ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

K L O K N E R Ů V Ú S T A V

Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

Expertní zpráva č. 2400 J 161	**Datum vydání zprávy** září 2024	**Oddělení KÚ** EXPO tel. +420 224 353 537

Objednatel: **Městský úřad Mariánské Lázně – Odbor rozvoje města**
Ruská 155
35301 Mariánské Lázně
IČ: 00254061

Expertní zpráva:

Posouzení stavu vazníků z lepeného lamelového dřeva ve sportovní hale

na pozemku č. st. 1067 v k.ú. Mariánské Lázně

Vypracoval:	Ing. Petr Sejkot, Ph.D.
Spolupráce:	Ing. Miroslav Vokáč, Ph.D.
Odpovědný řešitel:	Ing. Petr Sejkot, Ph.D.
Vedoucí oddělení:	prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.
Ředitel KÚ:	prof. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:	**Rozdělovník:**	
1 2 3 4	Objednatel: 3x Archiv: 1x	

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

ANOTACE

Zpráva obsahuje vyhodnocení zkoušek pevnosti lepených spár lamelových vazníků, které jsou součástí nosné konstrukce sportovní haly na pozemku č. st. 1067 v k.ú. Mariánské Lázně.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů, kvalifikovaných pro znaleckou činnost, podle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14.10.2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13.7.2004, č.j. 228/2003-Zn.

OBSAH

ANOTACE 1
OBSAH 1
1 ÚVOD 2
2 PODKLADY 3
3 ZHODNOCENÍ DODANÉ DOKUMENTACE 3
4 ZHODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU KONSTRUKCE 4
5 ODBĚR VZORKŮ PRO ZJIŠTĚNÍ PEVNOSTI VE SMYKU 5
6 MECHANICKÉ ZKOUŠKY PEVNOSTI VE SMYKU 6
7 NÁVRH OPATŘENÍ 8
8 ZÁVĚR 8
9 SEZNAM PŘÍLOH 9
PŘÍLOHA 1: Grafický záznam výsledků smykových zkoušek 10

1 ÚVOD

Na základě objednávky ORID/24/670/JS (označení objednatele) byly dne 17.7.2024 provedeny smykové zkoušky dle ČSN EN 14080, za účelem zjištění pevnosti ve smyku lepených spár lamelových vazníků. Jádrové vývrty, zahrnující lepené spáry mezi komponenty lepeného lamelového dřeva, byly na základě objednávky ORID/24/669/JS (označení objednatele) odebrány dne 30.5.2024.

Výsledky zkoušek by měly provozovateli pomoci určit další postup, jak ke konstrukci nadále přistupovat a optimalizovat náklady spojené s jejím provozem. Práce byly realizovány v období květen až červenec 2024.

Obr. 1: Pohled na vazníky z lepeného lamelového dřeva ve sportovní hale.

2 PODKLADY

[1] Městský stavební podnik Mariánské Lázně, Stavba tělocvičny TCV I a TCV II, TJ Slovan Mariánské Lázně, červen 1986.

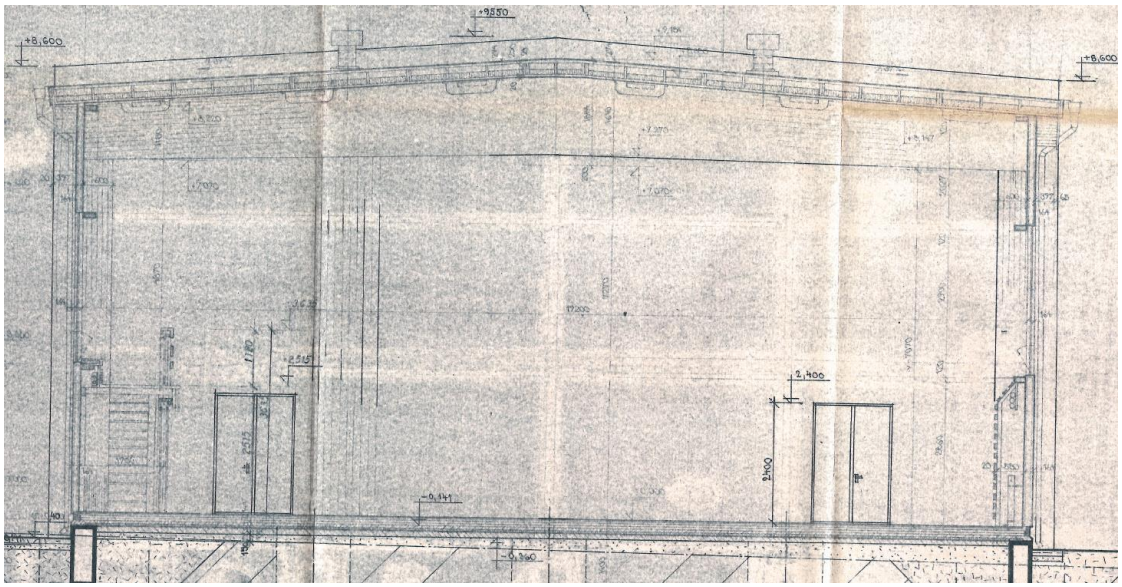
[2] ČSN EN 14080:2013 Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo – Požadavky. Praha: ČNI, 2013.

[3] ČSN EN 1990 (730002) Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. Praha: ČNI, 2004.

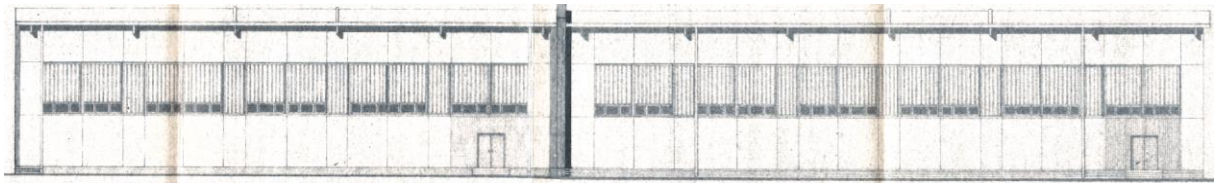
[4] ČSN EN 408+A1 Dřevěné konstrukce – Konstrukční dřevo a lepené lamelové dřevo – Stanovení některých fyzikálních a mechanických vlastností. Praha: ČNI, 2012.

3 ZHODNOCENÍ DODANÉ DOKUMENTACE

Objednatelem byla dodána dokumentace [1] z roku 1986, která obsahuje půdorys, podélný řez, příčný řez a vybrané detaily dřevěné nosné konstrukce tělocvičny (nyní sportovní haly). Z dodané dokumentace je možné vyčíst rozpětí střešních vazníků (19,2 m), výšku sloupů (7,1 m) a statické schéma nosné konstrukce.



Obr. 2: Řez sportovní halou s okótovanými sloupy a vazníky.



Obr. 3: Jihozápadní pohled na sportovní halu s vyznačenými pozicemi vazníků.

4 ZHODNOCENÍ TECHNICKÉHO STAVU KONSTRUKCE

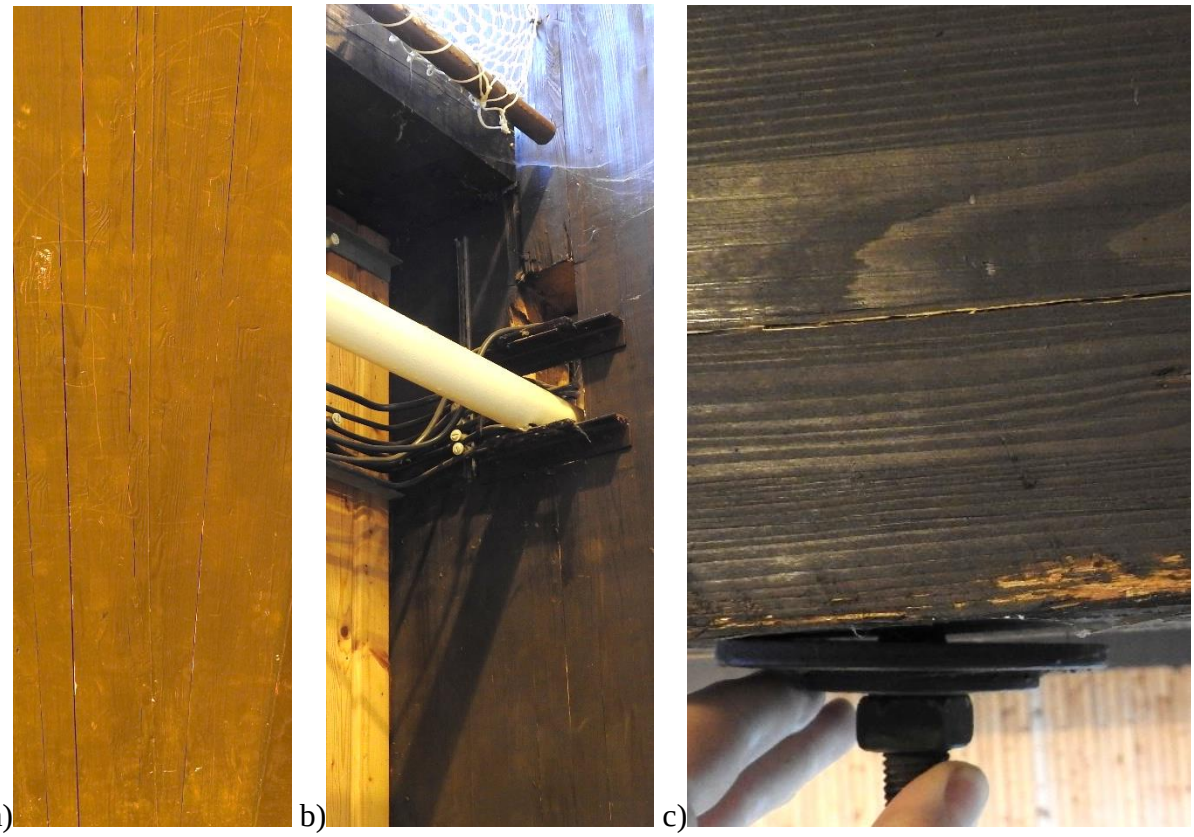
Technický stav nosné konstrukce byl posouzen pomocí metody vizuálního hodnocení. Ač této metodě nelze upřít jistou míru subjektivity, stále patří mezi základní a hojně využívané metody, kterými lze rychle a efektivně odhalit nedostatky a určit míru poškození konstrukcí.

Na předmětné dřevěné nosné konstrukci nebyly během jejího hodnocení nalezeny významné stopy po zatékání a ani místa s výskytem působení dřevokazných hub či dřevokazného hmyzu. V konstrukci také nebyly nalezeny chybějící spojovací prostředky.

Na vaznících a sloupech z lepeného lamelového dřeva však byla pozorována řada relativně hlubokých trhlin (vzhledem k šířce vazníku) indikujících nesoudržnost některých lepených spár. Na sloupech bylo navíc zjištěno oslabení vyříznutým otvorem pro topení a na vaznících bylo zjištěno nedotažení matic u závitových tyčí (svorníků) sloužících jako smykové zesílení.

(a) (b) (c)

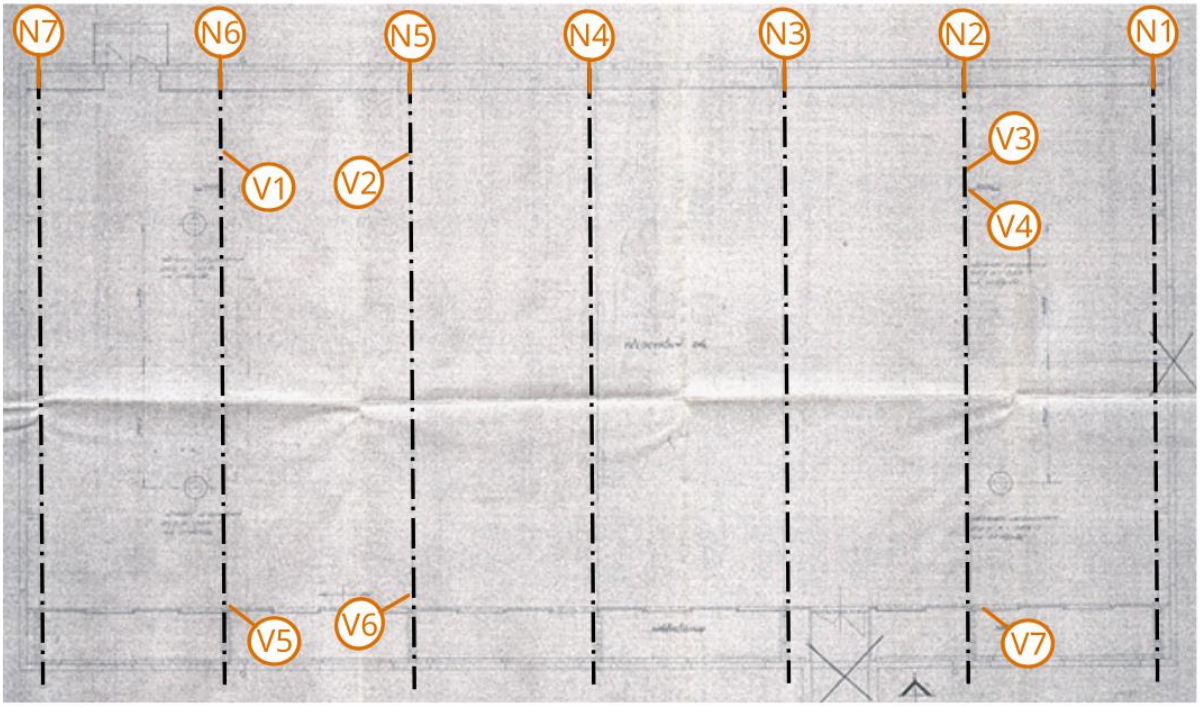
a) b) c)



Obr. 4: (a) Trhliny mezi lamelami, (b) vyříznutý otvor pro topení, (c) nedotažená matice závitové tyče (svorníku).

5 ODBĚR VZORKŮ PRO ZJIŠTĚNÍ PEVNOSTI VE SMYKU

Na nosné konstrukci sportovní haly byly vytipovány tři vazníky pro odběr jádrových vývrtů. Tyto vazníky jsou na půdorysu haly označeny jako N2, N5 a N6.



Obr. 5: Půdorys sportovní haly s přehledem rozmístění odebraných jádrových vývrtů

Jádrové vývrty zahrnující lepené spáry mezi komponenty lepeného lamelového dřeva byly odebírány kolmo k povrchu konstrukčních prvků tak, aby zkoušená spára byla uprostřed kruhové plochy vývrtu, což se podařilo u šesti odebraných vývrtů (V1, V2, V4, V5, V6 a V7). Vývrt (V3) byl následně využit pro ověření nastavení přípravků mechanických zkoušek. Během odběru vzorků proběhly i tři neúspěšné odvrty, během nichž se vývrty rozpadly v ploše lepené spáry.

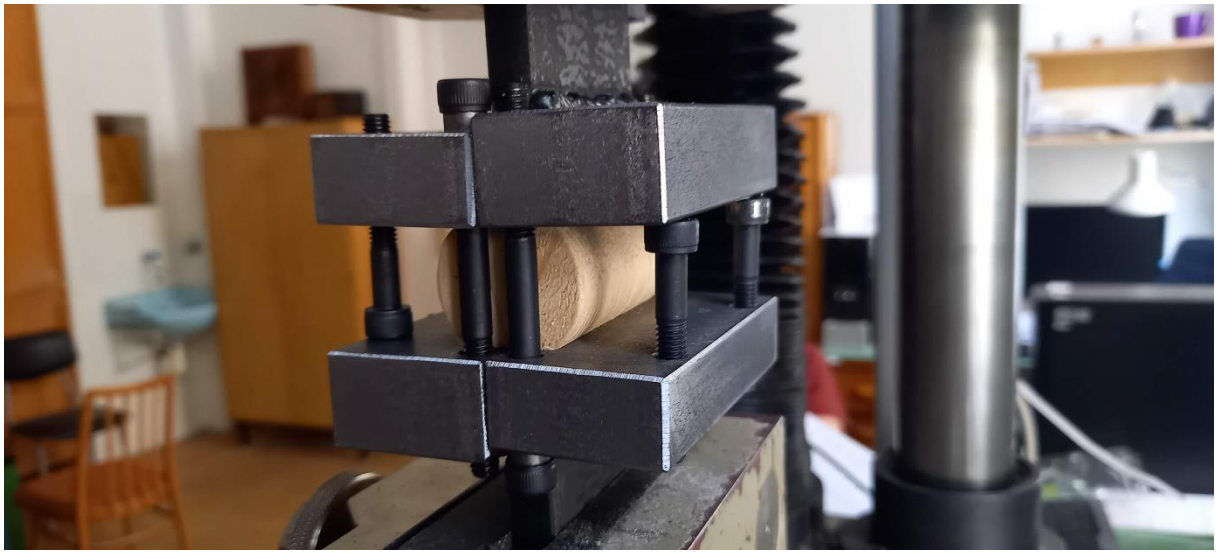
Obr. 6: Odebrané jádrové vývrty (V1, V2, V3, V4, V5, V6 a V7).

Jádrové vývrty byly následně převezeny do laboratoří Kloknerova ústavu s cílem je opracovat na alespoň 5 zkušebních těles, na kterých budou provedeny smykové zkoušky pevnosti.

6 MECHANICKÉ ZKOUŠKY PEVNOSTI VE SMYKU

Mechanické zkoušky byly provedeny postupem dle ČSN EN 14080, Příloha D, za použití smykového přípravku zobrazeného na obr. 7. Zkušební tělesa byla do přípravku vkládána tak, aby byla zatížena ve směru vláken. Sepnutí těles šrouby přispělo k zajištění provedení zkoušky tak, aby lepená spára mezi lamelami lepeného lamelového dřeva byla namáhána rovnoměrným smykovým napětím až do porušení.

Před provedením mechanických zkoušek proběhla kontrola požadavků daných ČSN EN 14080, konkrétně, zda při výrobě zkušebních těles byly jádrové vývrty opracovány tak, aby zatěžované plochy byly hladké, vzájemně rovnoběžné a kolmé ke směru lepené spáry a zda je lepená spára umístěna tak, aby vzdálenost mezi smykovým přípravkem a smykovou rovinou v žádném místě nepřekračovala 1 mm.



Obr. 7: Zkušební těleso ve zkušebním přípravku během smykové zkoušky.

Před provedením zatěžovací zkoušky byly posuvným měřítkem změřeny rozměry zkušebních těles. Rychlost zatěžování byla zvolena 0,05 mm/s, a to na základě průběhu zatěžování tělesa vyrobeného z vývrtu V3, který neměl spáru uprostřed kruhové plochy a byl použit pouze k ověření funkčnosti nastavení zkušebního přípravku a rychlosti zatěžování. Výsledek této zkoušky nebyl do závěrečného vyhodnocení zařazen. Po provedení zkoušky byl u každého zkušebního tělesa zaznamenán převažující mód porušení a maximální dosažená síla. Záznamy ze siloměru a snímače dráhy jsou uvedeny v příloze této zprávy.

Obr. 8: Zkušební tělesa po provedení smykových zkoušek.

Jednotlivé hodnoty pevností lepené spáry ve smyku byly dále vyhodnoceny za účelem stanovení charakteristické hodnoty, a to postupem dle ČSN EN 1990 (část D). Zjištěný soubor jednotlivých hodnot naměřených smykových pevností vykazoval značně velký rozptyl, a to mírně přes 50 %, což indikuje špatnou kvalitu lepených spár. Z toho důvodu bylo pro

vyhodnocení charakteristické hodnoty smykové pevnosti zvoleno log-normální rozdělení pravděpodobnosti. V tab. 1 jsou uvedeny podrobnosti tohoto vyhodnocení.

Tab. 1: Vyhodnocení pevnosti ve smyku lepené spáry.

Zkušební předpis: ČSN EN 14080:2013
Zkušební vzorky: 6 ks – opracované jádrové vývrty
Nominální rozměry: délka $l = 60$ *mm*, průměr $d = 32$ *mm*, tloušťka $t = 25$ *mm*
Zkoušky provedl: Ing. Sejkot, Ing. Vokáč, Ing. Křesťan
Dne: 17.7.2024
Prostředí zkoušky: teplota 18 až 20 °C a relativní vlhkost vzduchu 28 až 32 %
Zkušební zařízení:

- Zkušební stroj TIRATEST 2300 – metrolog. č. P 12 002 M,
- posuvné měřítko – metrolog. č. P 01 004 M,
- digitální teploměr a vlhkoměr Comet – metrolog. č. P 10 007 M.

Zkušební těleso [1]	Vývrt	Vazník (nosník)	Mód porušení	F_u [kN]	l [mm]	t [mm]	k_v [2]	f_v [3] [MPa]	$\ln(f_v)$
2	V1	N6	Lepidlo	1,78	58,8	25,3	0,89	1,20	0,18
3	V2	N5	Dřevo	4,67	58,6	24,8	0,89	3,21	1,17
4	V4	N2	Lepidlo	1,86	58,7	24,6	0,89	1,29	0,25
5	V5	N6	Dřevo	7,40	60,6	24,8	0,89	4,93	1,60
6	V6	N5	Lepidlo	4,95	58,6	24,7	0,89	3,42	1,23
7	V7	N2	Dřevo	6,47	59,6	24,7	0,89	4,39	1,48
Průměrná hodnota $m_y = (1/n)\cdot\Sigma(\ln f_{v,i})$								m_y	0,98
Směrodatná výběrová odchylka $s_y = [\ \Sigma(\ln f_{v,i} - m_y)^2 / (\ n - 1)\ ]^{0,5}$								s_y	0,62
Počet vzorků								n	6
Součinitel k_n dle tabulky D1 v ČSN EN 1990								k_n	2,18
Charakteristická hodnota $f_{v,g,k} = \exp(m_y - k_n \times s_y)$ [MPa]								$f_{v,g,k}$ [4]	**0,70**

Poznámky:
[1] Zkušební těleso číslo 1 nemělo lepenou spáru uprostřed kruhové plochy vývrtu;
[2] Dle výrazu (D.1) v EN 14080: $k_v = 0{,}78+0{,}0044\cdot t$;
[3] Pevnost ve smyku dle výrazu (D.1) v EN 14080: $f_v = k_v\cdot F_u/(t\cdot l)$;
[4] Nejsou splněny požadavky dle ČSN EN 14080.

Nejistota měření:
Rozšířená nejistota stanovení smykové pevnosti (jednotlivé hodnoty) je ± 0,05 MPa. Standardní nejistota odpovídá jedné směrodatné odchylce a byla stanovena jako kombinovaná nejistota pro jednotlivou hodnotu měření. Uvedená nejistota je rozšířená nejistota, která byla vypočtena s použitím koeficientu rozšíření k=2, což odpovídá hladině spolehlivosti přibližně 95%.

7 NÁVRH OPATŘENÍ

Vzhledem ke zjištěným skutečnostem navrhujeme bezodkladně provést následující nápravná opatření:

- staticky posoudit vazníky s ohledem na nově spočtenou smykovou pevnost ($f_{v,g,k}$);
- staticky posoudit sloupy s ohledem na oslabení průřezu vyříznutým otvorem;
- dotáhnout povolené matice závitových tyčí (svorníků) sloužících jako smykové zesílení vazníků.

Do doby, než budou všechna tato opatření provedena, nelze konstrukci považovat za dostatečně bezpečnou a spolehlivou.

8 ZÁVĚR

Expertní zpráva hodnotící stav dřevěné nosné konstrukce sportovní haly byla zpracována na základě objednávek ORID/24/670/JS a ORID/24/669/JS Městského úřadu Mariánské Lázně. Zpráva obsahuje nově stanovenou smykovou pevnost lepených spár mezi lamelami dřevěné nosné konstrukce sportovní haly, určenou na základě mechanických zkoušek provedených v laboratoři Kloknerova ústavu. Zpráva dále obsahuje zhodnocení technického stavu částí hlavní nosné konstrukce, tj. sloupů a vazníků.

Prohlížené konstrukční prvky nevykazují nadměrné deformace, nejeví známky přetížení či jiných poruch, které by zabraňovaly dalšímu užívání konstrukce. Na konstrukci však byly nalezeny závažné nedostatky a vady, konkrétně:

- experimentálně zjištěné výsledky smykové pevnosti lepených spár nesplňují požadavky uvedené v ČSN EN 14080, čl. 5.5.5.2.3, Tabulka 10, kdy každá jednotlivá hodnota z výsledků zkoušek musí být nejméně 4 MPa a jejich průměrná hodnota nejméně 6 MPa; nejsou také splněny požadavky na nejmenší procento porušení dřeva dle tohoto článku;
- charakteristická pevnost lepených spár ve smyku (0,7 MPa) o 80 % nesplňuje normativní požadavek 3,5 MPa, viz charakteristické vlastnosti pro třídy pevnosti lepeného lamelového dřeva v ČSN EN 14080, čl. 5.1.4.3, Tabulka 4;
- při odběru vzorků pro zkoušky smykových pevností lepených spár byly provedeny 3 neúspěšné pokusy, kdy došlo k delaminaci spáry během odběru, což také svědčí o nízké smykové pevnosti; navíc tyto výsledky nemohly být zahrnuty do statistického vyhodnocení charakteristické pevnosti, a proto uváděná charakteristická hodnota pevnosti lepené spáry ve smyku může být nadhodnocena;
- trhliny indikují částečnou delaminaci spár lepeného lamelového dřeva;
- dřevěná nosná konstrukce sloupů je oslabena dodatečně vyříznutými otvory pro topení;
- matice u závitových tyčí (svorníků) vyztužujících vazníky ve smyku jsou nedotažené.

Zda tyto závažné vady a nedostatky významně snižují spolehlivost nosné konstrukce a zda ji lze považovat za bezpečnou a provozuschopnou, vyplyne po realizaci navrhovaných opatření.

9 SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1: Grafický záznam výsledků smykových zkoušek.

Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků diagnostických prací prováděných v určitých oblastech, tj. zjištění z vizuálních prohlídek. Nelze vyloučit, že nebudou zjištěny další poruchy či vady diagnostikovaných prvků v nedostupných částech konstrukce, nebo dostupných prvků po jejich očištění. Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které byly nad rámec provedené diagnostiky nebo byly dodatečně zjištěny mimo rozsah provedených prací nebo mu v době zpracování zprávy nebyly známy nebo mu byly nepravdivě sděleny či mu byly zamlčeny.

PŘÍLOHA 1: Grafický záznam výsledků smykových zkoušek

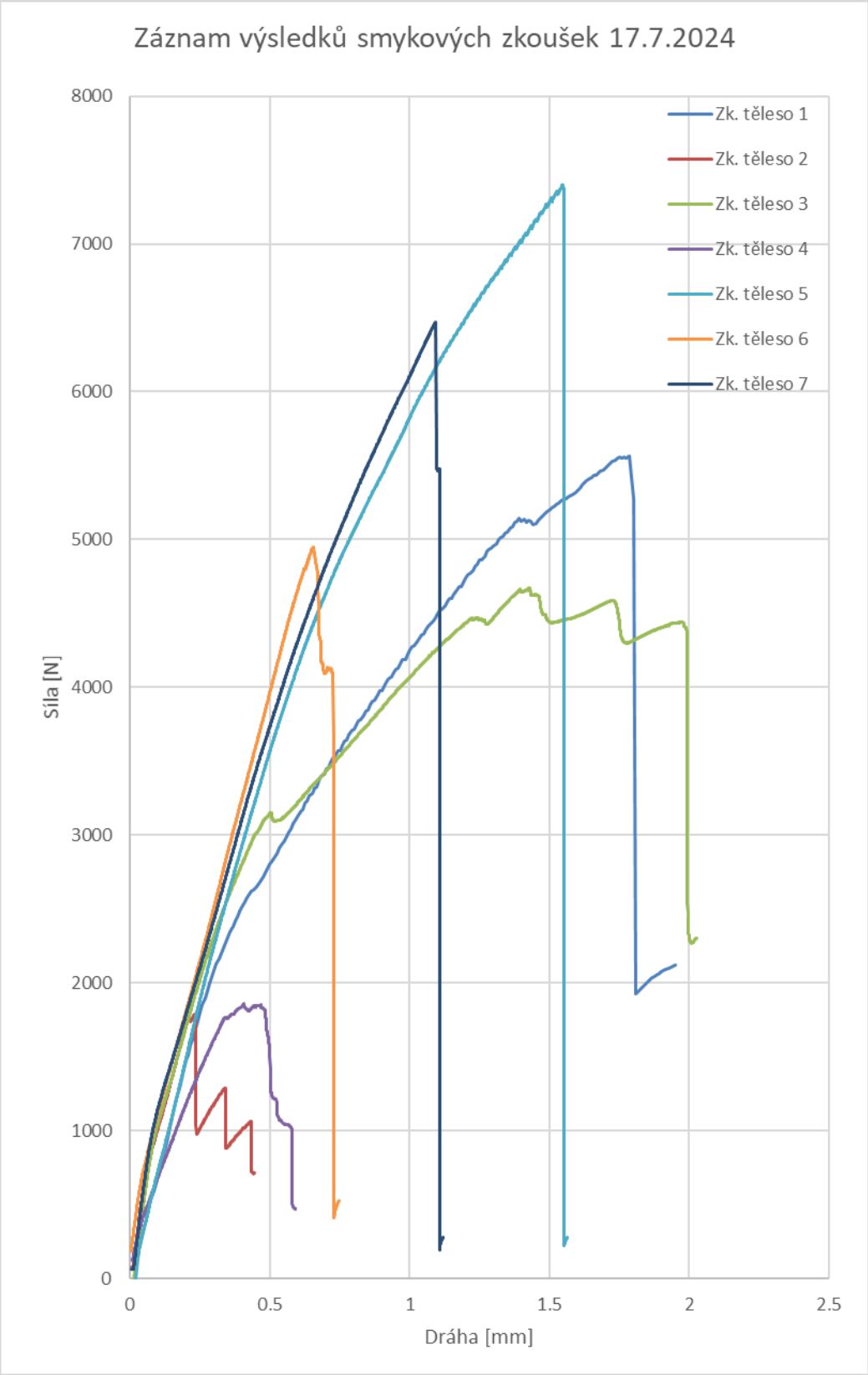


Diagram 1: Graf závislosti síly na dráze u provedených zkoušek pevnosti.