míry rizik. Zvláštní pozornost věnoval možnostem aplikace Markovových řetězců pro řízení kvality výroby stavebních betonových dílců. V poslední části pak popsal možnosti statistické regulace pro hodnocení způsobilosti výrobních procesů.

Tato teoretická část práce přináší moderní poznatky z této problematiky a teoreticky je dobře zvládnuta a je dobrým výchozím bodem pro řešení aplikací v praktické části.

V praktické části, které není provedena jako klasické experimentální ověřování teoretických poznatků, ale koncipována jako aplikace teorie rizik do výroby betonové zámkové dlažby je pozornost upřena jednak na technologické vlivy na počet neshodných výrobků, dále identifikaci rizik environmentálních a BOZP. Zvolené metody řešení jsou podrobně popsány a vysvětleny. Předměty analýzy byly vhodně vybrány z pohledu četnosti jejich výskytu. Možná mohl být rozšířen počet sledovaných veličin o posuzování trvanlivosti dlažeb např. testováním odolnosti povrchů dlažeb proti působení mrazu, vody a chemických rozmrazovacích solí podle ČSN 731326 či odolnosti proti ohrusu.

Technologické aspekty provádění jednotlivých výrobních operací výroby betonových dlažeb jsou poměrně přesně a chronologicky popsány. Inventarizační analýza materiálových a energetických toků dílčích etap technologických procesů pro technologii vibrolisování je vhodně zvolena a podrobně hodnotí dílčí vlivy. V této části postrádám podrobnější dělení vlivů při výrobě betonů v mísicím jádru např. vlivy chyb dávkování (chyby vážení), vliv kolísající konzistence vlivem různé vlhkosti kameniv a dále i v samotném procesu vibrolisování jako např. nestejněměrné plnění jednotlivých forem po výrobní ploše vibrolisu, vlivy na kolísání výšky či hutnosti betonu. Současně i důležité aspekty na finální povrchovou úpravu jako dávkování barev, vlhkost nášlapné záměsi a dopady na barevnou nejednotnost či odolnost proti CHRL.

Zvolené metody pro hodnocení míry rizik jsou výstižné a srozumitelné. Zcela nové je využití fuzzy Markovových řetězců pro řízení a popisu důležitosti jednotlivých výrobních operací ve vztahu k četnosti neshodných výrobků.

Diskutabilní je závěrečné hodnocení charakteristické pevnosti v příčném tahu na str. 93. Zde postrádám podrobnější vysvětlení a popis konstrukce indexu  $C_c$  a přínosy či negativy jak pro zkušebnictví obdobných výrobků, tak pro výrobce. Případně koncepční návrh změn stávající legislativy. Rozsah práce a formulace získaných poznatků jsou z hlediska splnění požadavků na disertační práci dostačující.

Podle mého mínění *byly cíle dizertační práce splněny.*

#### ***Postup řešení problému a výsledky dizertace s uvedením konkrétního přínosu doktoranda***

Doktorand shrnul problematiku využití rizikového inženýrství a následných metod řízení, hodnocení a optimalizace míry rizik ve výrobě stavebních hmot. Navrhnul a aplikoval vhodnou metodologii pro posouzení a cílené minimalizování míry rizik pro výrobu betonové

zámkové dlažby. Seznam použité literatury a zaměření ukazuje, že doktorand danou tematiku řádně prostudoval a teoreticky se připravil na řešení experimentální části.

Postupoval obecně uznávaným způsobem – tedy od studia literatury přes vytvoření metodiky, až po praktickou aplikaci. Za významný přínos doktoranda považují netradiční aplikaci metod pro hodnocení a řízení rizik ve výrobě betonových dílců

Výsledky jeho práce mohou být aplikovány obecně na různé typy hromadné výroby stavebních hmot a dílců.

### ***Význam pro praxi nebo rozvoj vědního oboru***

Sledování a řízení kvality výroby stavebních hmot i ve vztahu na ekologii a bezpečnost práce je jedním ze základních současných potřeb hromadné stavební výroby zejména drobného betonového sortimentu vyráběného ve velkých denních sériích. Je to cíl nejen pro dosažení rovnoměrně požadované kvality, ale i ekonomicky výhodné výroby.

Použití nestandardních metod, posuzování míry rizik či nástrojů jejich řízení může přispět k racionálnímu přístupu celého výrobního toku. Účelné sledování všech negativních i pozitivních jevů hromadné výroby napomůže k eliminaci chyb a drastických dopadů na kvalitu hromadně sériově vyráběných dílců. Z tohoto pohledu je možné hodnotit přínos jak pro rozvoj vědního oboru, tak i pro praxi. Podle aplikovaných metod a dosažených výsledků můžou použité metody být perspektivně použity v praxi, což může zajistit snížení nákladů a tím zlepšení ekonomiky.

K této části mám připomínku k tomu, že tyto možné přínosy jsou v závěrečné části málo komentovány a zdůrazněny. Není vytvořen názorný model, jak k dané problematice v praxi přistupovat.

### ***Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň***

Formální úroveň práce je velmi dobrá, obrázky a grafy kvalitní. V práci jsem nenalezl žádné závažné mluvnické chyby. Jazyková úroveň je slušná, technické výrazy jsou přesně formulovány. Velmi přehledně je zpracována přílohová část.

### ***Dotazy***

- 1) Proč nebyl výrobní tok pro výrobu zámkové dlažby podrobněji rozdělen pro posouzení rizik v dílčích výrobních operacích tj. zejména klíčové výrobě betonu jak jádrové tak nášlapné vrstvě a rovněž v procesu vibrolisování, kde je spousta proměnných veličin výrazně ovlivňujících kvalitu výrobků
- 2) Považuje doktorand rizika při regulaci a řízení kvality v mísicím jádru za totožné jako při paletizaci či expedici
- 3) Jaké navrhuje charakteristiky pro sledování kvality zámkových dlažeb na rozdíl od ČSN EN 1338

## **Závěr**

Závěrem lze konstatovat, že předložená dizertační práce „**Možnosti řízení a minimalizace rizik technologie výroby stavebních materiálů a výrobků pomocí fuzzy logiky a dalších nástrojů risk managementu**“ ukazuje, že doktorand splnil stanovené cíle disertační práce. Souhrnně hodnotím disertační práci kladně a to jak z hlediska uspořádání, tak i z hlediska stanovených vědeckých cílů a přístupu k řešení této problematiky. **Doporučuji disertační práci k obhajobě** a po jejím úspěšném obhájení **doporučuji** udělení vědeckého titulu Ph.D. v studijním oboru **3911V006 - Fyzikální a stavebně materiálové inženýrství**

13. ledna 2014



Prof. Ing. Rudolf Hela, CSc.