

## KONEČNĚ-PRVKOVÝ MODEL STUPNĚ TŘMENOVÉHO SCHODIŠTĚ

R. Pospíšil, Z. Havířová

Došlo: 8. dubna 2008

### Abstract

POSPÍŠIL, R., HAVÍŘOVÁ, Z.: *Finite-element model of tread of stair with loadbearing bolts*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2008, LVI, No. 4, pp. 143–150

Stair with load bearing bolts is the special modern type of wooden staircase. This new type of staircase needs a basic verification by valuable standards for using in a different indoor using. Stair with load bearing bolts is combined wooden and metal materials and their mechanical properties in construction.

The goal of this paper is to review wooden tread behaviour as consequence of static load defining by Eurocode 5, implemented in Czech standards. Static load is exactly defined in different load values and the loading places. The three different loading place dimensions are defined by Eurocode 5 too. The wooden tread mechanical behaviour is modelled by FEM software ANSYS 11.0. The numerical simulation offers the distribution of specific magnitudes in the numerical model. The analysis is broken into three parts: geometric model, material model and finite element model. The geometric model is created via script by Ansys Parametric Design Language. This method allows using parametric creation. Material model is defined like linear elastic material model for nine independent values.

The defined evaluative criteria begin to ultimate limit state and serviceability limit state. The Eurocode 5 for this case defined the minimum load value and the maximum deflection value in vertical direction. The last selected is Hoffman's failure criterion used to identify the possible crash places. Hoffman's failure criterion is appropriate for orthotropic material like wood. The loading places must simulate the real constructional tread using.

FEM, ANSYS, tread, static analysis

Úkolem práce je pomocí numerické simulace posoudit chování deklarované soustavy třmenového stupně dřevěného schodiště v důsledku definovaného statického zatížení dle *Eurokódu 5*. Statické zatížení působící na soustavu má předem definované působíště. Na základě Hoffmanova kritéria porušení budou identifikována pravděpodobná místa porušení, lokace s maximálním průhybem a průběh polí napětí řešené soustavy.

Třmenové schodiště je moderní odlehčená konstrukce samonosného schodiště. Normativním předpisem, který z části definuje třmenové schodiště, je ETAG 008 Prefabrikované schodišťové soustavy. Zde je pomocí dvou typů prefabrikovaného schodiště popsáno schodiště se vzpěrným nosným zábradlím a schodiště s nosnými stojkami. Definováno je třmenové schodiště bez podstupnic a bez schodnice. Funkci schodnice přebírá na jedné straně nosné madlo, do kterého jsou kotveny přes zábradelní vý-

plň jednotlivé stupně. Na opačné straně jsou stupně kotveny do stavební konstrukce zpravidla pomocí dvou ocelových kolíků nazývaných třmeny.

Třmenové schodiště je případem konstrukce, u které uvedení na trh předcházela důležitá fáze, kterou je modelování a verifikace konstrukce. Rozměrové dimenze jednotlivých prvků vycházejí z konstrukcí používaných v okolních státech a ověřených v průběhu času.

### MATERIÁL A METODIKA

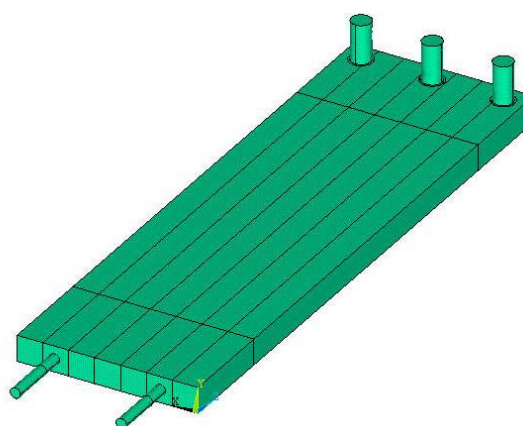
Statická analýza řešené úlohy byla provedena pomocí softwaru ANSYS 11.0. Geometrický model vycházel z výkresové dokumentace již vyráběného třmenového schodiště, viz obrázek 1. Jeho základní rozměry byly v souladu s ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy. Rozměry odpovídaly doporučeným rozměrům stanovených podle Lehmanova

vzorce (Neufert, 1995), kdy dvě šířky a jedna výška stupně jsou rovny průměrné délce kroku dospělého člověka 630 mm. Všechny hlavní rozměry soustavy (délka 900 mm, šířka 280 mm, při proměnné tloušťce) stupně byly parametrizovány pomocí scriptovacího jazyka APDL (Ansys parametric design language). Tento přístup umožňuje pomocí jednoduché změny vstupních, předem definovaných pa-

rametrů, jednoduchou geometrickou změnu zkoumané soustavy. Parametrickým řešením lze snadno měnit i materiálový model či vstupní okrajové podmínky. Parametrické řešení bylo využito především při změně tloušťky stupnice. V prvním případě je tloušťka lamel, ze kterých je na tupo slepena spárovka 50 mm, a v druhém případě je to 40 mm.



1: Skutečné třmenové schodiště, kovové zábradelní výplně nahrazeny dřevěnými šprclinkami



2: Geometrický model

Geometrický model (viz obrázek 2) se skládal z těla stupně (spárovka ze sedmi lamel o šířce 40 mm), kotevních prvků – třmenů, spojovacích prostředků a částí zábradelní výplně. Výpočtový model vycházel z poměrně výstižné idealizace reálné soustavy. Omezení posunutí soustavy bylo provedeno na části kotevních prvků a na horizontální ploše zábradelní výplně. Spojení zábradelní výplně s kováním a stupnicí bylo v simulaci nahrazeno dokonale tuhým spojením. Stejně tak byl imitován lepený spoj mezi jednotlivými lamelami spárovky stupnice. Spojení kotevních prvků a dřevěné stupnice bylo simulováno kontaktními prvky. Materiálový model soustavy byl deklarován lineárně elastickým materiálem definovaným Hookovým zákonem. Pro ortotropní materiál bylo definováno devět nezávislých materiálových konstant: tři smykové moduly pružnosti, tři normálové – Youngovy moduly pružnosti a tři Poissonova čísla, přepočítaná pro požadovanou hodnotu vlhkosti popisovaného materiálu (viz ta-

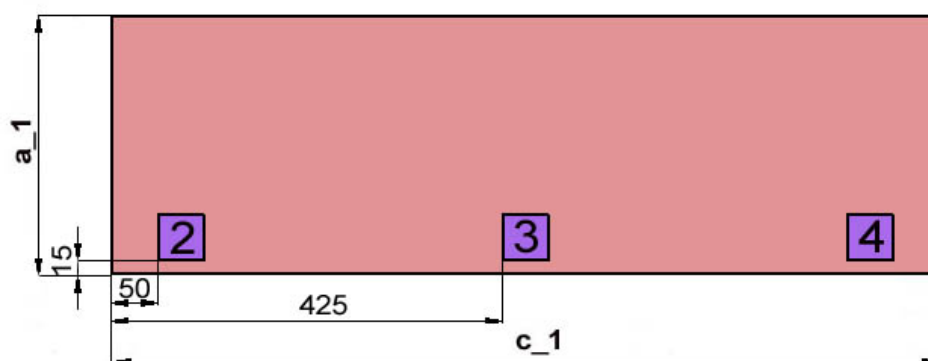
bulka I) (Bodig, 1993). Zatížení působící na soustavu stupně třmenového schodiště působilo kolmo na stupnici. Zatížení bylo statické a jeho velikost odpovídala požadované normové hodnotě, definované v Eurokódu 5. Jeho velikost je odvozena od stálého zatížení (vlastní tíhy konstrukce) a nahodilého zatížení, jehož hodnota je přesně definována dle typu konstrukce. Velikost zatížení, kterému musí soustava odolat při posuzování dle mezního stavu únosnosti, je pro tloušťku stupnice 40 mm rovna hodnotě 2844,76 N a pro tloušťku stupnice 50 mm je to hodnota 2855,94 N. Poloha zatížení je proměnná dle definovaných zatěžovacích stavů obr. 3, který ilustruje polohu zatěžovacího stavu 2 (ZS 2), zatěžovacího stavu 3 (ZS 3) a zatěžovacího stavu 4 (ZS 4). Poloha zatížení ilustruje možnosti zatížení stupně při skutečném užívání v běžném provozu. Deklarované zatížení je roznášeno na plochu čtverce o straně 50 mm (podle Eurokódu 5).

#### I: Použité materiálové charakteristiky

Materiál	Modul pružnosti  E			Poissonovo číslo			Modul pružnosti ve smyku G		
	x	y	z	xy	yz	xz	xy	yz	xz
	MPa	MPa	MPa				MPa	MPa	MPa
Borovice	12054,0	686,0	568,0	0,30	0,38	0,40	1205,4	784,0	490,0
Ocel	210000,0			0,33					

Dalším postupem numerické simulace po tvorbě materiálového modelu (viz tabulka I) je tvorba konečně-prvkového modelu soustavy (Madenci, 2003). Pro použití 3D model byly vybrány čtyři druhy elementů. Prvním v pořadí byl hexahedrální, osmiuzlový solid element solid45, druhým byl tetraedální, desetiuzlový element solid92. Tetraedální elementy sice navyšují počet stupňů volnosti, ale lépe odpovídají definovanému geometrickému modelu, díky přítomnosti midside nodes, což jsou uzly uprostřed

jednotlivých úseček spojujících vrcholy prvků. Na kontaktní plochy – část vnější plochy ocelového třmene a vnitřní plochy otvoru ve stupnici pro třmen – byly použity speciální kontaktní elementy conta174 a targe170, které spolu asociují. Definovanými elementy vznikl konečně-prvkový model zkoumané soustavy. Při vlastním vysítování byla pozornost zaměřena zejména na oblast kontaktní analýzy, kde okolní síť byla upravena a tetraedální elementy solid92 byly použity bez midside nodes.



3: Zatěžovací plocha dle zatěžovacích stavů (2–4)

Poněvadž je materiálový model ortotropní, tj. je požadováno devět nezávislých materiálových charakteristik, je vhodné použít interaktivní kritérium. Výhodné je Hoffmanovo kritérium, které bere v úvahu rozdíl mezi chováním materiálu v tahu a v tlaku (Berthelot, 1993). K porušení materiálu dojde, jestliže je Hoffmanovo kritérium větší nebo rovno 1 (viz vztah 1).

$$C_1(\Sigma_2 - \Sigma_3)^2 + C_2(\Sigma_3 - \Sigma_1)^2 + C_3(\Sigma_1 + \Sigma_2)^2 + C_4\Sigma_1 + C_5\Sigma_2 + C_6\Sigma_3 + C_7(\Sigma_{23})^2 + C_8(\Sigma_{13})^2 + C_9(\Sigma_{12})^2 \leq 1. \quad [1]$$

Konstanty  $C_1$  až  $C_9$  jsou charakteristikami materiálu.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Anatomické chování dřeva, které zpravidla reprezentuje odklon vláken a jež má relevantní vliv na pevnosti materiálů, bylo zanedbáno. Anatomický souřadný systém materiálu se shodoval s geometrickým souřadným systémem, kde byly definovány okrajové podmínky a zatížení zkoumané soustavy.

II: Maximální průhyb stupnice (posuv ve směru svislé osy)

Průhyb	ZS 2	ZS 3	ZS 4
Tloušťka			
40 mm	2,00E-03	3,00E-03	4,15E-04
50 mm	1,54E-03	2,06E-03	3,23E-04
Zvýšení průhybu z tl. 50 mm na 40 mm	23%	32%	22%

Numerickým modelováním bylo zjištěno rozložení sledovaných veličin pro jednotlivé lamely. Jednalo se o tři rozložení normálových napětí, smykových napětí a srovnávací ekvivalentní von Miss napětí. Z posuvů byla zjištěna posunutí v hlavních směrech geometrického souřadného systému a celkové posunutí. Jako poslední bylo zjištěno rozložení Hoffmanova kritéria porušení. V tabulce II jsou uvedeny hodnoty celkového průhybu sledované

soustavy v metrech. Ukazují přesně, že k překročení dovoleného maximálního průhybu stanoveného Eurokódem 5 nedošlo. Pro mezní stav použitelnosti je deklarovaná hodnota průhybu stanovena ze vztahu  $l$  (délka stupnice)/300. Pouze u zatížení v poloze zatěžovacího stavu 3 a tloušťce stupnice 40 mm došlo k vyrovnání mezní hodnoty průhybu soustavy, který je stanoven jako omezení pro pružné počáteční průhyby.

Rozhodnutí, která poloha zatížení má zásadní vliv na chování stupnice, bylo provedeno hledáním maximálních hodnot sledovaných veličin u deklarovaných zatěžovacích stavů. Z výsledných hodnot byly nalezeny průměrné hodnoty a stanoveno pořadí maximálních a minimálních hodnot sledovaných veličin. Stanovené pořadí vlivu polohy zatížení (deklarované zatěžovacím stavem) na sledovanou soustavu bylo definováno podle stanoveného poměru

zatěžovacích stavů. Bylo zjištěno, že největší vliv (dosažení maximálních/minimálních hodnot) na soustavu má zatížení působící v poloze dle ZS 3, potom následuje ZS 2 nakonec ZS 1 (viz tabulka III). Za maximální hodnoty byly považovány u napětí a posunutí kladné hodnoty (normálové napětí – tahové napětí), za minimální hodnoty byly považovány záporné hodnoty napětí a posunutí (normálové napětí – tlakové účinky).

III: Průměrné hodnoty jednotlivých veličin

max	4_2_40		3_2_40		2_2_40	
min	+	-	+	-	+	-
pos_suma	2,69E-04	1,72E-05	1,90E-03	1,88E-05	5,59E-04	5,29E-06
posun_L	5,20E-05	1,38E-05	1,52E-04	1,16E-04	5,51E-05	4,66E-05
posun_R	2,03E-05	1,75E-04	1,31E-04	1,22E-03	5,39E-05	3,76E-04
posun_T	1,76E-04	3,11E-05	1,25E-03	1,66E-04	3,82E-04	6,12E-05
napětí_L	1,78E+06	1,97E+06	7,59E+06	7,51E+06	4,39E+06	4,33E+06
napětí_R	3,63E+05	3,54E+05	1,20E+06	9,02E+05	1,03E+06	7,91E+05
napětí_T	3,26E+05	3,95E+05	1,01E+06	9,74E+05	1,10E+06	9,06E+05
napětí_LR	9,11E+05	4,05E+05	1,48E+06	1,25E+06	8,20E+05	1,11E+06
napětí_LT	2,44E+05	6,22E+05	7,71E+05	9,61E+05	7,40E+05	5,72E+05
napětí_RT	4,34E+05	4,92E+05	1,05E+06	1,16E+06	7,40E+05	1,00E+06
napětí_VM	2,41E+06	8,57E+03	7,77E+06	4,69E+04	5,17E+06	1,30E+04
hoffman	0,0652		0,4587		0,0794	
Σ	6470290,479	4250807,038	20861326,4	12798459,18	13988962,22	8726991,841
poměr	1,00	1,00	3,22	3,01	2,16	2,06
pořadí	3	3	1	1	2	2

Za rozhodující lze považovat určení, v které oblasti vzniká největší nebezpečí porušení materiálu a největší hodnoty posunutí. Takovou oblastí pravděpodobně bude oblast materiálově oslabená. V okolí třmenů je tloušťka stupnice oslabena z důvodu osazení třmene do stupnice. Druhou oblastí materiálově oslabení soustavy je osazení zábradelní výplně. Zde se jedná o tlakové účinky spojovacích komponentů na stupnici. Tato oblast ale nebude mít v konečném důsledku zásadní devastující účinky na soustavu vzhledem ke směru působící síly. V okolí zábradelních výplní se jedná o tlakové účinky, zatímco oblasti v okolí třmenů budou vznikat momentové účinky na soustavu způsobené třmenem.

Jednotlivé lamely nemají stejný vliv na celkovou pevnost a tuhost soustavy. Větší vliv mají lamely nacházející se přímo pod působištem zatížení, lamely 1 a 2 a sousedící lamela číslo 3 od nástupní hrany. Je-li vytvořena skupina prvních tří lamel a zbytku soustavy, lze předpokládat maximální rozložení napětí

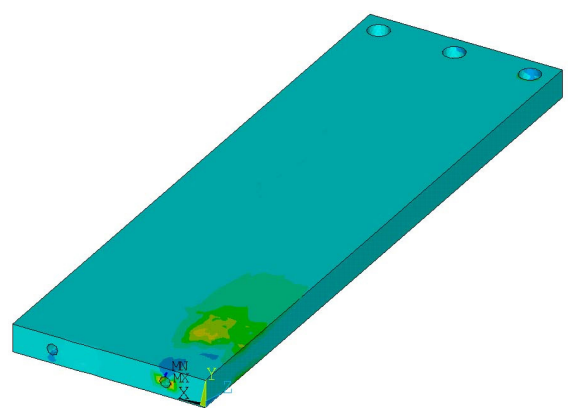
nebo maximální hodnoty posunutí v této skupině. Ze zbývajících lamel pak lze předpokládat možnost vzniku výraznějších hodnot normálového napětí v oblasti lamely číslo šest, tj. v oblasti u druhého třmene s obrácenými účinky napětí.

Byla provedena podobná analýza hledání maximálních hodnot průběhu napětí a posunutí v jednotlivých lamelách. Průměrné hodnoty veličin stejné skupiny zatížení všech lamel byly porovnány v jednom souboru v tabulce IV (zobrazení maxima oranžovou a minima modrou barvou). Byl potvrzen původní předpoklad. Maximální hodnoty jsou v lamelách 1–3. Je tedy zřejmé, že rozložení maximálních hodnot sledovaných veličin bude pravděpodobněji ve skupině lamel 1–3. Dle provedeného součtu lze tvrdit, že soubor součtů AP jednotlivých zkoumaných veličin pro tuto skupinu lamel dosahuje hodnot 60 % pro posunutí a 70 % pro napětí velikosti maximálních hodnot.

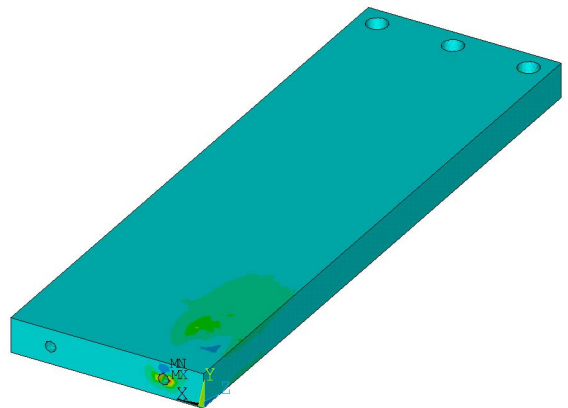
IV: Průměrné hodnoty jednotlivých lamel

	max/+		min/-			max/+		min/-			max/+		min/-	
	Σ	poměr	Σ	poměr		Σ	poměr	Σ	poměr		Σ	poměr	Σ	poměr
posunutí suma	7,58E-03	4,2	9,50E-05	2,2	napětí L	4,21E+07	6,6	7,45E+07	10,5	napětí LT	6,09E+06	4,9	1,36E+07	5,3
	6,49E-03	3,6	9,46E-05	2,2		3,47E+07	5,4	4,69E+07	6,6		4,58E+06	3,7	8,41E+06	3,3
	5,36E-03	3,0	9,53E-05	2,2		3,32E+07	5,2	2,91E+07	4,1		5,59E+06	4,5	4,79E+06	1,9
	4,33E-03	2,4	6,96E-05	1,6		2,36E+07	3,7	3,02E+07	4,2		3,23E+06	2,6	4,66E+06	1,8
	3,39E-03	1,9	6,98E-05	1,6		1,43E+07	2,2	1,73E+07	2,4		2,77E+06	2,2	2,89E+06	1,1
	2,56E-03	1,4	5,92E-05	1,4		8,67E+06	1,4	9,28E+06	1,3		1,51E+06	1,2	2,11E+06	0,8
	1,81E-03	1,0	4,37E-05	1,0		6,40E+06	1,0	7,12E+06	1,0		1,24E+06	1,0	2,58E+06	1,0
	5,84E-04	2,4	7,41E-04	10,4		7,78E+06	5,9	1,12E+07	4,9		7,89E+06	4,5	1,25E+07	5,2
posunutí L	5,79E-04	2,3	6,63E-04	9,3	napětí R	1,17E+07	8,8	8,26E+06	3,6	napětí RT	1,00E+07	5,7	1,85E+07	7,7
	5,36E-04	2,2	5,47E-04	7,7		5,58E+06	4,2	5,57E+06	2,5		4,58E+06	2,6	6,02E+06	2,5
	4,31E-04	1,7	3,82E-04	5,4		4,68E+06	3,5	4,19E+06	1,8		3,47E+06	2,0	5,30E+06	2,2
	3,62E-04	1,5	2,54E-04	3,6		2,42E+06	1,8	2,49E+06	1,1		1,79E+06	1,0	2,45E+06	1,0
	3,02E-04	1,2	1,49E-04	2,1		3,38E+06	2,5	2,16E+06	1,0		3,32E+06	1,9	5,21E+06	2,2
	2,47E-04	1,0	7,12E-05	1,0		1,33E+06	1,0	2,27E+06	1,0		1,75E+06	1,0	2,40E+06	1,0
	4,57E-04	1,9	6,44E-03	4,8		1,07E+07	4,8	8,39E+06	3,1		5,78E+07	7,7	9,00E+04	6,1
	4,45E-04	1,9	5,49E-03	4,1		1,04E+07	4,7	8,24E+06	3,0	napětí VM	3,93E+07	5,3	6,22E+05	42,0
posunutí R	3,49E-04	1,5	4,52E-03	3,4	napětí T	3,72E+06	1,7	1,00E+07	3,7		3,47E+07	4,6	4,96E+05	33,6
	2,82E-04	1,2	3,60E-03	2,7		4,22E+06	1,9	4,08E+06	1,5		2,62E+07	3,5	3,64E+05	24,6
	2,35E-04	1,0	2,78E-03	2,1		2,04E+06	0,9	2,86E+06	1,0		1,60E+07	2,1	3,57E+05	24,1
	2,54E-04	1,1	2,03E-03	1,5		2,73E+06	1,2	2,41E+06	0,9		1,03E+07	1,4	2,11E+05	14,3
	2,74E-04	1,2	1,34E-03	1,0		2,23E+06	1,0	2,73E+06	1,0		7,49E+06	1,0	1,48E+04	1,0
	4,75E-03	3,4	6,93E-04	1,6		1,46E+07	5,9	1,23E+07	5,2					
	4,15E-03	2,9	1,62E-03	3,7		9,38E+06	3,8	1,31E+07	5,5					
	3,46E-03	2,4	5,61E-04	1,3	napětí LR	6,96E+06	2,8	1,04E+07	4,4					
posunutí T	2,86E-03	2,0	1,15E-03	2,6		6,15E+06	2,5	7,54E+06	3,2					
	2,33E-03	1,6	4,45E-04	1,0		3,24E+06	1,3	4,81E+06	2,0					
	1,85E-03	1,3	4,42E-04	1,0		2,50E+06	1,0	3,10E+06	1,3					
	1,42E-03	1,0	9,46E-04	2,1		2,47E+06	1,0	2,38E+06	1,0					

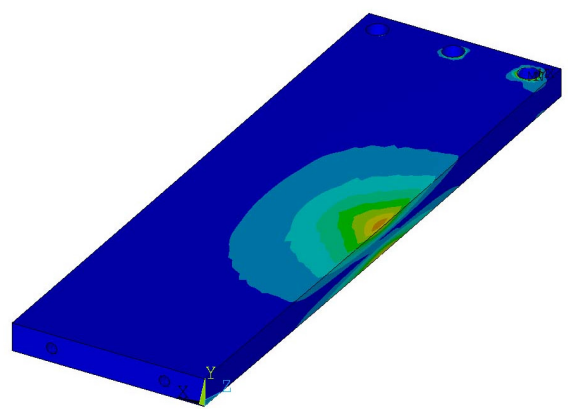




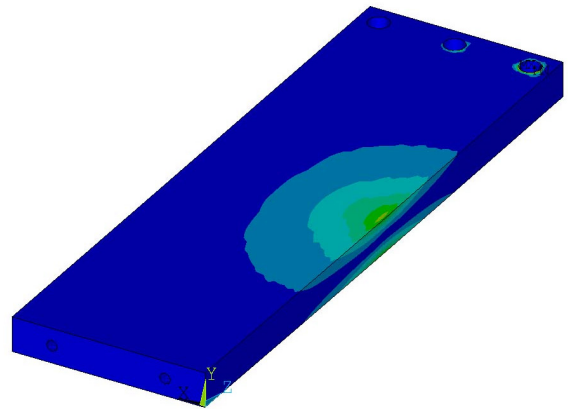
4: Rozložení HK ve stupnici o tl. 40 mm, ZS 2



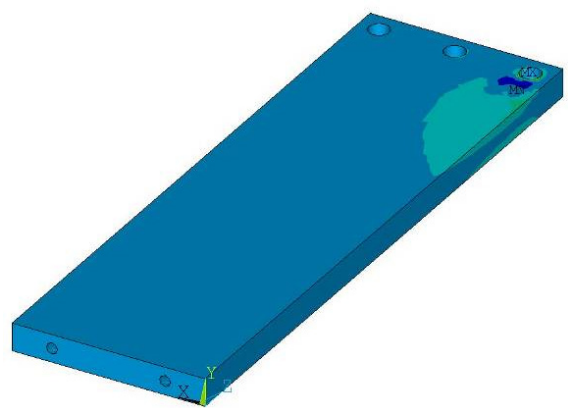
5: Rozložení HK ve stupnici o tl. 50 mm, ZS 2



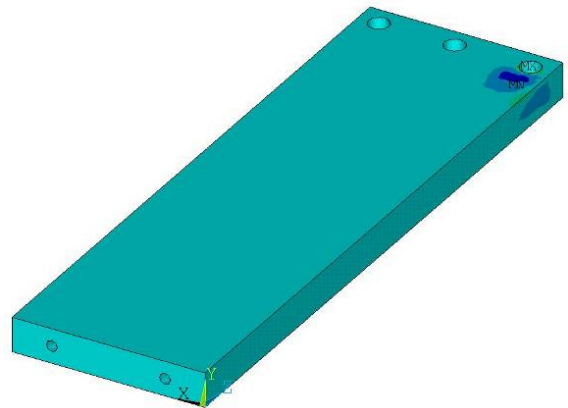
6: Rozložení HK ve stupnici o tl. 40 mm, ZS 3



7: Rozložení HK ve stupnici o tl. 50 mm, ZS 3



8: Rozložení HK ve stupnici o tl. 40 mm, ZS 4



9: Rozložení HK ve stupnici o tl. 50 mm, ZS 4

Hoffmanovo kritérium porušení a jeho distribuce ve sledované soustavě je znázorněno na obrázcích 4–9, kde jsou maximální a minimální hodnoty Hoffmanova kritéria uvedeny pro celou sestavu všech lamel stupnice. Z nich je patrné, že maximální hodnoty Hoffmanova kritéria porušení je dosaženo

u obou dimenzí u zatěžovacího stavu 3, kde je téměř dosaženo hraniční hodnoty 1, při níž dochází k porušení. Při zatížení dle zatěžovacího stavu 2 jsou nebezpečná místa v oblasti třmenů stupnice. Při zatížení v poloze zatěžovacího stavu 4 je hodnota Hoffmanova kritéria hluboko pod kritickou hodnotou

tou a zatížení působící v místě definovaném zatěžovacím stavem 4 nepůsobuje ani při jedné tloušťce stupnice zásadní změny v chování.

### ZÁVĚR

Byl posuzován vliv polohy zatížení na chování stupnice třmenového schodiště a závislost dosažení maximálních hodnot u sledovaných veličin. Nejvyšších hodnot napětí a posunutí bylo dosaženo při působení zatížení v poloze dle zatěžovacího stavu 3. Zde bylo dosaženo maximálních hodnot výsledkových veličin, a to komparací průměrných hodnot výsledků. Poměry mezi jednotlivými aritmetickými průměry sledovaných hodnot ZS 2 : ZS 3 : ZS 4

jsou 2 : 3 : 1. Co se týká rozložení maximálních hodnot sledovaných veličin v jednotlivých lamelách, bylo zjištěno, že maximálních hodnot deklarovaných veličin bylo dosaženo v lamelách 1–3. Hoffmannovo kritérium porušení nesignalizuje ani u jedné sestavy porušení. Největší hodnoty bylo dosaženo při působení zatížení v ZS 3, kde hodnota pod zatížením dosahuje 0,84131 (tloušťka 40 mm). Dle mezního stavu použitelnosti – stanovení maximálního dovoleného průhybu soustavy – nebyla deklarovaná hodnota překročena ani v jednom případě. Největší nárůst průhybu byl zaznamenán u ZS 3 se zatížením uprostřed, kde byl nárůst průhybu stupnice tloušťky 50 mm oproti stupnici o tloušťky 40 mm 32 %.

### SOUHRN

Byla zkoumána stupnice dřevěného třmenového schodiště, patřící do skupiny trvale zabudovaných stavebních výrobků. Bylo numericky simulováno chování daného prvku při působení definovaného zatížení v deklarovaném zatěžovacím stavu. Geometrický model numerické simulace vycházel z reálných rozměrů a odpovídal standardům. Byl tvořen pomocí parametrizace úlohy. Fyzikální model odpovídal lineárně elastickému materiálovému modelu a byl řešen jako strukturální analýza. Jako variabilní proměnná, což umožňovala parametrizace, vstupovala do řešení proměnná tloušťka stupnice (běžně používaná a navržená). Druhou proměnnou bylo různé působíště zatěžovací síly, ilustrující reálné užívání konstrukce stupnice. Z definovaných hodnotících kritérií, tj. porušení při minimálním zatížení (mezní stav únosnosti), překročení maximálního průhybu (mezní stav použitelnosti) a překročení Hoffmanova kritéria porušení pro ortotropní materiály byl určen zásadní vliv na chování soustavy v deklarovaném zatěžovacím stavu.

Tuto provedenou numerickou simulaci je nutné ověřit a verifikovat při praktické zkoušce, odpovídající podmínkám strukturální analýzy numerického modelu. Teprve po provedení praktických zkoušek bude zřejmé posoudit, zda je stupnice opravdu schopna odolat působícímu minimálnímu zatížení.

metoda konečných prvků, ANSYS, stupeň, statická analýza

### SUMMARY

The main subject of this paper was to investigate the treat of wooden stair with effective load bearing barrier, which belongs to incorporation in a permanent manner in construction works group. The numerical simulation behaviour of defined construction member was modelled under effective load for exact place and magnitude. The geometric model the first part of FEM analysis, was designed from real dimensions and standards. The physical model was described like linear elastic material model and prescribed of basic structural analysis. The effect variable (the purpose of parameterization), variable thickness of tread was defined. The first magnitude was normally used and the other was new designed. The second effect variable was the load point with three different defined places in order to illustrate the real construction usage. The fundamental influence on tread behaviour under effective load, requested load place and the tread dimension was identified. The evaluative criteria were the failure by minimum total load (ultimate limit state) the second the exceeding of maximum deflection (serviceability limit state) and the last one Hoffman's failure criterion for orthotropic materials.

This numerical simulation of construction must be carry out in conjunction with practical testing. The all requirement from numerical simulation and real construction usage must agree with this practical verification. Then when the numerical model is verified by practical testing is bright the tread is able to resist against load. This was not the part of this paper.

### LITERATURA

- ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy, 1985  
ČSN EN 1995 – 1 – 1 (73 17 01) Navrhování dřevěných konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2006

- BERTHELOT, J., 1998: Composite Materials: Mechanical Behavior and Structural Analysis. New York, Springer Verlag, Mechanical Engineering Series, 645 p. ISBN 0-387-98426-7.  
BODIG, J., JAYNE, B., A., 1993: Mechanics of Wood and Wood Composites. Malabar Florida, Krieger publishing company, 712 p. ISBN 0-89464-777-6.

- ETAG 008 Řídící pokyn pro evropská technická schválení – Prefabrikované schodišťové sestavy, Prefabrikované schodišťové sestavy obecně (kromě nepříznivých klimatických podmínek), 1998
- KOŽELOUH, B., 1998: EUROKÓD 5 – Navrhování dřevěných konstrukcí, Tiskárny Zlín, 375 s. ISBN 80-86 769-13-5.
- MADENCI, E., GUVEN, I., 2006: The Finite Element Method and Application in Engineering Using ANSYS. New York, Springer science + business media, 686 p. ISBN 978-0387-28289-3.
- NEUFERT, E., 1995: Navrhování staveb. Praha, Consultinvest, vyd. 1., 581 s. ISBN 80-901486-4-6.

#### Adresa

Ing. Radek Pospíšil, doc. Dr. Ing. Zdeňka Havířová, Ústav základního zpracování dřeva, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika, email: radek.pospisil78@gmail.com, havirova@mendelu.cz