

doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur  
ČVUT v Praze, Fakulta stavební  
Katedra hydrotechniky  
Thákurova 7  
166 29 Praha 6

---

## Oponentní posudek dizertační práce

Zpracovatel dizertační práce: Ing. Marek Čejda

Název dizertační práce: Spolehlivost zemních hrází ohrožených filtračními deformacemi

Školitel: prof. Ing. Jaromír Říha, CSc.

Oponent: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

Cílem dizertační práce Ing. Marka Čejdy byla pravděpodobnostní analýza filtračních poruch zemních ochranných hrází. V úvodu práce je popsána geneze filtračních deformací s možností jejich propagace až do stavu porušení. S ohledem na velmi rozsáhlou problematiku se autor ve své dizertační práci zaměřil na hodnocení pravděpodobnosti vzniku inicializační fáze procesu ztráty filtrační stability, kterou je prolomení nadložních vrstev v oblasti paty vzdušního líce ochranných hrází.

### Aktuálnost tématu dizertační práce

Problematika spolehlivého návrhu ochranných hrází je v současnosti v souvislosti se zvýšenou frekvencí hydrologicky extrémních situací velmi aktuální. Svědčí o tom zvýšená pozornost, která je problematice věnována na úrovni výzkumu, provozu a státní správy.

### Splnění cílů dizertační práce

Základním cílem dizertační práce je hodnocení spolehlivosti zemních ochranných hrází se zaměřením na inicializační fázi ztráty filtrační stability prolomením krycích vrstev v zahráží (zejména v oblasti paty vzdušního líce hráze). Stabilita krycích vrstev je dána poměrem mezi zatížením daného piezometrickou výškou na bázi stropního izolátoru a jeho odolností proti prolomení, která je zjednodušeně dána jeho tíhou. Hodnocení spolehlivosti bylo v souladu se zadáním řešeno pravděpodobnostním přístupem s využitím simulací Monte-Carlo. Lze tedy konstatovat, že cíl dizertační práce byl bezesbýtku splněn.

### Postupy řešení a výsledky dizertace s uvedením konkrétního přínosu doktoranda

Zpracování dizertační práce předpokládá využití metodických postupů z několika odborných oblastí. Předně se jedná o oblast mechaniky zemin a hydrogeologie v souvislosti s popisem geneze porušení zemních ochranných hrází. Doktorand uvádí komplexní výčet možných příčin poruch se zaměřením na problematiku vnitřní eroze. V této oblasti prokazuje doktorand výborné znalosti díky skutečnosti, že problematiku dlouhodobě profesně sleduje a osobně se podílí na výzkumu v rámci školícího pracoviště na mezinárodní úrovni. Kvalitně zpracovaná rešerše současného stavu poznání svědčí o potřebném nadhledu doktoranda.

Doktorand dále využil metody z oblasti teorie pravděpodobnosti, teorie stochastických procesů a teorie spolehlivosti. Za konkrétní přínos doktoranda lze označit srovnání klasického přístupu pro hodnocení spolehlivosti zemních hrází deterministickým způsobem s využitím

metody mezních stavů, popř. metody stupně bezpečnosti a pravděpodobnostního hodnocení spolehlivosti s využitím stochastické simulace Monte-Carlo.

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

Význam výzkumu pro praxi a rozvoj vědního oboru je nepochybný a spatřuji jej zejména v otázce vhodné volby součinitelů zatížení a odolnosti konstrukce ve vazbě na požadovanou spolehlivost konstrukce. Srovnání spolehlivosti konstrukce v rámci zpracované parametrické studie pro deterministický přístup dle mezních stavů a přístup pomocí stochastické simulace přináší velmi zajímavé výsledky, které mohou vézt k upřesnění součinitelů metody mezních stavů s ohledem na požadovanou spolehlivost konstrukce vzhledem k jejímu významu.

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

Formální a grafická úprava dizertační práce je na velmi dobré úrovni. Práce působí přehledně a je logicky členěna.

### **Otázky a připomínky**

1. V rámci stochastického posuzování pravděpodobnosti prolomení krycí vrstvy byly náhodně generovány různé veličiny, které mají vliv na zatížení a odolnost systému. Na str. 23 se uvádí, že pro tuto úlohu lze volit různé typy rozdělení pravděpodobnosti, např. trojúhelníkové, rovnoměrné, exponenciální, atd. Jaké typy rozdělení pravděpodobnosti byla volena konkrétně pro vstupní veličiny v rámci citlivostní analýzy (str. 38) nebo parametrické studie?
2. Hodnocení spolehlivosti krycí vrstvy proti prolomení bylo v rámci stochastických simulací Monte-Carlo řešeno pomocí pravděpodobnosti bezporuchového stavu. Zajímala by mě citlivost volby různých typů pravděpodobnosti vstupních veličin a jejich parametrů (zejména rozptylu) na výslednou spolehlivost systému proti prolomení.
3. Na str. 46 dole je uvedeno, že kulminační průtoky jsou generovány s rovnoměrným rozdělením. To je však nereálné a také je to v rozporu s tvrzením na str. 37, kde se předpokládá převzetí rozdělení pravděpodobnosti dle ČHMÚ. Pravděpodobnostní vlastnosti ročních kulminačních průtoků jsou v našich podmínkách zpravidla uvažovány pomocí 3-parametrického logaritnicko-normálního rozdělení pravděpodobnosti. Proto by bylo vhodné této skutečnosti přizpůsobit také volbu N-letých průtoků v rámci parametrické studie. Při použití pravděpodobnostního papíru 3-parametrického log-normálního rozdělení by se čára opakování transformovala do přímky. To neodpovídá obr. 28, na str. 64.
4. Velmi cenné výsledky přináší parametrická studie, která pro danou lokalitu zjistila pravděpodobnost porušení nadložní krycí vrstvy cca 0,002, tedy doba opakování cca 500 let. Naopak tradiční přístup dle metody mezních stavů ukázal, že podmínka stability zemní hráze bude překročena již při překročení průtoků s dobou opakování 20 let. Tento výrazný rozdíl výsledků získaných pravděpodobnostním přístupem a tradičním přístupem dle metody mezních stavů není v práci dostatečně komentován. Získané výsledky patrně ukazují velmi vysokou bezpečnostní rezervu v případě návrhu dle metody mezních stavů způsobenou příliš konzervativně volenými hodnotami součinitelů zatížení a odolnosti než jak naznačují výsledky pravděpodobnostního přístupu. Má to patrně souvislost s volbou pravděpodobnostních vlastností vstupních veličin (zejména rozptylu) pro simulaci procesu metodou Monte-Carlo. Co z toho tedy vyplývá?
5. V souvislosti s bodem 4) je třeba připomenout, že získané spolehlivosti ochranné hráze v rámci dizertační práce se váží pouze na inicializační fázi filtračních deformací v podobě

prolomení krycí vrstvy v zahrází. Tento proces však ještě nemusí vést nutně ke globální ztrátě stability konstrukce.

### **Závěrečné zhodnocení**

Závěrem je možné konstatovat, že předložená disertační práce je zpracována na aktuální téma a přináší původní a velmi zajímavé výsledky. Přínos pro rozvoj oboru je nepochybný a doktorand prokázal vysokou míru orientace v uvedené problematice.

Dizertační práce splňuje všechny požadavky kladené na doktorské dizertační práce podle zákona o vysokých školách. Dizertační práce prokazuje schopnosti doktoranda k samostatné vědecké práci a obsahuje poznatky, které byly publikovány.

Doporučuji dizertační práci přijmout k obhajobě.

V Praze, dne 4. června 2016



doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur