

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



Bakalářská práce

Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu

Toskánského paláce

Static assessment and design of remediation methods of the baroque  
wooden roof truss of the Tuscany Palace

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

Vedoucí práce: Ing. Aneta Libecajtová, Ph.D.

**Luboš Havlík**

Praha 2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Havlík	Jméno: Luboš	Osobní číslo: 468450
Zadávající katedra: Katedra konstrukcí pozemních staveb		
Studijní program: Stavební inženýrství (SI)		
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb (C)		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce	
Název bakalářské práce anglicky: Static assessment and design of remediation methods of the baroque wooden roof truss of the Tuscany Palace	
Pokyny pro vypracování: <ul style="list-style-type: none"><li>- zpracování stavebně technického průzkumu krovu včetně pořízení dokumentace stávajícího stavu a poruch,</li><li>- doměření krovu, zpracování schematické výkresové dokumentace,</li><li>- zakreslení stávajícího stavu (poruch) do půdorysů, příp. řezů,</li><li>- analýza možných příčin poruch,</li><li>- rešerše používaných sanačních metod řešených poruch,</li><li>- statické posouzení konstrukce krovu - rovinný / prostorový model,</li><li>- návrh řešení zjištěných poruch,</li><li>- vypracování schematické dokumentace navrhovaného stavu a úprav.</li></ul>	
Seznam doporučené literatury: Witzany, J. a kol. Poruchy, degradace, rekonstrukce – vysokoškolské skriptum. Nakladatelství ČVUT. Purné, D.; Čermák, F. Průzkumy a opravy stavebních konstrukcí. 1993. ARCH. Vinař, J.; Kufner, V. Historické krovy. Konstrukce a statika. 2004. Grada. Vinař, J. Historické krovy - typologie, průzkum, opravy. 2010. Grada.	
Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Aneta Libecajtová, Ph.D.	
Datum zadání bakalářské práce: 08.02.2021	Termín odevzdání bakalářské práce: 16.05.2021 <small>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</small>
Podpis vedoucího práce	Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutně uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci na téma „Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce“ vypracoval samostatně, za odborného vedení vedoucí práce Ing. Anety Libecajtové, Ph.D., a že jsem uvedl všechny použité zdroje v seznamu použité literatury v souladu s metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne .....

.....

Luboš Havlík

## Poděkování

Rád bych, první řadě chtěl poděkovat mé vedoucí práce Ing. Anetě Libecajtové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady, připomínky a poznatky, věnovaný čas a pomoc při vypracování této bakalářské práce. Poděkování patří rovněž paní Ivaně Loušové a Ing. Zuzaně Rácové, Ph.D. za umožnění provedení potřebných laboratorních zkoušek, jejich spolupráci a asistenci při jednotlivých měření. Dále bych chtěl poděkovat firmě DigiTry Art Technologies s.r.o. za poskytnutí historické dokumentace objektu. Děkuji také Ministerstvu zahraničních věcí ČR a správci budovy za umožnění přístupu do objektu. V neposlední řadě děkuji své rodině za jejich podporu a pomoc během celého mého studia.

# Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je vypracování statického posouzení konstrukce krovu barokního objektu Toskánského paláce na Hradčanském náměstí v Praze a návrh vhodných sanačních metod.

Tvorbě statického modelu předcházely stavebně technický průzkum objektu zaměřený na konstrukce krovu a zakreslení stávajícího stavu krovu včetně zjištěných vad a poruch. Poruchy byly analyzovány a byla vylíčována místa pro odběr vzorků a následný laboratorní průzkum.

Na základě historické dokumentace a dílčího doměření na místě byl vytvořen prostorový model krovu v programu Dlubal. Konstrukce byla posouzena a byly vybrány dílčí části, která byly namodelovány v rovině a zatíženy odpovídajícím zatížením. Výsledky z prostorového a rovinného modelu byly mezi sebou porovnány a byla zhodnocena vhodnost použití 3D a 2D modelu.

Na základě výsledků z výpočetního programu, provedeného vizuálního a laboratorního průzkumu byly navrženy vhodné sanační metody, které byly popsány a zakresleny do výkresové dokumentace.

## Klíčová slova

- Památkově chráněná budova
- Stavebně-technický průzkum
- Krov
- Vlhkost
- Dřevokazné houby a plísně
- Výpočetní modely
- Posouzení
- Sanace

# Abstract

This bachelor thesis deals with a static assessment of the roof truss structure of a Baroque building of the Tuscany Palace on Hradcany Square in Prague.

The creation of a static model preceded a structural and technical survey of the building focused on the roof truss structure and the drawing of the current state of the roof truss, including the implementation of defects and failures. The defects and failures were analyzed and material samples were taken and laboratory tested.

Based on historical documentation and partial on-site measurement, a 3D model of roof truss was created in the Dlubal Software. The structure was analyzed and assessed and partial sections were chosen for 2D modelling. The results from 3D and 2D models were mutually compared and the obtained outcomes and the use of model were discussed.

Based on the results from the computational software, visual and laboratory survey, the remediation methods were designed, described and drawn in the documentation.

## Key words

- A listed building
- Construction-technical survey
- Truss
- Moisture
- Wood-destroying fungi and molds
- Computation models
- Assessment
- Remediation

# Obsah

Úvod .....	11
1. Popis objektu.....	12
1.1. Umístění objektu.....	12
1.2. Stručný popis objektu.....	13
1.3. Historie objektu.....	13
2. Stavebně technický průzkum .....	16
2.1. Ostatní konstrukce .....	16
2.1.1. Základy .....	16
2.1.2. Svislé nosné konstrukce .....	16
2.1.3. Schodiště .....	19
2.1.4. Vodorovné nosné konstrukce .....	20
2.1.5. Výplně otvorů.....	21
2.1.6. Architektonické prvky.....	22
2.2. Střešní konstrukce.....	22
2.2.1. Ležaté stolice užívané v baroku.....	22
2.2.2. Barokní krov .....	24
2.2.3. Prvorepublikový krov .....	31
2.2.4. Krov věží .....	33
3. Popis stávajícího stavu a analýza poruch .....	35
3.1. Krov .....	35
3.1.1. Jihovýchodní část .....	35
3.1.2. Severovýchodní část.....	38
3.1.3. Severozápadní část.....	39
3.1.4. Jihozápadní část .....	42
3.2. Dřevokazní činitelé.....	45
4. Laboratorní zkoušky dřeva .....	46
4.1. Vlhkost.....	46

4.1.1.	Výpočet vlhkosti .....	47
4.1.2.	Vyhodnocení.....	47
4.2.	Biotičtí činitelé.....	48
4.2.1.	Dřevokazný hmyz .....	48
4.2.2.	Plísně .....	49
4.2.3.	Dřevokazné houby.....	51
5.	Statické posouzení krovu .....	54
5.1.	Stanovení zatížení .....	54
5.1.1.	Vlastní tíha.....	54
5.1.2.	Stálé zatížení.....	54
5.1.3.	Užitné zatížení .....	54
5.1.4.	Klimatické zatížení.....	55
5.1.4.1.	Zatížení sněhem .....	55
5.1.4.2.	Zatížení větrem.....	55
5.2.	Prostorový model – 3D.....	56
5.2.1.	Barokní krov .....	57
5.2.1.1.	Zatěžovací stavy .....	58
5.2.2.	Prvorepublikový krov .....	60
5.2.2.1.	Zatěžovací stavy .....	62
5.3.	Rovinný model – 2D .....	63
5.3.1.	Barokní krov .....	63
5.3.1.1.	Zatěžovací stavy .....	63
5.3.1.2.	Srovnání modelů .....	64
5.3.1.3.	Zhodnocení.....	65
5.3.2.	Prvorepublikový krov .....	66
5.3.2.1.	Zatěžovací stavy .....	67
5.3.2.2.	Srovnání modelů .....	67
5.4.	Statické posouzení.....	70



5.4.1.	Materiálové charakteristiky .....	71
5.4.2.	Barokní krov .....	71
5.4.2.1.	Krokev.....	71
5.4.2.2.	Vazný trám .....	75
5.4.2.3.	Vaznice, sloupky, pásky, vzpěry, rozpěry, námětky .....	77
5.4.2.4.	Shrnutí.....	77
5.4.3.	Prvorepublikový krov .....	78
5.4.3.1.	Krokev.....	78
5.4.3.2.	Vazný trám .....	81
5.4.3.3.	Vaznice, sloupky, pásky, vzpěry.....	83
5.4.3.4.	Shrnutí .....	83
6.	Ochrana a metody oprav a sanací dřevěných prvků.....	84
6.1.	Ochrana dřeva .....	84
6.2.	Protipožární opatření .....	84
6.3.	Biologické napadení a opatření.....	85
6.3.1.	Technologie sanace .....	86
6.3.1.1.	Horkovzdušná sanace.....	86
6.3.1.2.	Mikrovlnná sanace .....	87
6.4.	Metody oprav a sanace dřevěných prvků.....	88
6.4.1.	Protézování.....	88
6.4.1.1.	Tradiční tesařské metody protézování.....	88
6.4.1.2.	Kovové protézování.....	89
6.4.1.3.	Speciální metody protézování .....	89
6.4.2.	Zesilování nevyhovujících prvků.....	91
6.4.2.1.	Podepření prvků .....	91
6.4.2.2.	Vložení dalších prvků.....	91
6.4.2.3.	Příložky .....	91
6.4.2.4.	Nový prvek.....	92

7.	Návrh sanačních opatření .....	93
7.1.	Sanace krovu .....	93
7.1.1.	Postup sanace .....	95
7.2.	Sanace nevyhovujících prvků prvorepublikového krovu.....	97
8.	Závěr.....	99
9.	Seznam literatury .....	101
9.1.	Seznam obrázků, tabulek .....	101
9.2.	Seznam tabulek .....	105
9.3.	Seznam použité literatury .....	106
9.4.	Seznam použitých norem .....	108
9.4.	Seznam příloh, výkresů .....	109

## Úvod

V posledních několika letech je o obnovu památek stále větší zájem a postupně dochází k jejich obnově, přistupuje se k nim s mnohem větší pokorou, aby bylo naše kulturní dědictví zachováno i pro další generace [1]. Konkrétně dřevo má ve stavebnictví dlouhodobou tradici. S vývojem společnosti se postupně zdokonalovala technologie opracování, povrchové úpravy a spoje. Dlouhodobým rozvojem rovněž prošly systémy zastřešení, kde postupem času došlo k optimalizaci průřezů s mnohem lepším využitím vlastností dřeva [16]. Největší motivací pro vybrání tohoto tématu pro mě bylo to, že jsem od malička obdivoval stavitele a stavby pocházející z dřívějších let a žasl jsem nad jejich tehdejšími dovednostmi. Rovněž možnost prohloubit znalosti o chování a působení historických konstrukčních systémů.

Toskánský palác je rozsáhlá stavba postavená v barokním slohu. Budova patří do takzvané Pražské památkové rezervace, jež je největší městská památková rezervace v Česku. V současné době je budova využívána Ministerstvem zahraničních věcí České republiky.

Ve své práci se zabývám statickým posouzením krovu Toskánského paláce a návrhem sanací zjištěných poruch. Abych toho mohl docílit, bude nejprve zpracován stavebně technický průzkum objektu se zaměřením na konstrukci krovu. Cílem průzkumu je ověření geometrie konstrukce krovu, popsání stávajícího stavu a detekce vad a poruch.

Na základě stavebně technického průzkumu a doměření konstrukcí bude zpracována výkresová dokumentace včetně zakreslení vad a poruch a bude vytvořen model konstrukce ve výpočetním programu Dlubal.

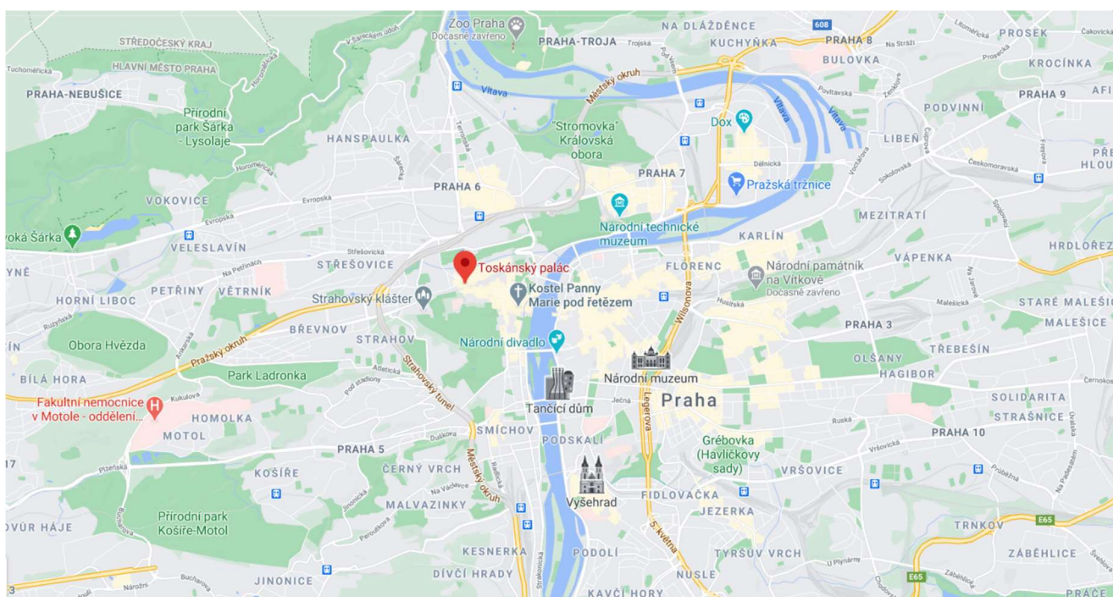
Cílem mojí práce je na základě stavebně technického průzkumu a statického posouzení konstrukce krovu návrh vhodných sanačních opatření zjištěných vad a poruch k prodloužení životnosti a bezproblémové funkce konstrukce, potažmo celé stavby. Práce bude doplněna o rozsáhlou fotodokumentaci.

Popis objektu

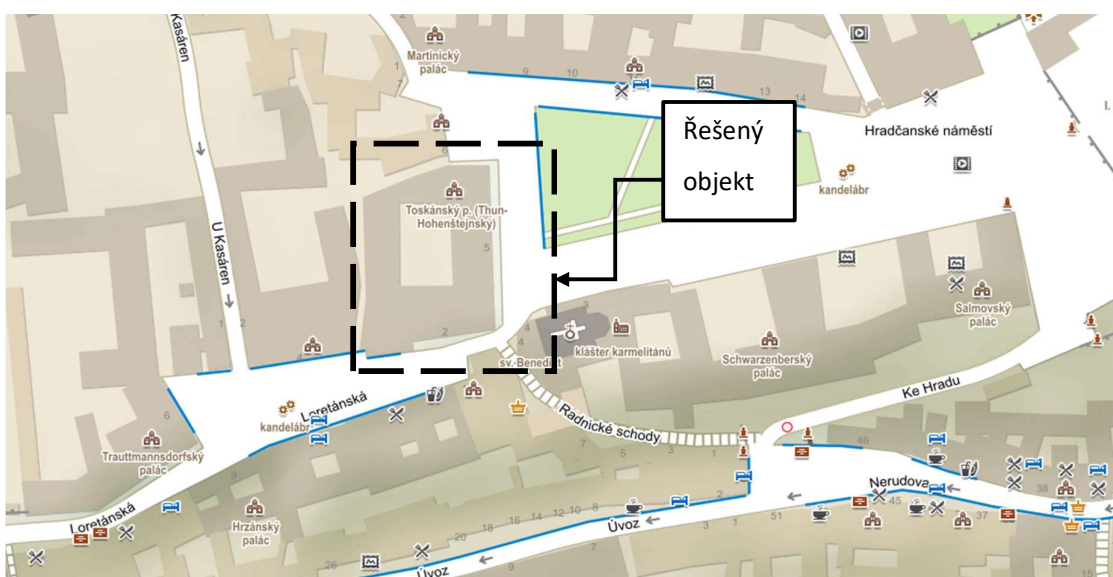
# 1. Popis objektu

## 1.1. Umístění objektu

Toskánský palác leží na území hlavního města Prahy (Obr. 1) v historickém jádru. Řešený objekt je umístěn na pozemku č. 128 o výměře 3031 m<sup>2</sup>. Palác je situován na západní straně Hradčanského náměstí (Obr. 2) v městské části Praha 1 na Hradčanech. Objekt se nachází v blízkosti Pražského hradu a jeho okolí můžeme najít další renesanční a barokní paláce - například Schwarzenberský palác, Martinský palác, Arcibiskupský palác.



Obr. 1: Poloha [17]



Obr. 2: Poloha - detail [17]

## 1.2. Stručný popis objektu

Toskánský palác, někdy též zvaný Thun-Hohenštejnský palác, je mohutná barokní stavba palácového typu postavena koncem 17. století. Jedná se o čtyřkřídlý objekt s ústředním obdélným dvorem, mající tři nadzemní podlaží, mezipatro, podkroví a dvě podzemní podlaží, které jsou pouze pod částí budovy. Součástí stavby jsou také tři věže, dvě jsou umístěny ve východní části objektu a třetí pak v části západní. Půdorys budovy je uspořádán do lichoběžníkového tvaru.

Svislé nosné konstrukce objektu jsou zděné a vodorovné konstrukce tvoří klenby společně s trámovými stropy.

Při pohledu na fasádu jsou patrné patrové římsy a korunní římsa s konsolami. Za nejvíce zdobnou a reprezentativní lze označit fasádu východní (*Obr. 3*), která obsahuje dvě věže prostupující střechou, pavilonové belvedery, které jsou vzájemně propojené s nadstavbou balustrádou se sochami. V přízemí věží jsou vjezdy, jejichž strany jsou lemovány dvojicí iónských sloupů nesoucí balkon druhého nadzemního podlaží. Okna třetího nadzemního podlaží mají menší velikost s obíhající šambránou. Na fasádě dominují ozdobné erby.

Krov paláce má členitý půdorys se šesti nárožími a nestejnými výškami podlahami. Převládají sedlové střechy, které jsou v rozích následně propojeny, krytina je prejzová. Věže převyšující o jedno až dvě podlaží zbytek budovy jsou opatřeny plechovou krytinou.



*Obr. 3: Pohled na východní fasádu*

## 1.3. Historie objektu

Na místě dnešního Toskánského paláce stála již v minulosti zástavba několika měšťanských domů, jejichž existenci lze doložit již od poloviny 14. století. Od poloviny 17. století byl vlastníkem zástavby hrabě Lobkowitz, od něhož byla v roce 1685 odkoupena hrabětem Michaelem Oswaldem Thunem.

Popis objektu

---

Hrabě Thun patřil mezi nevlivnější osoby své doby, působil jako tajný rada, místodržící a přisedící zemského soudu v Čechách, jeho nově budované šlechtické sídlo tak muselo splňovat kritéria k jeho reprezentaci [2]. Dokončení stavby se hrabě nedožil.

Stavba probíhala podle projektu francouzského architekta a malíře Jean Baptiste Mathey. Jednalo se o čtyři třípodlažní křídla seskupených kolem uzavřeného nádvoří. Nejsložitěji členěný a nejvíce zdobný byl exteriér hlavního vstupního průčelí. Uvnitř se nacházelo předsálí s krbem a následováno hlavním sálem, který však jako jediný za života hraběte Thuna nebyl dokončen. Fasáda paláce byla zdobena kamennými reliéfy zobrazující erby rodu Thunů-Hohenštejnů. Na výstavbě paláce s J. B. Matheyem spolupracoval též italský architekt G. A. Canevalle. Ten se zasloužil především o výstavbu dvou pavilonů (*Obr. 4. c*) zakomponovaných do hlavního průčelí, které vystupují nad střechou a jsou spojeny střešní terasou. Zejména tento architektonický prvek dodává paláci ráz italského reprezentačního sídla. Na atiku paláce byly umístěny plastiky zobrazující alegorii Sedmi svobodných umění (*Obr. 4: a);b*), jejichž autorem byl sochař žijící v Čechách Jan Brokoff. Zahájení stavby však oddalovaly neshody se sousedem Thunů, hrabětem Martinicem. Jeho protesty a námítky musel nakonec řešit císař Leopold I., který v roce 1690 vydal konečný verdikt a stavbu povolil. [2]

K další stavební činnosti dochází po roce 1718, kdy palác odkupuje hraběnka Anna Marie Františka Toskánská, která posléze stavbu dokončila. Odtud také pochází nynější jméno tohoto paláce. Za jejího působení byl dostavěn hlavní reprezentativní sál, v němž jsou dominantní nástěnné malby s páskovým dekorem a medailony s bustami. Stavební úpravy byly provedeny podle návrhů českého architekta Václava Špačka. Ke změnám došlo též na fasádě, kde zde původní erby byly nahrazeny erby Sasko-Lauenburskými (*Obr. 4: d*). Právě z tohoto rodu byl hraběncin původ [2]. V nároží s Loretánskou barokní plastikou archanděla Michaela s andílkou a s okřídlenými hlavičkami (*Obr. 4:e*).

Po smrti hraběnky v roce v roce 1741 Toskánský palác chátrá a z původně reprezentativního sídla se stává administrativní budova sloužící ke správě toskánského majetku. Z tohoto nového určení vplynula i řada stavebních zásahů, které byly v rozporu s původními dispozicemi [3]. Za vlády císaře Ferdinanda V. Dobrotivého, který vládl v letech 1835 až 1848 palác získal rod Habsburků, kteří jej vlastnili až do vzniku samostatného Československa v říjnu 1918. Od vzniku republiky v prostorách paláce již tradičně sídlí ministerstvo zahraničních věcí [2].

V průběhu 20. století došlo ke dvěma výraznějším stavebním úpravám paláce. V letech 1941 až 1943 byla provedena rekonstrukce původního barokního sálu, který byl v 19. století přestavěn na kanceláře. K další revitalizaci a citlivým úpravám včetně restaurátorských prací došlo v letech 1994 až 1998 pod vedením architekta Kupky, tak aby budova odpovídala potřebám Ministerstva zahraničních

Popis objektu

věcí a své původní podobě jakožto paláce [2]. Tato rekonstrukce byla oceněna Grand Prix Obce architektů v kategorii Rekonstrukce [3].



Obr. 4: Historické ozdobné prvky - a) alegorie Sedmi svobodných umění; b) socha Astrolog (alegorie Sedmi svobodných umění); c) přízemí věže s iónskými sloupy; d) Sasko-lauenburský erb; e) socha sv. Michala

## 2. Stavebně technický průzkum

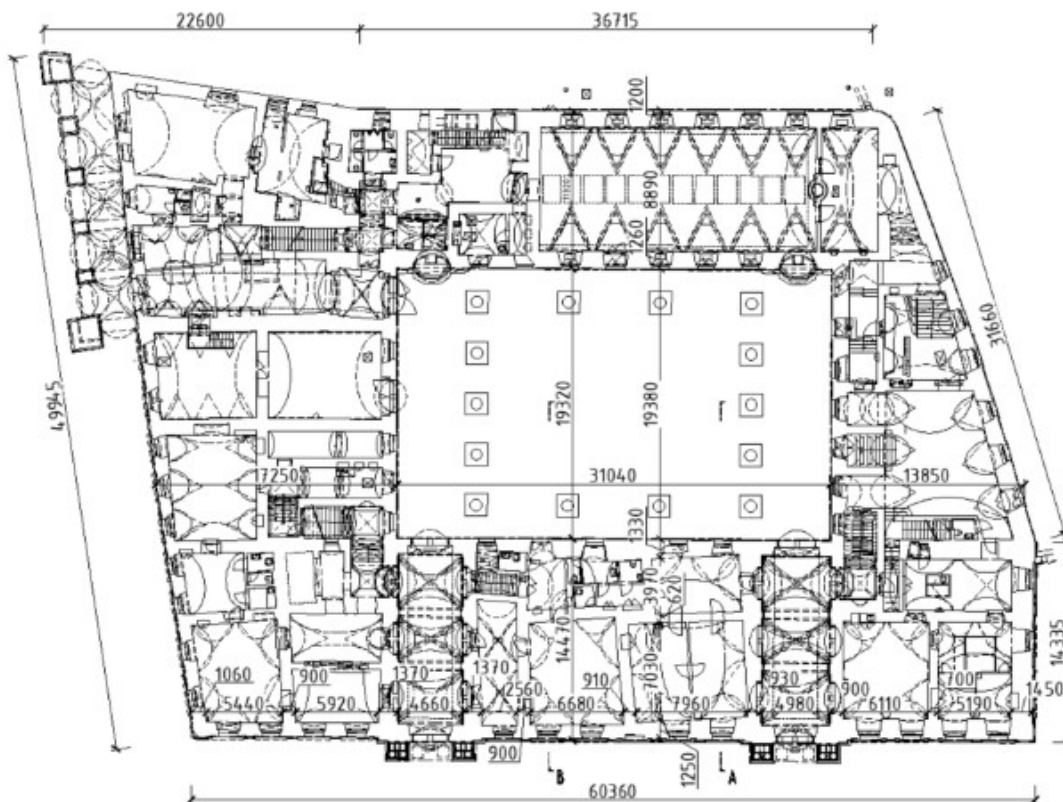
### 2.1. Ostatní konstrukce

#### 2.1.1. Základy

Založení základových pasů se předpokládá z lomového kamene v nezámrné hloubce. Úroveň základové spáry podsklepené částí budovy se nachází v hloubce více jak osm metrů pro druhé podzemní podlaží a více jak čtyř metrů pro první podzemní podlaží, měřeno od úrovně prvního nadzemního podlaží. Vzhledem k mohutné tloušťce stěn předpokládám, že šířka základových pasů je totožná se stěnou.

#### 2.1.2. Svislé nosné konstrukce

Svislé nosné konstrukce jsou převážně zděné, tloušťky jednotlivých vnitřních nosných stěn se pohybují od 300 mm až po 900 mm (Obr. 5). Obvodové stěny dosahují do tloušťky až 1450 mm (Obr. 7). V horní části budovy, v okolí věží se vyskytují prvky hrázděných konstrukcí, které jsou součástí jak obvodových, a tak vnitřních stěn (Obr. 8).



Obr. 5: Půdorys 1. NP



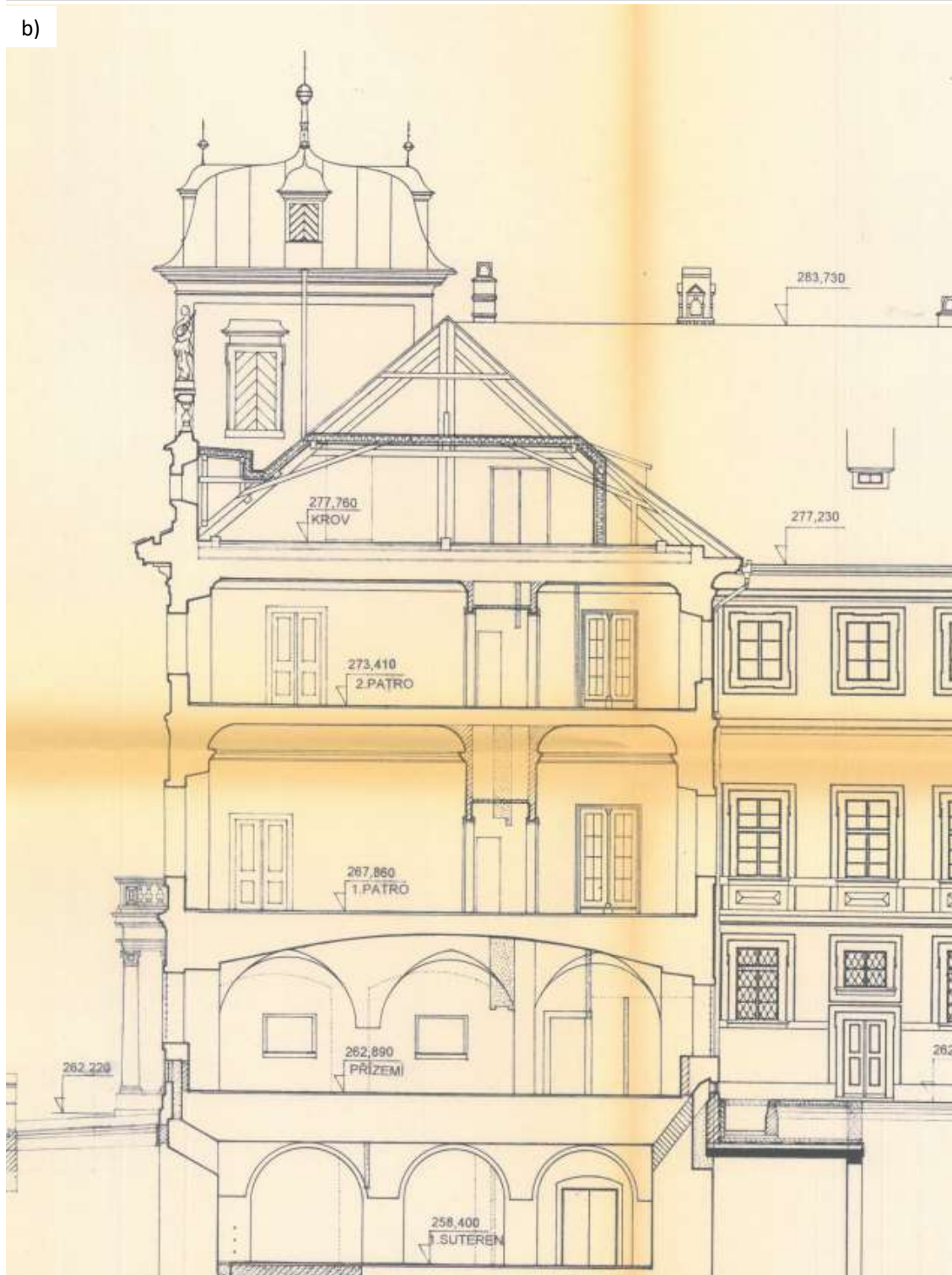
Stavebně technický průzkum

a)



Stavebně technický průzkum

b)



Obr. 6: Řez budovou – a) Řez A - současná dokumentace; b) Řez B - historická dokumentace

Stavebně technický průzkum



Obr. 7 Detail tloušťky zdi v průjezdu



Obr. 8 Hrážděná konstrukce

### 2.1.3. Schodiště

K propojení jednotlivých podlaží slouží více jak 10 schodišť, kde v první podlaží jsou téměř jen jednoramenná schodiště. Od druhého nadzemního podlaží tento typ doplňují dvouramenná, tříramenná, vřetenová a smíšenočará schodiště. Jako materiál ke stavbě schodišť bylo použito dřevo a kámen (pravděpodobně pískovcové bloky) (Obr. 9). Dřevěná schodiště se vyskytují v půdních prostorách a věžích. Ve zbytku paláce je použit již zmiňovaný kámen, vřetenová schodiště jsou ocelová.

V období renesance a baroka se schodiště stávají významným architektonickým prvkem stavby. Velký pokrok přineslo rozšíření kleneb ve schodišťových konstrukcích, umožňující překlenout větší rozpětí, než umožňovaly samotné kamenné stupně [5]. Výše zmiňovaná schodiště jsou pro dobu výstavby typická, jen ocelová vřetenová schodiště vybočují.

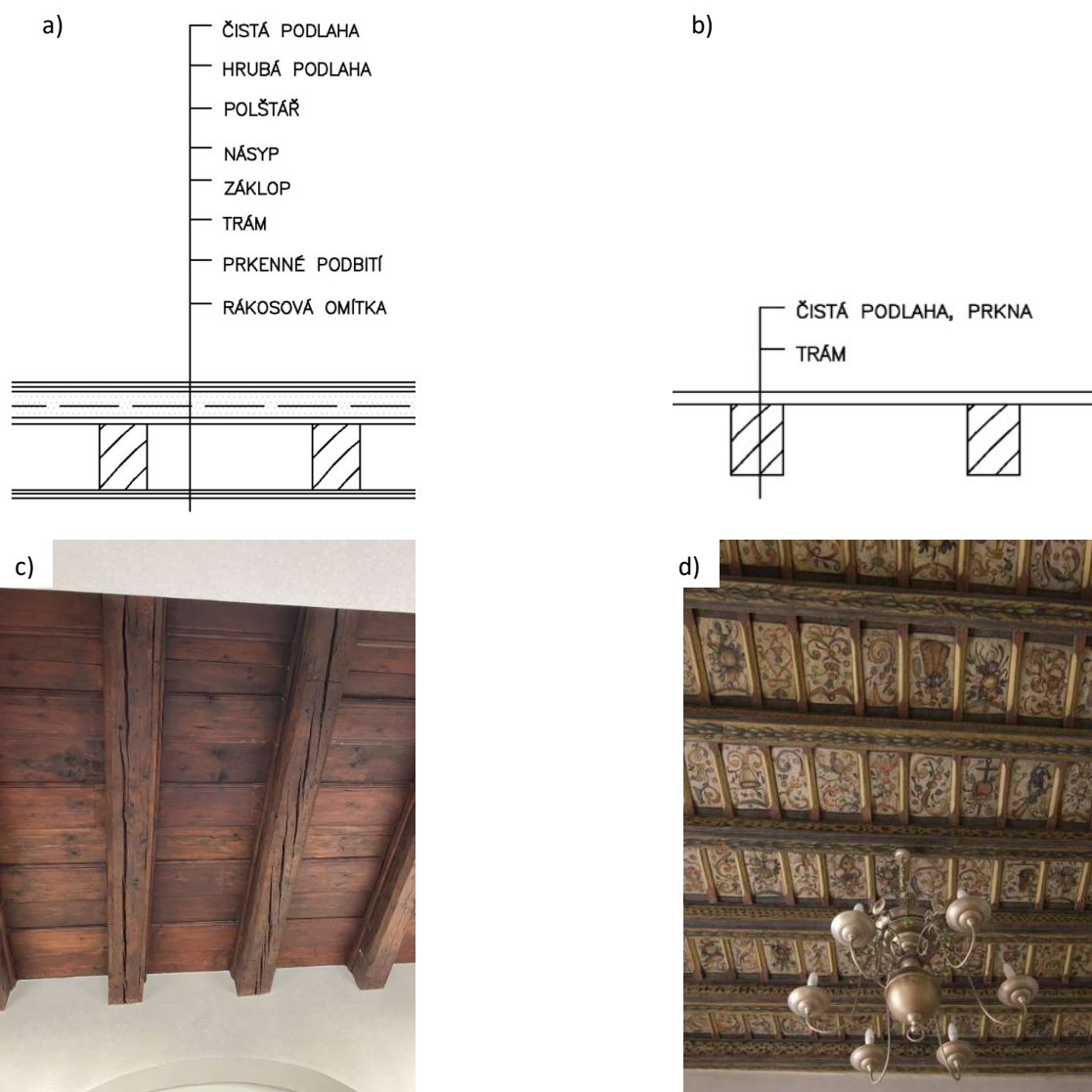


Obr. 9: a) dřevěné schodiště; b) kamenné schodiště



#### 2.1.4. Vodorovné nosné konstrukce

V objektu jsou vodorovné nosné konstrukce řešeny několika způsoby. Zastropení prvního nadzemního podlaží je řešeno pomocí kleneb valených, zrcadlových, křížových a dalších s obtížně definovaným geometrickým tvarem charakteristickým pro období baroka. Vzhledem k historickému původu se domnívám, že stropní konstrukce nad ostatními podlažími jsou tvořeny dřevěnými trámovými stopy v různých variantách (Obr. 10). Objevuje se řešení stropu pomocí falešných zrcadlových kleneb. V hojném počtu jsou zastoupeny dřevěné trámové stropy s rákosovou omítkou s násypem a vícero typy čisté podlahy, dále se v objektu vyskytují jednoduché trámové stopy, trámový strop s překládaným záklopem a další.

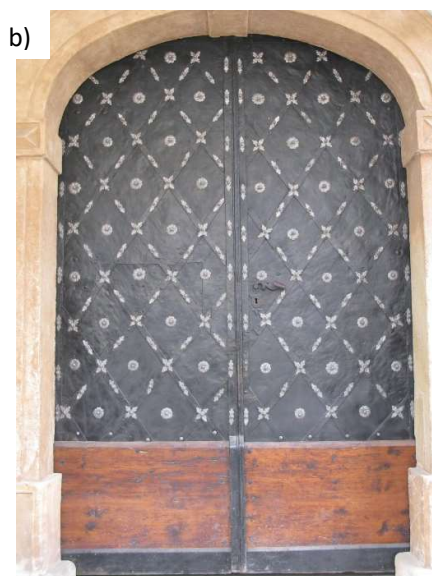


Obr. 10: Dřevěné trámové stropy – a) trámový strop s rákosovou omítkou, záklopem a násypem; b) jednoduchý trámový strop; c) trámový strop s překládaným záklopem; d) malovaný trámový strop

Stavebně technický průzkum

2.1.5. Výplně otvorů

Hlavní vstup do paláce je řešen dvěma průjezdy, které obsahují z uliční strany dvoukřídlá dřevěná vrata, ve kterých jsou umístěny dveře (Obr. 11: a)). Ze strany nádvoří je otvor průjezdu opatřen dvoukřídlími ocelovými vraty mřížového typu. Další vstupní dveře (vrata) byli vyrobeny buď ze dřevěného nebo ocelového materiálu (Obr. 11: b)). Téměř veškeré interiérové dveře jsou dřevěné, osazené v obložkových zárubních (Obr. 11: c)). V půdní vestavbě, dodělané v pozdějších letech, jsou dveře osazené v zárubních ocelových. Okenní otvory v hojném počtu tvoří dřevěná špaletová okna, v přízemí doplněny o ocelovou mříž (Obr. 11: d)). Dalším typem jsou klasická dřevěná okna.



Obr. 11: Výplně otvorů: a) vrata z Hradčanského náměstí; b) vstup z Loretánské ulice; c) interiérové dveře; d) okno 1. NP

### 2.1.6. Architektonické prvky

Vzhledem ke svému dřívějšímu postavení a původu lze na fasádách a uvnitř budovy spatřit velké množství architektonických prvků. Nad vstupním portálem je zdobně vytvořen nápis s letopočtem. V úrovni mezi druhým a třetím nadzemním podlažím vyčnívají honosné erby původních majitelů. Na všech stranách paláce probíhá kordová a hlavní římsa (Obr. 12). Okolo oken je použita šambrána, v prvním a druhém podlaží podokenní římsa pod okny. V interiéru jsou bohatě zdobené stěny a stropy, ať se už se jedná o štukovou výzdobu nebo výmalbu (Obr. 13).



Obr. 12: Boční (severní) fasáda



Obr. 13: Interiérová výzdoba-erb

## 2.2. Střešní konstrukce

Konstrukce střechy Toskánského paláce má členitý půdorys se šesti nárožními (Obr. 14), nestejnými výškami podlah a je dělena třemi věžemi, které vlastní krov o jedno až dvě podlaží převyšují. Věže mají uzpůsobené jednotlivé prvky krovy podle tvaru střechy věže. Jako střešní krytina jednotlivých křídel paláce slouží prejzové tašky, věže chrání proti vnějším povětrnostním vlivům plech. Sklon střech se pohybuje od 30° na námětcích až po 50° na krokvích v závislosti na křídle. V konstrukci se uplatňuje jak princip vzpěradla, tak i věšadla. Veškeré dřevěné prvky jsou opatřeny protipožárním nátěrem.

### 2.2.1. Ležaté stolice užívané v baroku

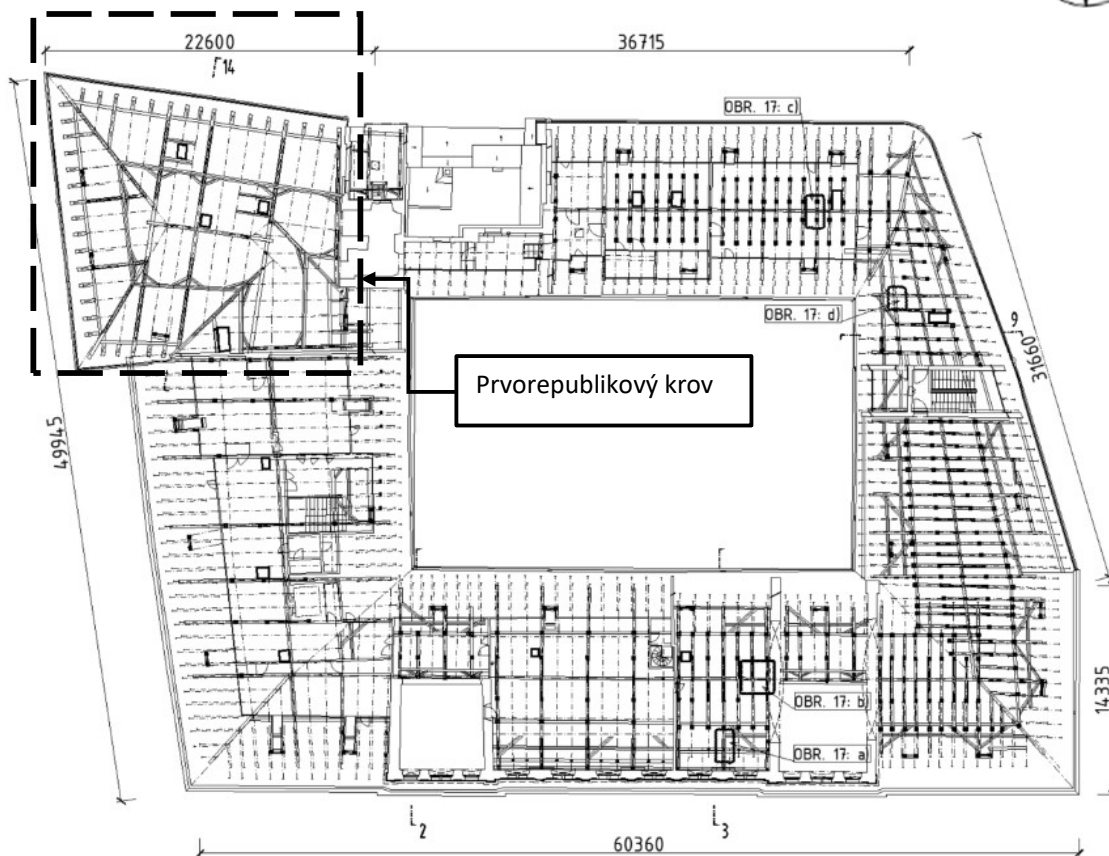
Ležatá stolice hojně používaná v období baroka působí jako poměrně tuhý rám, který přebírá zatížení od vaznic a horních částí krovy, rovněž zachycuje vodorovnou sílu a přenáší svislé zatížení do vazného trámu, respektive jeho uložení. Ležatá stolice jsou vzpěradla, která podírají nejvíce zatížené vaznice krovy, obvykle tyto vaznice jsou nazývány středními. Kromě namáhání tlakem je ležatá stolice

Stavebně technický průzkum

namáhána rovněž ohybem, spolehlivá funkce této konstrukce je zajištěna použitím masivních profilů, ztužením rohů a vyvěšením spojů. Užití ležatých stolic umožňovalo snížit výšku krovu a zároveň vylehčit jeho konstrukci. U starších typů byly jednotlivé prvky pospojovány a byly součástí prostorové konstrukce, u klasických typů tvoří prostorovou konstrukci ležaté stolice a vaznic s podélným zavětrováním, krokve s hambalky jsou na ně položeny. [4]

Jako konstrukční materiál se obvykle volilo měkké dřevo, z tvrdého dubového dřeva se dělaly zajišťující kolíky namáhané na otlacení, sloupky věšadel namáhané tahem, soustředným tlakem a smykem. Podle způsobu namáhání jsou u ležatých stolic odlišeny spoje prvků. Pro správnou funkci je důležité u ležaté stolice převod sil do uložení krovu. [4]

Ztužení v podélném směru zajišťují střední vaznice společně s vaznicemi mezilehlými a s ondřejskými kříži nebo diagonálami. V horních patrech nad ležatou stolicí se používali různé typy konstrukcí, například hambalková prostá, hambalková s podepřením, různé typy vzpěr a další. U těchto typů krovů jsou běžná věšadla různých konstrukcí. Krov s ležatými stolicemi byly velmi často spojovány s konstrukcí stropu. [4]



Obr. 14: Půdorys krovu

### 2.2.2. Barokní krov

Barokní krov je tvořen dvoupatrovým hambalkovým krovem s ležatou stolicí s věšadlem. Krov je rozlišen na vazby plné a vazby jalové (*Obr. 16*). Vzdálenost plných vazeb v barokní části krovu je proměnná v závislosti na tom, v jakém křídle se nachází, nejčastěji 3600 milimetrů. Složení jednotlivých vazeb je odlišné dle křídla paláce, nicméně mají téměř totožné složení (*Obr. 15*). Veškeré dřevěné prvky jsou pospojovány tesařskými spoji doplněnými o dubové kolíky a kramle.

Pozednice je uložena přímo v koruně zdiva, ve kterém je zazděna. Tento typ úpravy odpovídá době výstavby budovy, potažmo krovu, ale zvyšuje vlhkost dřevěných prvků a neodpovídá současným znalostem a předpisům o konstrukční ochraně dřeva [5].

Hlavním nosným prvkem je vazný trám (200x280 mm), do něhož jsou začepovány svislé a šikmé prvky krovu. Vazné trámy se vyskytují v každé vazbě.

Tyto trámy tvoří podporu krokvím (140x150 mm, 160x170 mm, 160x180 mm, 170x170 mm, 170x180 mm, 180x180 mm, 180x200 mm), které jsou s nimi spojeny pomocí šikmých čepů. Osová vzdálenost krokví je 800 až 1000 mm. Soustava je doplněna šikmými prvky, takzvanými námětky (140x150 mm, 150x160 mm, 140x160 mm), která jsou ke krokvím lípnutá a v dolní části osedlána na pozednice, jež jsou pravděpodobně uloženy na vazné trámy.

Jako další podpora pro krokve slouží středové, mezilehlé a okapové vaznice (140x140 mm, 140x180 mm, 160x160 mm, 160x190 mm, 180x180 mm), které rovněž pomáhají ke zvýšení tuhosti v podélném směru. Ztužení v tomto směru je dále zajištěno podélným roznášecím trámem (*Obr. 17: c*), do kterého jsou začepovány krátké pásky (150x160 mm, 150x200 mm) podpírající svislé středové sloupky, ale hlavně diagonálami (160x160 mm, 180x180 mm) probíhající v rovině střechy mezi plnými vazbami.

Svislé sloupky (2x150x200 mm, 2x160x220 mm, 2x170x220 mm) (*Obr. 11: b*) probíhající od vazného trámu po hřeben, plní funkci věšadla, kdy pomáhají s vynesením krovu a jsou namáhány tahem.

Skrze tyto sloupky vedou ve dvou úrovních hambalky (130x140 mm, 140x150, 160x170 mm, 140x200 mm, 160x160 mm, 160x170 mm, 170x180 mm, 180x180 mm, 170x240 mm). Hambalky jsou s krokviemi spojeny v krátkými čepem s kolíkem.

Šikmé sloupky (*Obr. 17: a*) (160x290 mm, 180x290 mm, 170x300 mm, 170x320 mm, 190x290) společně s hambalkem plní funkci vzpěradla, kdy přenášejí zatížení do vazných trámů v blízkosti jeho podpor, čímž dochází k výraznému zmenšení ohybových momentů, kterými by vazné trámy byly zatěžovány v případě ukotvení sloupků ve větších vzdálenostech od stěn (podpor).

Ke ztužení krovu v směru příčném slouží soustava vzpěr (140x150 mm, 140x180 mm, 150x150 mm, 150x180 mm, 170x210 mm, 150x180 mm, 160x170 mm, 160x200 mm, 170x170 mm, 180x180), působících

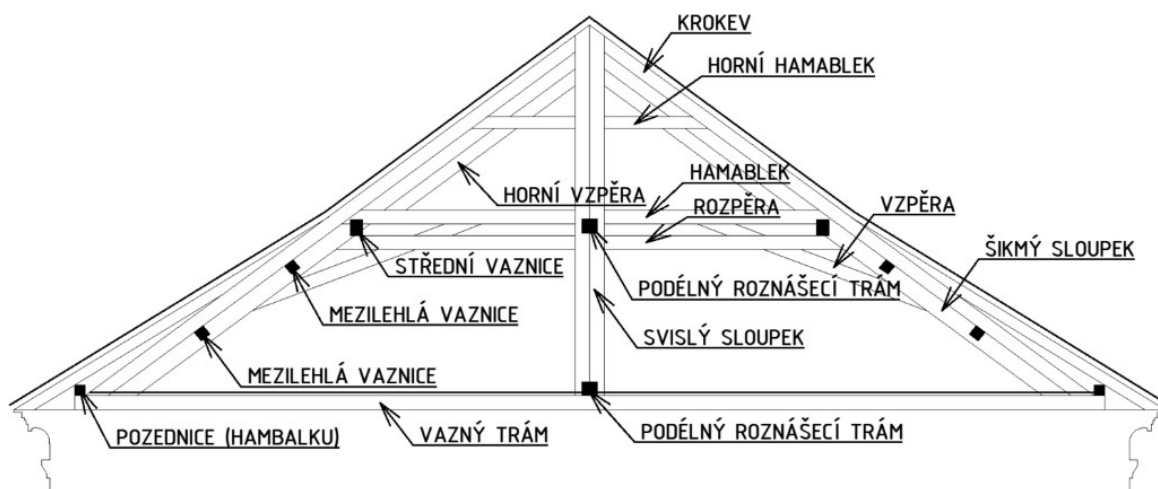


Stavebně technický průzkum

ve dvou úrovních. Dolní slouží jako „pásky“ (Obr. 17: d)) pro ztužení ležaté stolice a vytvoření tuhého rámového rohu, kdežto horní podpírají sloupky a přenáší zatížení do hambalků.

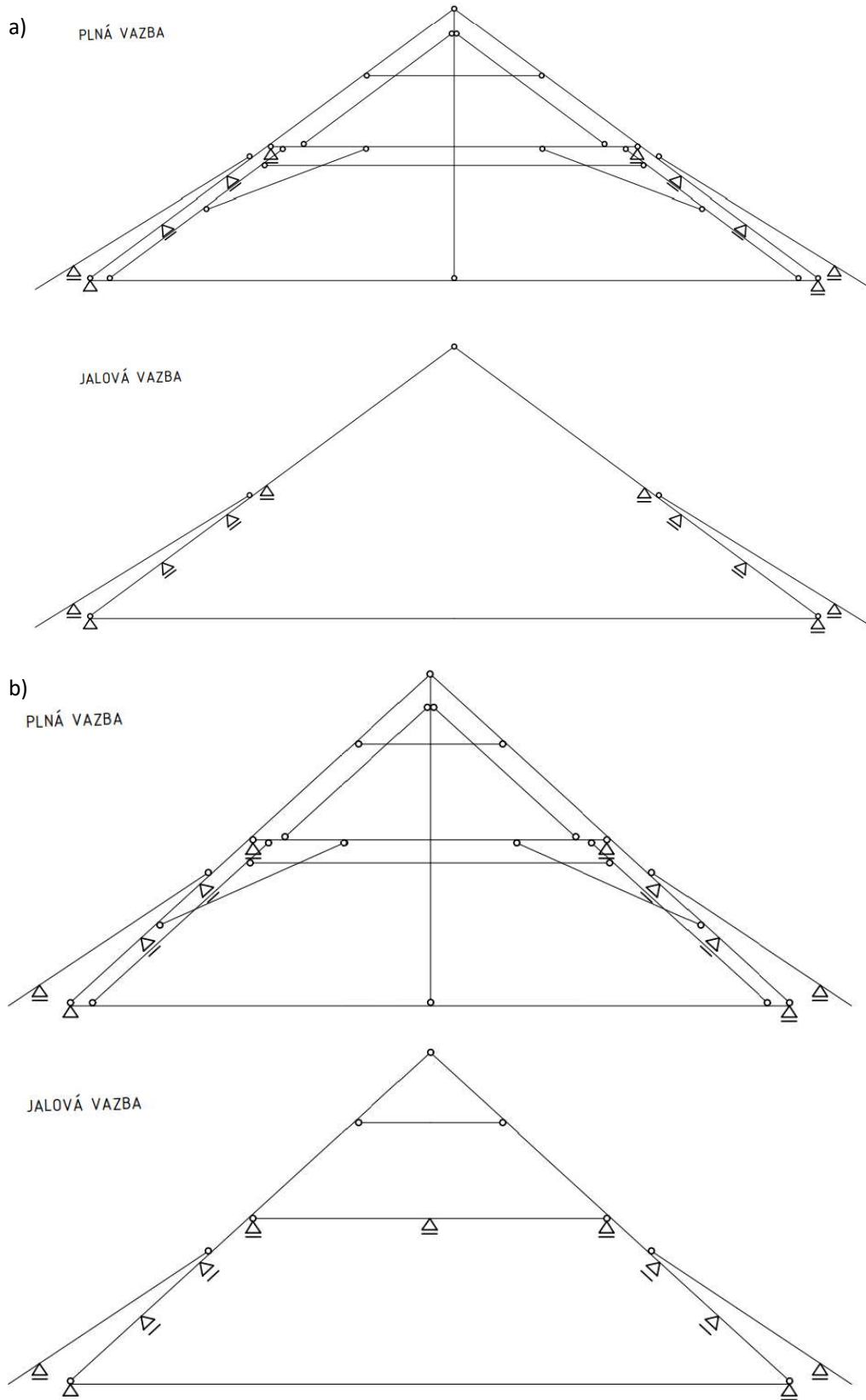
Pro zajištění ještě větší tuhosti jsou v krovu použity rozpěry (160x170 mm, 170x200 mm) šikmých sloupků (ležaté stolice) ležící pod úrovní střední vaznice.

Konstrukce krovu vikýřů vystupujících ze střechy je tvořena pozednicí (150x190 mm) uloženou na krokách hlavního krovu, dále dvěma řadami sloupků (140x150 mm), kdy jedna řada je začepována do pozednice u štítu a druhá je začepována a osedlána na krokve hlavní části. Vaznicemi (140x160 mm) uloženými na štítové sloupky, pásky (140x120 mm) v podélném směru a kleštinami (2x80x160 mm) spojující sloupky s krokve hlavního krovu. V oblasti vikýřů jsou krokve podepřeny patními sloupky.



Obr. 15: Schématický popis prvků severního, západního a části východního křídla

Stavebně technický průzkum



Obr. 16: Statické schéma – a) východní + jižní křídlo; b) západní + severní křídlo

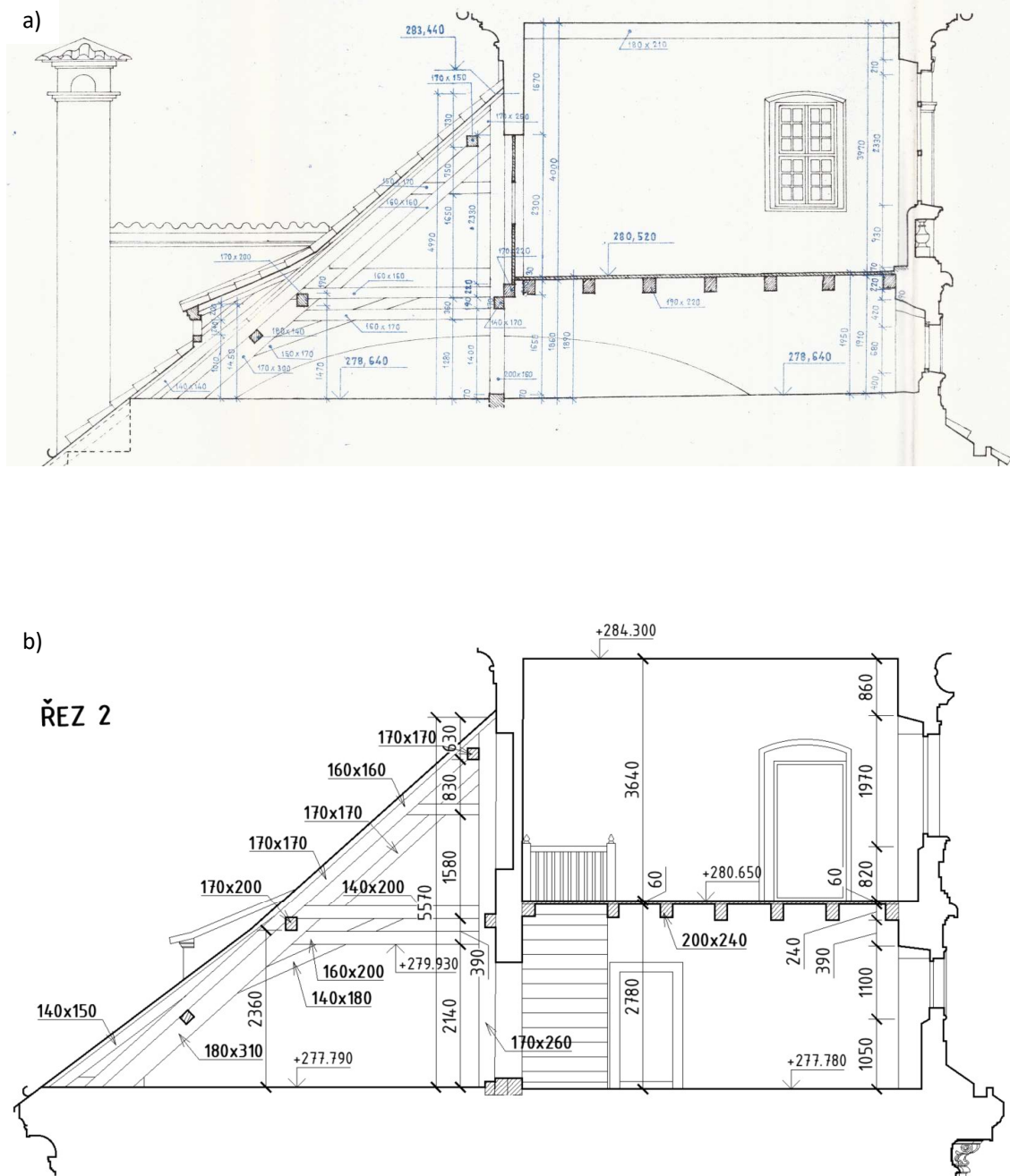
Stavebně technický průzkum

---



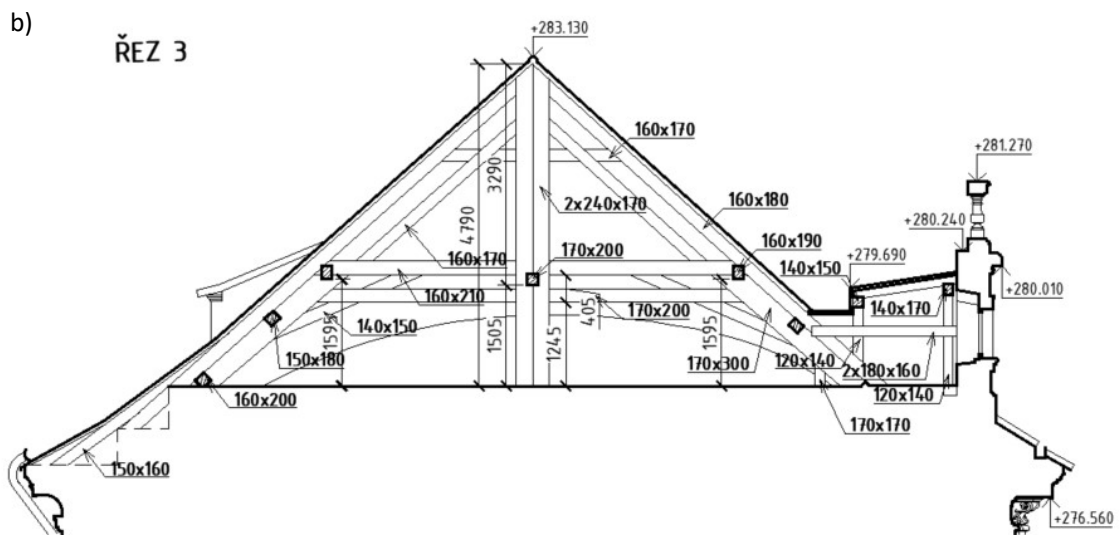
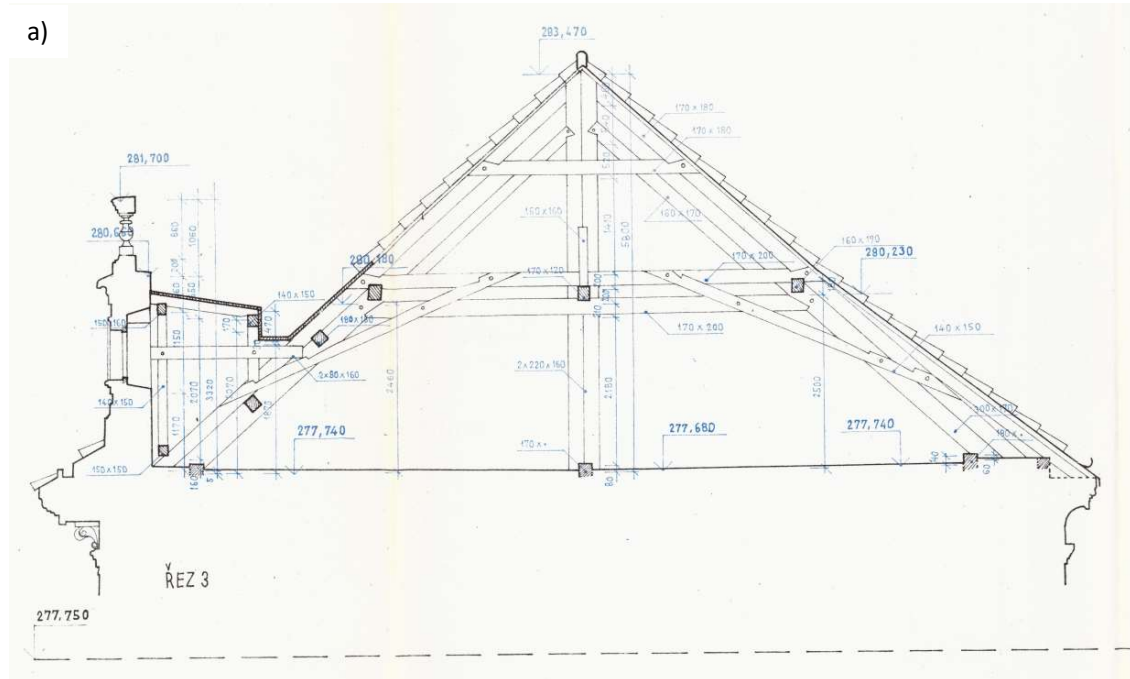
Obr. 17: Barokní krov-a) šikmé sloupky; b) svislé sloupky; c) spoje-plát + kolík; d) rybinový spoj

Stavebně technický průzkum



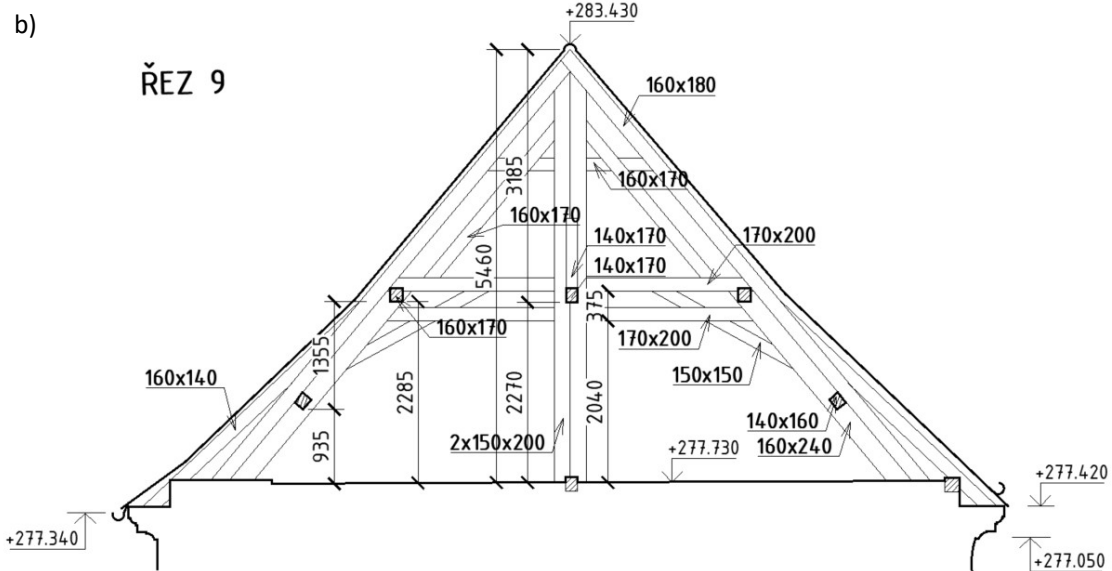
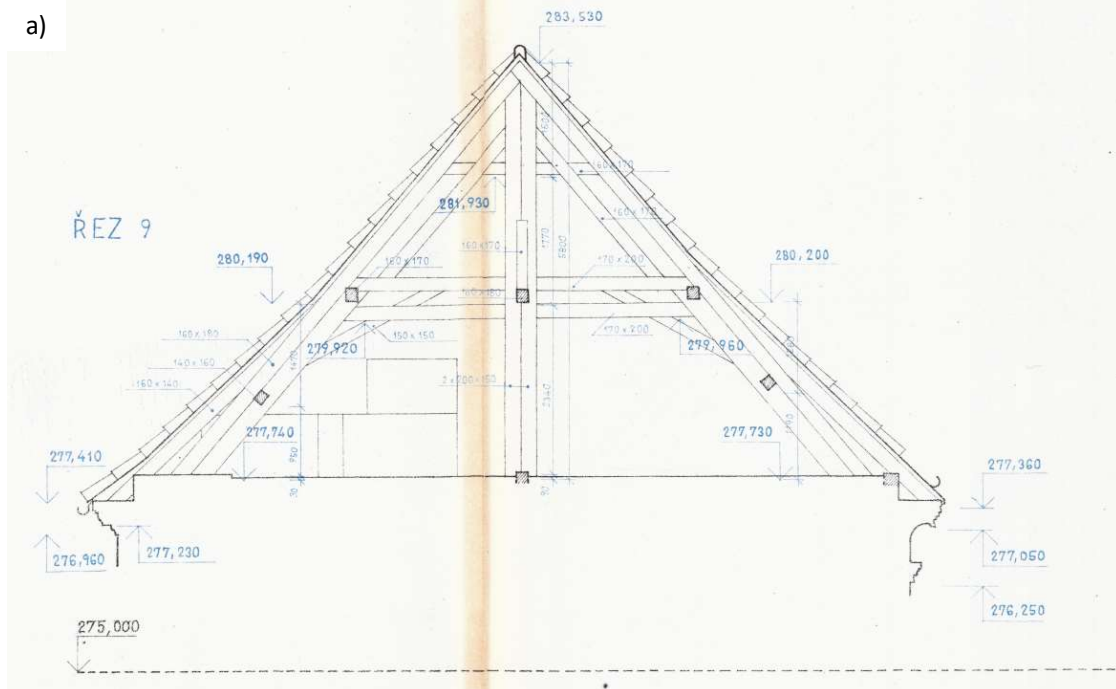
Obr. 18 Řez 2 - a) historická dokumentace; b) vynesení stávajícího stavu

Stavebně technický průzkum



Obr. 19: Řez 3-a) historická dokumentace; b) vynesení stávajícího stavu

Stavebně technický průzkum



Obr. 20 Řez 9-a) historická dokumentace; b) vynesení stávajícího stavu

### 2.2.3. Prvorepublikový krov

Jedná se vaznicový krov (*Obr. 21*) skládající se z plných a jalových vazeb (*Obr. 23*) zastřešující půdorys o velikosti zhruba 20,5 x 21 m, kde konstrukce krovu je zhotovena ze tří stran. Je to nejmladší krov paláce.

Konstrukce vaznicového krovu je tvořena vrcholovou (*Obr. 22*) a středními vaznicemi v plných vazbách podepřených na vazné trámy.

Krov je ztužen v příčném směru vzpěrami čepovanými do sloupků a uložených na vazné trámy a v podélném směru pásky. Pásky zároveň zkracují rozpětí vaznic.

Krokve (160x190 mm) jsou osedlány na vaznice a v jalových vazbách uloženy do kráčat, které jsou přes roznášecí podélný trám vyneseny do vazných trámů (230x270 mm) v plných vazbách. Sloupky (180x180 mm) podpírající vrcholovou vaznici jsou uloženy na podélný roznášecí trám na vazných trámech.

Krov obsahuje 6 plných vazeb, vzdálenost těchto vazeb je nepravidelná, pohybující se od 3000 do 5000 milimetrů. Mezi plnými vazbami jsou vyneseny 2 až 3 vazby jalové v osové vzdálenosti 1100 až 1300 milimetrů.

Oproti baroknímu krovu je zde vizuálně méně prvků o menších dimenzích, prvky jsou delší a daleko méně podpírány.

Šikmé sloupky a vzpěry jsou umístěny tak, aby vazný trám zatěžovali co nejbližší podpor. Nedostatkem této konstrukce je malá příčná tuhost, která byla u pozdějších krovů vyřešena pomocí kleštín [4].

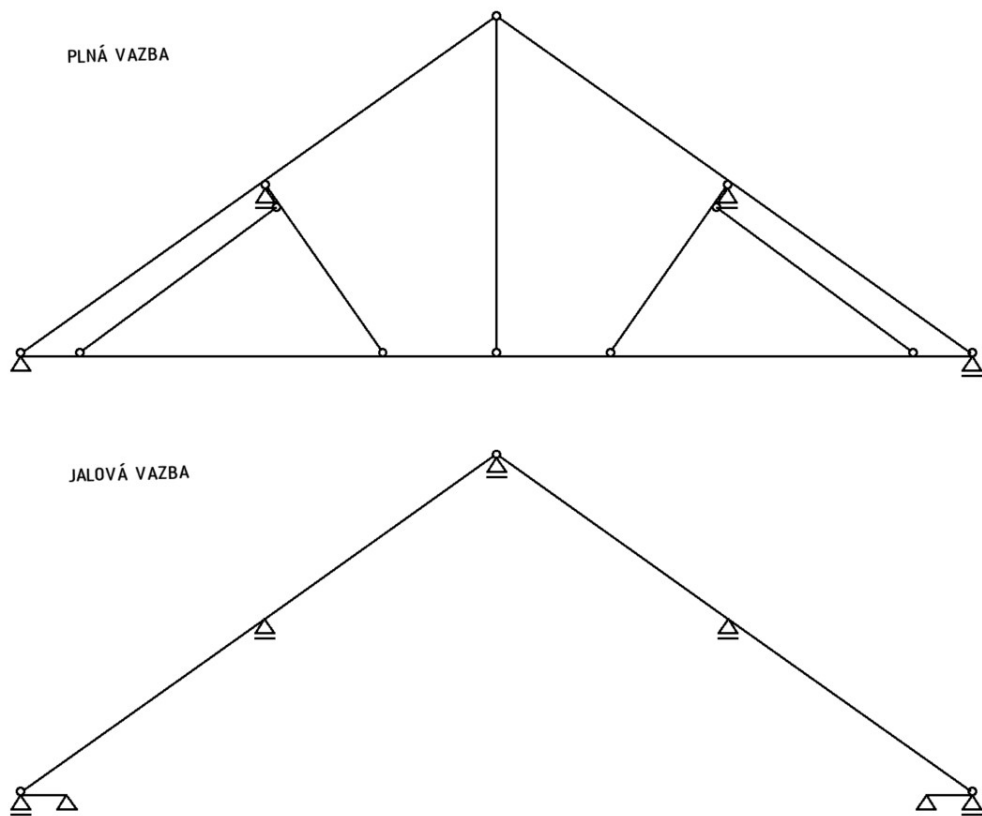


*Obr. 21: Prvorepublikový vaznicový krov*

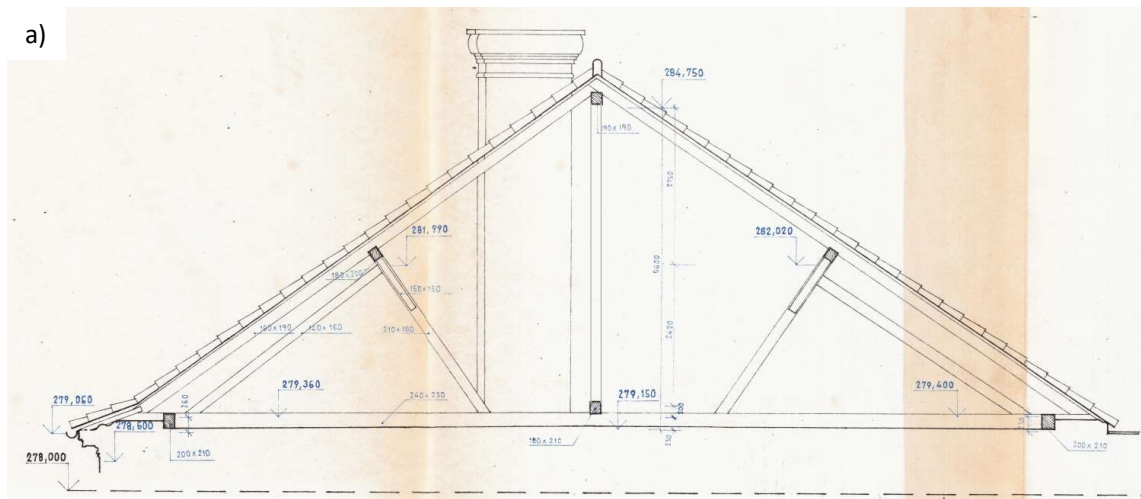


*Obr. 22: Vrcholová vaznice*

Stavebně technický průřez



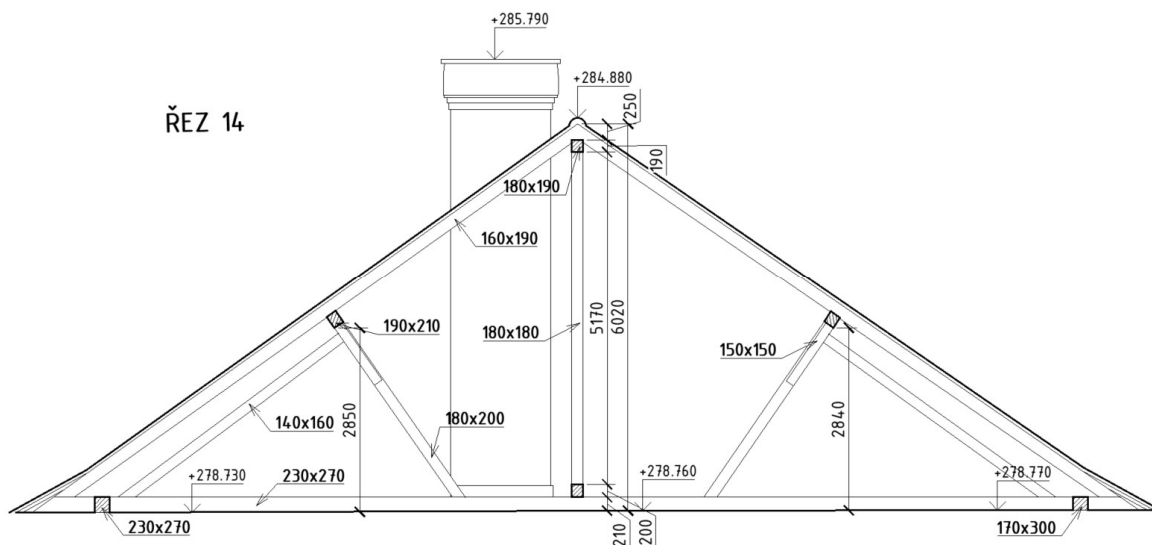
Obr. 23: Statické schéma – prvorepublikový krov





Stavebně technický průřez

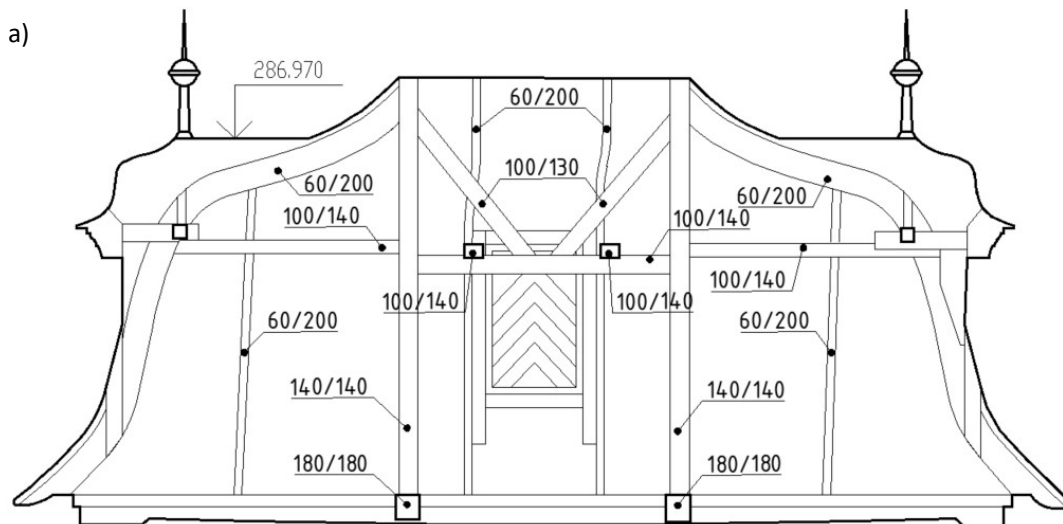
b)



Obr. 24: Řez 14 – a) historická dokumentace; b) vynesení stávajícího stavu

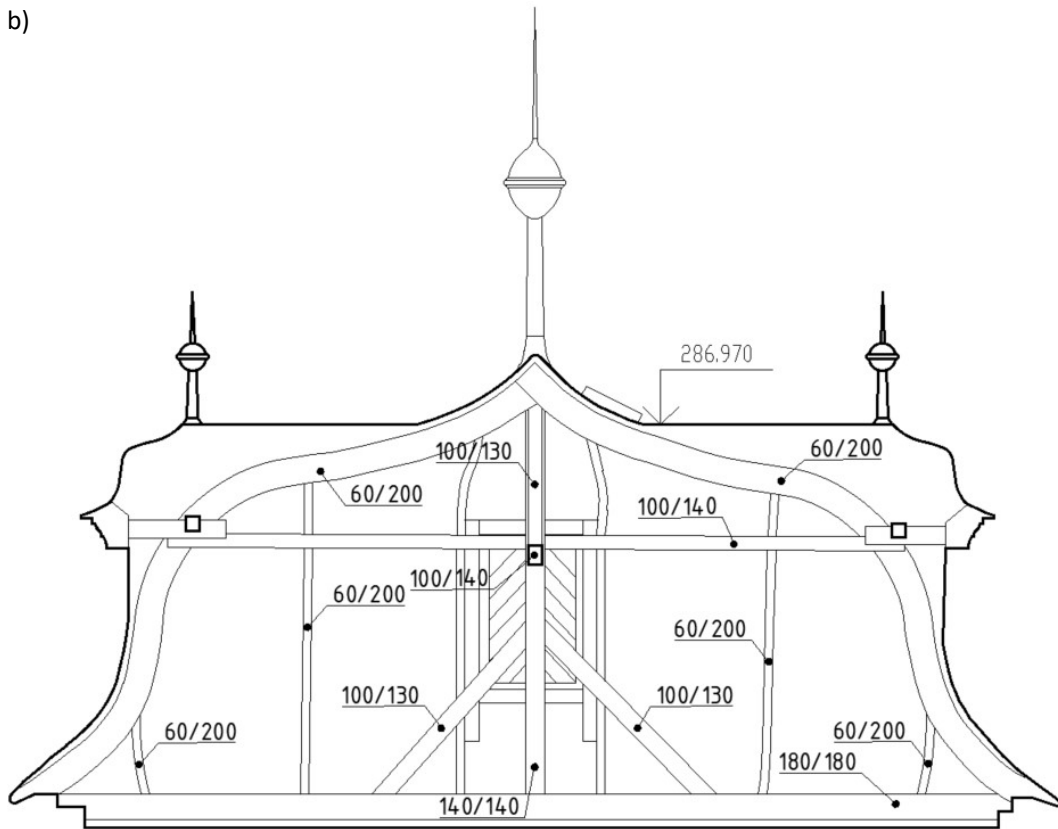
#### 2.2.4. Krov věží

Krov věží se skládá ze dvou plných vazeb, kde jejich osová vzdálenost je 2000 milimetrů. Tyto vazby tvoří krokve (60x200 mm) uzpůsobené tvaru střechy věže, vazným trám (180x180 mm), sloupek (140x140 mm), vzpěry (100x130 mm) (Obr. 26). Jednotlivé krokve jsou umístěny po obvodu celé věže. V podélném směru je mezi sloupky umístěn podélný trám (100x140 mm), do kterého jsou začepovány vzpěry (100x130 mm). Okolo okenních otvorů jsou zhotoveny dřevěné konstrukce, které jsou uchyceny na krokve, potažmo v horní části k trámu, který je položen na středový trám (Obr. 25). Veškeré prvky jsou navzájem pospojovány tesařskými spoji.



Stavebně technický průzkum

b)



Obr. 25: Řez věží: a) Podélný řez; b) Příčný řez



Obr. 26: Pohled do věže

### 3. Popis stávajícího stavu a analýza poruch

#### 3.1. Krov

Rozsah a stupeň poškození konstrukce krovu v jednotlivých křídlech odpovídá stavu údržby objektu a stáří konstrukcí. Krov je lokálně napaden hnilobou, dřevokaznými houbami, hmyzem a působení solí. Většina dřevěných prvků je porušena výsušnými trhlinami.

##### 3.1.1. Jihovýchodní část

V době budování půdní vestavby v jižním a zhruba polovině východního (*Obr. 32*) a západního křídla nebyla zřejmě vyřešena nebo zkontrolována pata krovu, v současnosti jsou zde vidět nánosy holubinců, stavební suť a neodvětraná pata krovu. Holubí trus je zdrojem mikrobů, parazitů, nejružnějších alergií, v kombinaci s vlhkostí působí velmi agresivně na konstrukce a zároveň plní funkci hnojiva. Dlouhodobé působení může zapříčinit porušení statiky trámů [11]. V barokní konstrukci krovu, je pata krovu (pozednice, konce vazných trámů, částečně pětiboká vaznice) často zazděna, a tak v těchto místech, je možné najít vážná poškození jako jsou například uhnílé zhlaví vazných trámů (*Obr. 27*) a ohnilé části již více zmiňovaných prvků. Toto poškození se objevuje také v spodní části vikýřů (*Obr. 28*), a to u prvků odkrytých tak i prvků zabudovaných v podlaze (*Obr. 29*).



*Obr. 27: Foto 4 – pata krovu*



*Obr. 28: Foto 5 – pozednice ve vikýři*



Obr. 29: Foto 7 – pata krovu ve vikýři

Horní část krovu je poškozena lokálně dřevokazným hmyzem, pravděpodobně tesaříkem, a dřevokaznými houbami. O jaký typ hmyzu se jedná se nejčastěji pozná podle tvaru a velikosti výletových otvorů, druhu dřeva, případně doby rojení [6]. Bližší informace působení hmyzu viz. kapitola 3.2. *Dřevokazní činitelé*.

Na několika místech bylo lokalizováno poškození makroskopicky neidentifikovatelnou celulózovorní dřevokaznou houbou (Obr. 30). Tyto huby rozkládají celulózu, kdežto lignin nechává netknutý nebo jen nepatrně změněný, někdy se tento způsob destrukce nazývá také hnědou hnilobou [6]. Bližší popis o působení a typu dřevokazných hub viz. kapitola 3.2. *Dřevokazní činitelé*.

Do konstrukce také lokálně zatéká, což jen napomáhá vzniku a rozvoji poruch a napadení dřeva. Zatékání je zapříčiněno rozdílnými mechanickými vlastnostmi cementové malty a prežu a nedostatečným zatažením oplechování vikýře pod pálenou střešní krytinu. Ve střešním plášti dochází rovněž ke kontaktu dřeva s materiály s vysokým obsahem vlhkosti (Obr. 31), která je transportována do dřeva nebo s materiály s velkým difusním odporem (beton, PVC, plastové fólie, atd.), na kterých vlhkost kondenzuje a vstupuje do dřeva. Dřevo, jehož vlhkost je trvale nižší než 18 %, nebývá obvykle napadeno dřevokaznými houbami. Dřevo, jehož vlhkost je trvale nižší než 10 %, nebývá napadeno dřevokazným hmyzem [6]. K již výše popsaným vadám nejsou tyto podmínky splněny, a tudíž je vytvořeno vhodné prostředí pro dřevokazné činitele.

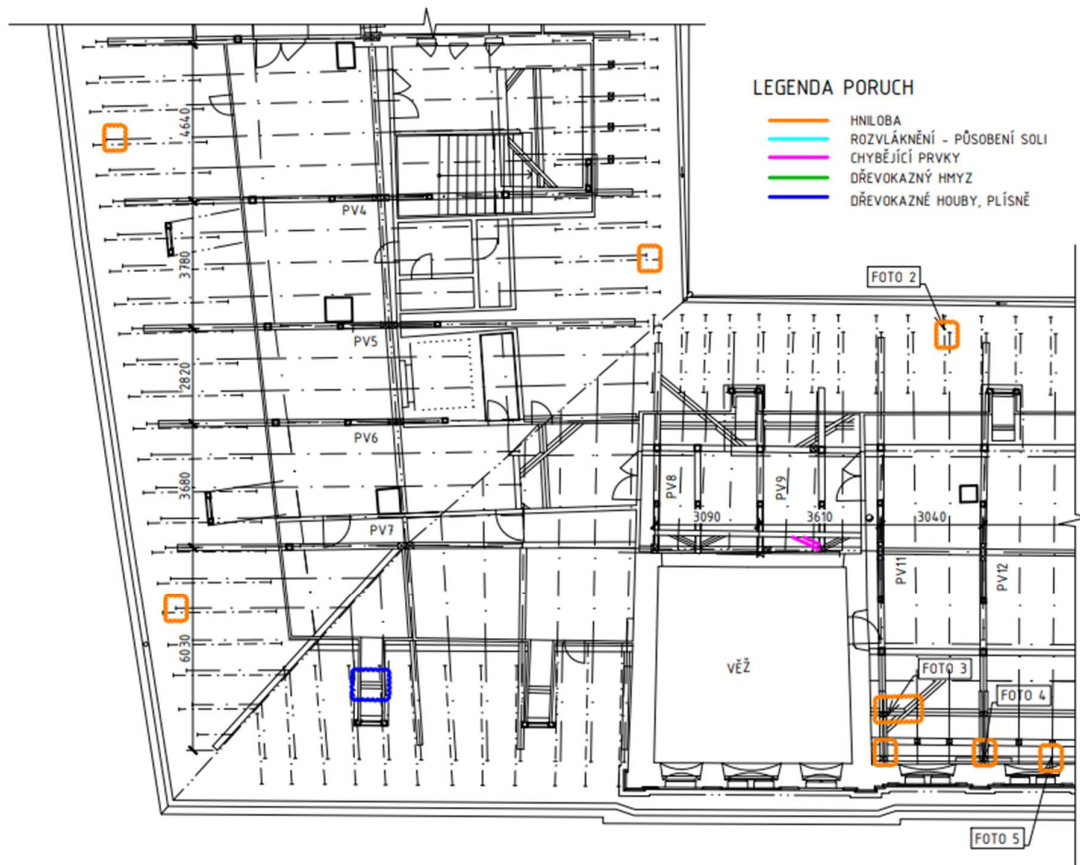
Popis stávajícího stavu a analýzy poruch



Obr. 30. Foto 3 – patrné poškození zatékáním



Obr. 31: Foto 2 -zatékání (srážení) vody v oblasti námětku



Obr. 32: Jihovýchodní roh

### 3.1.2. Severovýchodní část

Během půdní vestavby případně nějaké z předchozích rekonstrukcí, a to nejen v severovýchodní části paláce (*Obr. 35*), byly v konstrukci ponechány některé poškozené (*Obr. 33*) části nebo nevhodně proveden zásah do dřeva, jeho následná oprava či výměna, což později vedlo k rozvoji nebo vzniku nových poruch. Například protézování pomocí ocelových válcovaných profilů, kdy s největší pravděpodobností docházelo ke kondenzaci vody na „studené“ oceli. Voda poté vstupovala do dřeva a způsobila hnilobu v okolí protézy (*Obr. 34*).

V této části paláce opět dochází k výskytu celulózovorních dřevokazných hub vlivem zatékání do střešní konstrukce.

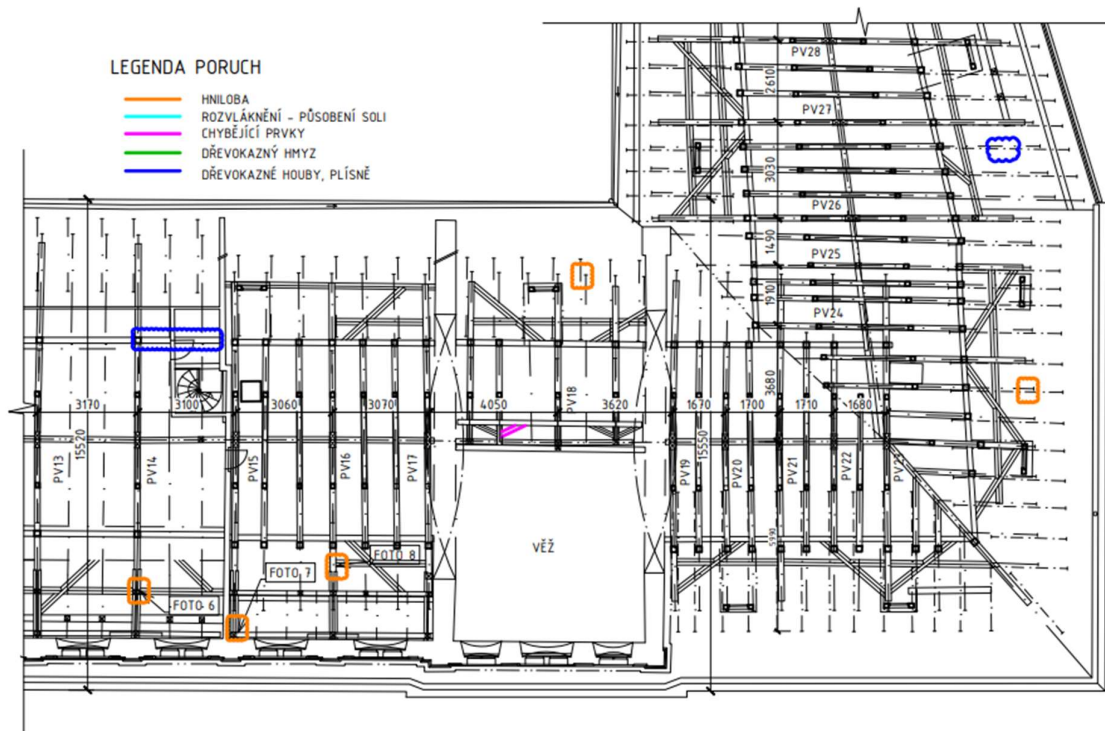
V napojení konstrukce krovu a zdi věže došlo k odstranění pásku podporujícího vaznici, důvodem tohoto nevhodného zásahu bylo nejspíše vedení instalací.



*Obr. 34: Foto 8 – oprava + další porucha*



*Obr. 33: Foto 6 – zanechaná porucha*



Obr. 35: Severovýchodní roh

### 3.1.3. Severozápadní část

V severozápadní části (Obr. 40) je na několika místech je patrné působení dřevokazných hub s největší pravděpodobností trámovky (Obr. 36) (Obr. 37), která napadá především jehličnaté dřevo. Podhoubí se u těchto hub rozrůstá převážně uvnitř dřeva, často se prvek napohled jeví jako zdravý (povrchová vrstva dřeva není narušená), avšak uvnitř je zcela vyhnílí. Tyto houby potřebují ke svému životu vyšší vlhkost, při snížení nebo zamezení přísunu vlhkosti svůj růst zastavují a odumírají [6]. Dále jsou zde místa s hnilobou (Obr. 39), poškození zatékáním a hmyzem. Pravděpodobně se jedná o tesaříka krovového, jehož výletové otvory jsou oválného tvaru délky 4 až 7 mm. Tesařík krovový napadá většinou dřevo větších průřezů, ve dřevu malé tloušťky nemá jeho poměrně velká larva vhodné podmínky pro život [6].

Některé „méně“ potřebné prvky museli být vyřiznuty z důvodu vedení instalací (Obr. 40). V kotelně byl proveden nešetrný zásah do prvků krovu a tím mohla být ohrožena a narušena únosnost.

Popis stávajícího stavu a analýzy poruch



Obr. 36: Foto 9 - trámovka



Obr. 37 Foto 13 – trámovka v kotelně



Obr. 38. Foto 11 – dřevokazný hmyz + nevhodný zásah



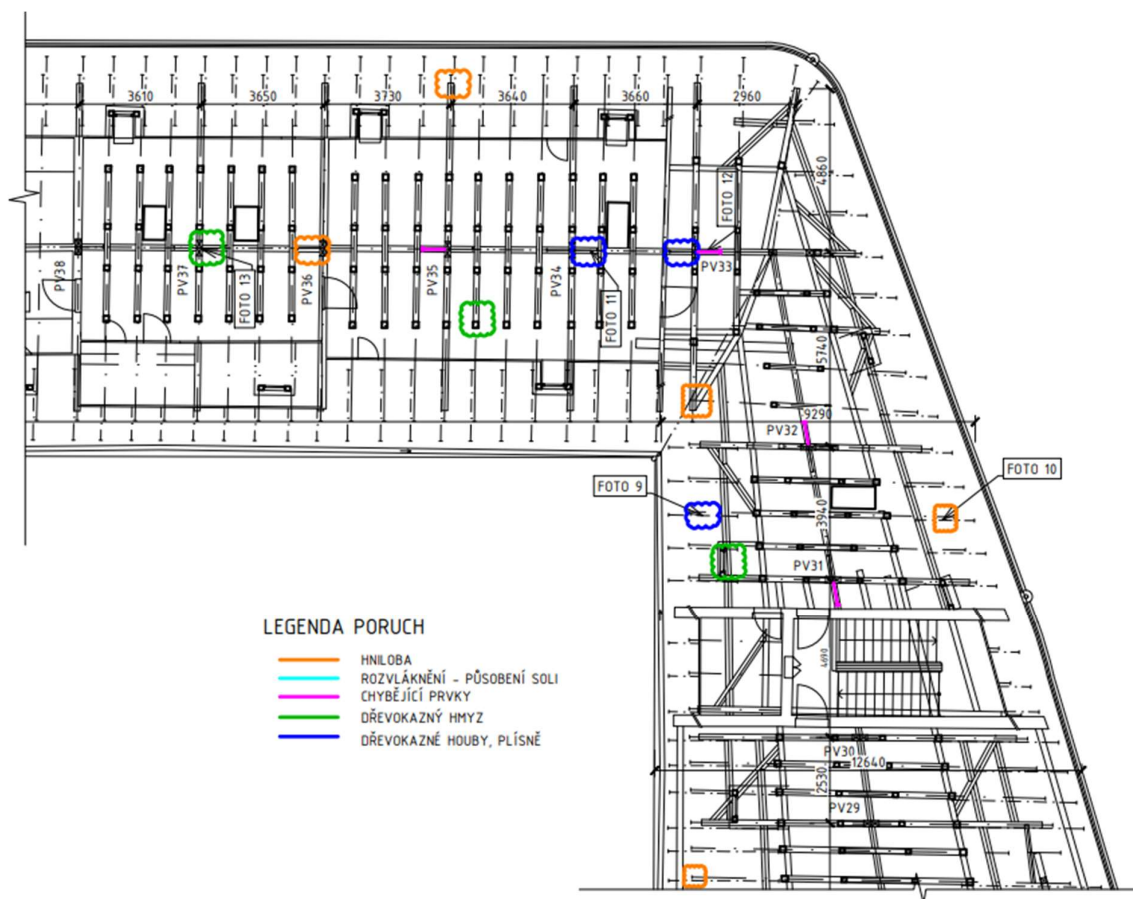
Obr. 39: Foto 9 – ohnilá krokev, námětek



Popis stávajícího stavu a analýzy poruch



Obr. 40: Foto 12 – chybějící prvek



Obr. 41: Severozápadní roh

### 3.1.4. Jihozápadní část

Prvorepublikový krov (*Obr. 50*) má značná poškození na několika krokvicích, způsobená nejspíše nevhodným protipožárním opatřením prostředky na bázi amonné soli, které mohou být příčinou koroze dřeva takzvanému „rozvlákněním“ (*Obr. 47*) [6]. Do půdních prostor zatéká (*Obr. 48*), a tudíž jsou patrné známky degradace dřevěných prvků (*Obr. 42*) a působení dřevokazných činitelů. Na krokvicích jsou patrné cestičky larev a výletové otvory způsobené dřevokazným hmyzem (*Obr. 43*), pravděpodobně podle velikosti se opět jedná o tesaříka krokrového a možná také o červotoče proužkovaného, který má výletové otvory kulatého tvaru o průměru 1 až 2 mm [6]. Dochází zde k poškození vazných trámů, krácat a výměn nejen v jejich v patě a zhlaví (*Obr. 44*), ale i po jejich délce působením vlhkosti (*Obr. 45*) a dřevokazných hub (*Obr. 46*), které mají na místech, kam zatéká zaručenou vlhkost vyšší jak 18 % potřebnou pro svůj rozvoj. V oblasti komína chybí výměna krokví, kdy je krokev spojitě překonzolovaná ze střední vaznice.



*Obr. 42: Foto 14 - degradace krokve*



*Obr. 43: Foto 16 - dřevokazný hmyz*



Obr. 44: Foto 18 – pata krovu



Obr. 45: Foto 19 – degradace vazného trámu



Obr. 46: Foto 17 – dřevokazné houby



Obr. 47: Foto 15 – rozvláknění

Popis stávajícího stavu a analýzy poruch



Obr. 48: Foto 20 – Degradace zatékáním



Obr. 49: Foto 1: degradace ve vikýři



Obr. 50: Jihozápadní roh

Tato poškození lze považovat za vážná s nutností poškozené konstrukce krovu odstranit a nahradit.

### 3.2. Dřevokazní činitelé

Obecně platí, že pro napadení dřeva biologickými škůdci jsou nutné čtyři hlavní podmínky, a to kyslík, teplo, dostatečná vlhkost, výživný substrát [6].

Mezi škůdce, kteří neovlivňují pevnostní parametry dřeva, řadíme plísňe a dřevozbarvující houby, které vytvářejí různě zbarvené jemné vláknité povrchy na dřevě a nazýváme je plísněmi. Povlaky se obvykle vyskytují na povrchu dřeva, s možností průniku přibližně do 10 mm pod povrch. Ke svému růstu a působení potřebují značnou vlhkost [6].

Naopak mezi škůdce způsobující destrukci dřeva patří houby dřevokazné, které dělíme do dvou skupin, a to na houby celulózovorní a ligninovorní. První skupina hub rozkládá celulózu, kdežto lignin nechává netknutý nebo jen nepatrně změněný, někdy tento způsob destrukce nazýváme také hnědou hnilobou. Dřevo poškozené celulózovorní houbou se kostkovitě rozpadá, pomalu hnědne, stává se křehkým, praská, má příčný, hladký a matně lesklý lom. Do této skupiny lze zařadit například dřevomorku domácí, čechratku, trámovku jedlou a polní, konioforu sklepní, pornatku oparovou [6]. Ke druhé skupině patří houby, které rozkládají lignin a téměř současně i celulózu, tomuto způsobu destrukce se říká bílá hniloba. Tuto hnilobu obvykle způsobuje například václavka, pevník a další [6].

Počet druhů dřevokazného hmyzu je veliký, v našich klimatických podmínkách a budovách se nejčastěji vyskytují tesaříci, červotoči, hrbohlav parketový, případně pilořitka. Nebezpečnost těchto druhů spočívá především ve schopnosti vyvíjet se ve dřevě po dobu několika generací, což vede k výraznému snížení jeho fyzikálních a mechanických vlastností a ke změně vzhledu. Nejvíce hmyz škodí ve stádiu larvy, které samička naklade do dřeva. Larvy ve dřevě vyhlodávají chodbičky různých tvarů a velikostí. Stádium larvy trvá několik let, většinou 1 až 3, případně i 5 a více let, v závislosti na druhu hmyzu a klimatických podmínkách. O jaký typ hmyzu se jedná se nejčastěji pozná podle tvaru a velikosti výletových otvorů, druhu dřeva, případně době rojení. Dospělý brouk tesaříka krokrového je hnědý až černý, velikosti až 22 mm. Vývojový cyklus probíhá obvykle v časovém úseku 3 až 5 let. K rojení dochází zhruba od května do června [6]. Červotoč proužkováný je oproti tesaříkovi výrazně menší brouk, velikosti do 4 mm, zbarvený do šedohněda. Napadá převážně listnaté a jehličnaté dřevo, konstrukce větších rozměrů, nábytek i umělecko-řemeslně zpracované dřevo. Nemá příliš vysoké požadavky na vlhkost dřev. Rojení probíhá v květnu až červnu [6].

Hodnocení kvality dřeva dle stupně degradace lze rozdělit:

- A – dřevo zdravé nebo povrchově poškozené biotickými činiteli
- B – dřevo poškozené do hloubky 10-20 mm, max. poškození činí 5 % plochy průřezu prvku
- C – dřevo poškozené do hloubky 30-70 mm, poškození nepřevyšuje 1/3 plochy průřezu prvku
- D – dřevo destruované, poškození převyšuje 1/3 plochy průřezu prvku
- E – dřevěný prvek zcela chybí [13]

## 4. Laboratorní zkoušky dřeva

Degradační vlivy dělíme na fyzikální, chemické a biologické. Mezi fyzikální řadíme především korozní působení vody a zvýšené vlhkosti. Biodegradaci sledujeme v závislosti na typu materiálu a typu mikroorganismů. Nejčastěji studujeme biodegradaci plísněmi a bakteriemi, specifická degradace dřeva dřevokaznými houbami se provádí dle normy EN 113 [14].

Pro provedení zkoušek dřeva bylo odebráno několik vzorků z konstrukce krovu Toskánského paláce. Odběr proběhl dne 20. 4. 2021 odpoledne a vzorky byly v ranních hodinách následujícího den přeneseny do chemické a mikrobiologické laboratoře katedry konstrukcí pozemních staveb, fakulty stavební ČVUT, kde byly podrobeny průzkumu na působení vlhkosti a dřevokazných činitelů, konkrétně dřevokazných hub, plísní a živočichů. Přes noc byly uchovány v ledničce, po celou dobu uzavřeny ve dvou igelitových sáčcích. Pro zkoumání byly odebrány vzorky ze sloupků ležaté stolice v barokní části a vazných trámů, krácat a jejich výměn v prvorepublikové části krovu. Manipulace s odebraným materiálem probíhala dle předepsaných doporučení a pokynů, jak uvádí norma ČSN 49 0103.

### 4.1. Vlhkost

K měření vlhkosti byla zvolena přímá destruktivní metoda tzv. gravimetrická neboli vážková. Tato metoda patří k nejstarším analytickým metodám, lze ji označit za univerzální, jelikož nezáleží na materiálovém složení vzorku ani na jeho dalších parametrech. Hlavní pracovní činnost této metody spočívá ve vážení, kdy vážíme vzorky před a po vysušení. Metoda je velmi přesná, avšak slouží pouze pro stanovení vlhkosti [15].

Vlhkost konstrukce krovu byla zkoumána na čtyřech vzorcích (*Obr. 51*), kdy vzorek číslo 1 a 2 patřil barokní a číslo 3 a 4 prvorepublikové části krovu. Vzorky byly odebrány z prvků viditelně nesmáčených srážkovou vodou.

Laboratorní zkouška probíhala tak, že nejprve došlo ke zvážení samostatné hliníkové misky bez přítomnosti vzorků na digitální váze, následně došlo k vložení zkoumaného materiálu do misek, kdy se provedlo vážení před sušením. Dalším krokem bylo uložení vzorků do sušičky, kde byly ponechány při teplotě 95 °C po dobu 24 hodin.



Obr. 51: 4 odebrané vzorky pro určení vlhkosti

Po uplynutí této doby se vzorky převáží a zaznamenají se jednotlivé navážené hodnoty, ze kterých pomocí níže uvedeného vzorce vypočteme vlhkost jednotlivých vzorků dřeva. Výpočet provádíme s odečtením tíhy misky od hmotnosti vzorků.

#### 4.1.1. Výpočet vlhkosti

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 \quad w \dots \text{vlhkost} [\%]$$

$m_1$  ... vlhkost původní (vlhký stav) [g]

$m_2$  ... hmotnost suchá [g]

Označení	Hmotnost původní navážená [g]	Hmotnost suchá navážená [g]	Hmotnost původní výpočetní [g]	Hmotnost suchá výpočetní [g]	Vlhkost [%]	Průměrná vlhkost [%]
miska	1,56	/	/	/	/	/
1	4,80	4,44	3,24	2,88	12,50	14,47
2	3,27	3,07	1,71	1,51	13,25	
3	2,61	2,46	1,05	0,90	16,67	
4	3,50	3,24	1,94	1,68	15,48	

Tab. 1: Hodnoty vlhkosti

#### 4.1.2. Vyhodnocení

Z naměřených a vypočtených hodnot lze konstatovat, že průměrná vlhkost dřevěných prvků je 14,47 %. Zároveň prvky v barokní části krovu jsou zhruba o 2 % méně vlhké než prvky v prvorepublikové části. Nicméně hodnoty vlhkosti dřeva se pohybují v rozmezí přibližně 12, 50 % až 16,67 % a jsou

přiměřené expozici a nepředstavují zvýšená biotická rizika. Pro případný únik vlhkosti ze dřeva je situace kladná, kdy jsou prvky chráněny proti atmosférickým srážkám a zároveň je zajištěna cirkulace vzduchu konstrukcí.

## 4.2. Biotičtí činitelé

Pro laboratorní zkoušky určení biotických činitelů byly použity jiné odebrané vzorky než pro účely vlhkostní. Zkoumání bylo provedeno na čtyřech vzorcích (*Obr. 52*) odebraných v prvorepublikové části krovu z výměny kráčet vazného trámu (*viz. Obr. 46*) a zhlaví vazného trámu (*viz. Obr. 48*), kde je evidentní poškození.



*Obr. 52: Vzorky pro určení dřeva biotických činitelů*

### 4.2.1. Dřevokazný hmyz

Ke zkoumání dřevokazného hmyzu byly vzorky prvotně řádně prohlédnuty a ohledány. Na základě odborných znalostí laboratorní pracovnice a patrných požerkových cestiček větší velikosti (*Obr. 52*) bylo určeno působení tesaříka. Tohoto brouka řadíme mezi závažné škůdce opracovaného dřeva. Při dlouhodobé aktivitě larev tesaříka může dojít až ke zhroucení konstrukce, další nebezpečí larev je možné zavlečení plísní a hub do narušeného dřeva, kde dochází k jejich rychlému rozvoji [17].

Vzorek odebraný ze zhlaví vazného trámu, kam evidentně zatéká, byl podroben bližšímu průzkumu pod mikroskopem. Po důkladném pozorování byly objeveny požerky od červotoče patrně druhu *Anobium pertinax*. Dřevo jevílo známky lístkování typické pro tohoto brouka a rovněž byly spatřeny chodbičky s „červotočinou“, směsí drobných částeczek dřeva a trusu (*Obr. 54*) [17].





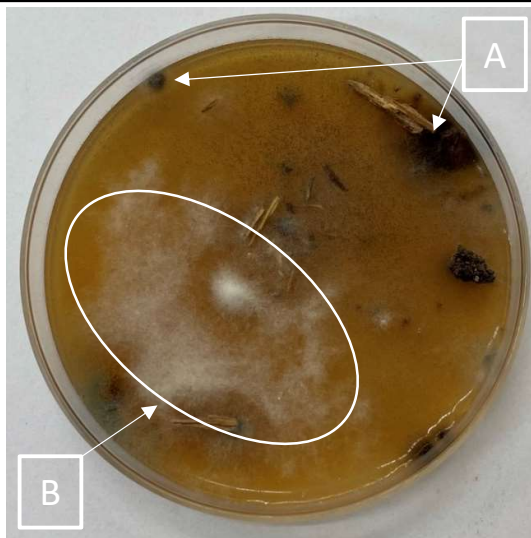
Obr. 53: Stopy po působení tesaříka



Obr. 54: Stopy po působení červotoče: 1 – zbytky trusu; 2 - chodbičky

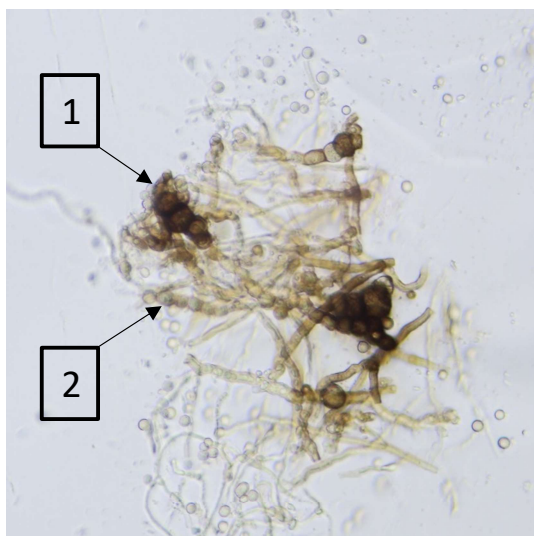
#### 4.2.2. Plísně

Pro účely posudku vzorku na plísní byla pinzetou oštipnuta část vzorku, která byla vložena do chemicky čisté Petriho misky, v níž byla nachystána živná půda skládající se z agaru a vody pro podporu růstu organismů. Takto připravený vzorek byl na 7 dní uložen do termostatu, kde se při teplotě 25 °C vyvíjel. Po uplynutí růstové doby bylo možno z Petriho misky odebrat několik částí narostlých mikroorganismů (Obr. 55), které byly vloženy na mikroskopické sklíčko do kapky destilované vody a následně zkoumány objektivem mikroskopu s několikanásobným zvětšením. Za pomoci odborných znalostí pracovnice laboratoře byly postupně identifikovány plísně a jejich znaky vyskytující se na odebraných částech vzorku. Pomocí digitálního fotoaparátu byly pozorované výsledky zdokumentovány.



Obr. 55: Vypěstované mikroorganismy – A – *Alternaria sp.*; B – *Mucor sp.*

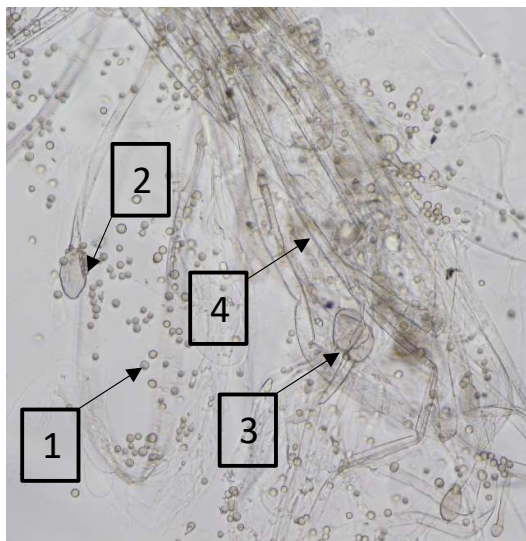
Z odebraného vzorku A byla identifikována hojně se vyskytující vláknitá houba (plíseň) tzv. *Alternaria sp.* (Obr. 56). Optimální teplotní nároky této plísně jsou obvykle okolo 25 až 28 °C a výskyt je sezonní, nejčastěji na jaře a na podzim při zvýšené vlhkosti. Mezi poznávací znaky řadíme konidie tvořící se v řetízku na konci vláken houby. Konidie má tmavě zbarvené, vícebuněčné, s přehrádkami v příčném a podélném směru, hruškovitého tvaru zužujícího se ve vrcholu v krátký výběžek. Může produkovat vysoce toxický metabolit, kyselinu tenuazonovou a řadu dalších toxinů. Její působení může vyvolat například kožní problémy [18].



Obr. 56: Vzorek A - *Alternaria sp.* pod mikroskopem - 1 – zralá konidie; 2 – malá konidie

Ve zkoumaném vzorku B byl zjištěn výskyt další hojně se vyskytující vláknité houby, tzv. *Mucor sp.* (Obr. 57). Tato plíseň vyžaduje ke svému růstu teplotu mezi 5 až 20 °C, při teplotě vyšší jak 37 °C přestává růst.

Je tvořena jemnými vláknitými chomáčky, ze kterých vyrůstají šedá kulovitá sporangium neboli výtrusnice. Charakteristická je silným „kmínkem“ a kolumelou doplněnou o límeček. Neprodukuje žádné škodlivé látky a může dorůst do výšky až 20 mm [18].



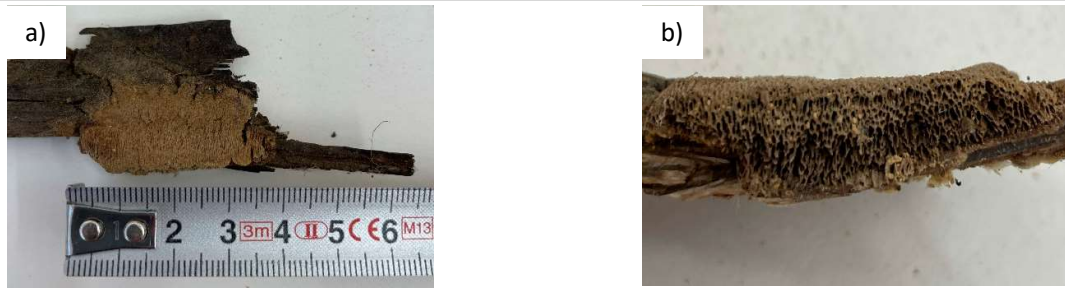
Obr. 57: Vzorek A - *Mucor sp.* pod mikroskopem - 1 – sporangiospory; 2 – kolumela; 3 – límeček; 4 – „kmínek“

Výše zmíněné plísně mají negativní vliv na jednotlivé konstrukce, respektive pomáhají její degradaci, avšak netvoří přímé nebezpečí. Jejich výskyt je závislý na podmínkách v objektu, a to především na relativní vlhkosti vzduch pohybující se v rozmezí  $\varphi_i = 60\text{--}90\%$ , při optimální teplotě  $15\text{--}30\text{ }^\circ\text{C}$  a dostatku organického uhlíku. Při splnění těchto podmínek, stačí plísním velmi krátký čas na vývoj a následné zamoření prostoru [17].

#### 4.2.3. Dřevokazné houby

Identifikace dřevokazných hub proběhla podle makroskopických znaků, to je barva a celkový vzhled plodnice, povrchového mycelia a napadeného dřeva a dle mikroskopických znaků, což je vzhled substrátového mycelia. Z výměny kráčet mezi vaznými trámy byl odebrán vzorek obsahující plodnici dřevokazné houby rodu *Gloeophyllum* (trámovka) (Obr. 58). Jedná se o houbu nahnědlé až rezavé barvy, jejíž plodnice mají úzký tvar, roste především na „mrtvém“ dřevu. Obvykle ničí dřevo zevnitř a po objevení plodnice bývá většinou pozdě.

Laboratorní zkoušky dřeva

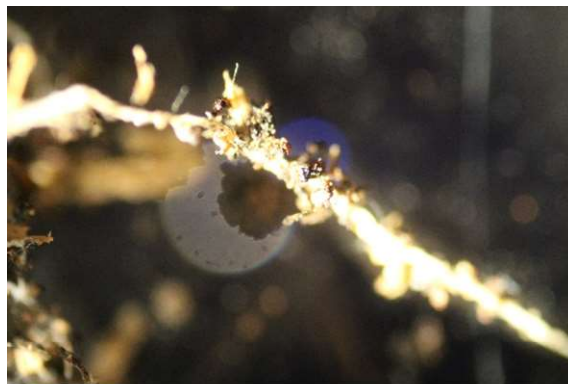


Obr. 58: Plodnice *Gloeophyllum*: a) horní pohled; b) boční pohled

Pro další bádání byl vzorek odebraný z vlhkého místa podroben mikroskopickému zkoumání. Při několika násobném mikroskopickém zvětšení byl nádherně vidět shluk vzájemně se proplétajících vláken, tzv. mycelium (Obr. 59). Na vystupující třísce byly známky houbových zárodků a zbytky „trusu“ zanechaného dřevokazným hmyzem (Obr. 60).



Obr. 59: Mikroskopický snímek mycelia



Obr. 60: Mikroskopický nález na třísce

Laboratorní zkoušky dřeva

---

Dle laboratorních zkoušek došlo k potvrzení výskytu dřevokazné houby rodu *Gloeophyllum*, předpokládané při rozboru a popisu poruch v kapitole 3. *Popis stávajícího stavu a analýza poruch*. Dále byly spatřeny znaky odpovídající možnému působení houby rodu *Serpula* (dřevomorka), kdy dřevo jevílo známky kostkovitě se rozpadající struktury dřeva hnědé barvy. Působení hub má velmi negativní dopad na jednotlivé konstrukce, kdy dochází k prohlubování degradace dřevěných prvků a snižování únosnosti dřeva.

## 5. Statické posouzení krovu

Pro výpočet vnitřních sil a posouzení jednotlivých prvků krovu byl použit software od společnosti Dlubal Software, konkrétně program pro statické a dynamické výpočty RFEM 5.09. Tento program umožňuje modelování 2D a 3D konstrukcí z různých materiálů – dřevo, ocel, beton a dalších. Ke statickému výpočtu a posouzení lze použít různé přídatné moduly zabývající se posudkem spojů, prutů, dynamickou analýzou, stabilitní analýzou a podobně. V mém případě byl použit modul RF-TIMBER Pro – Posouzení dřevěných prutů, dle platných norem a národních příloh.

### 5.1. Stanovení zatížení

Návrh a stanovení zatížení vychází z normy ČSN EN 1990 (730002). Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, a následně z norem na ni navazujících. Kombinace jednotlivých zatěžovacích stavů jsou sestaveny dle ČSN EN 1990 + 1995 -MSÚ (STR/GEO) – trvalá/dočasná – rovn. 6.10.

#### 5.1.1. Vlastní tíha

Vlastní tíha konstrukce vychází z modelu v programu Dlubal RFEM 5.09, kde byla automaticky vygenerována, při uvažování tíhového zrychlení  $g=10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

#### 5.1.2. Stálé zatížení

Výpočet zatížení dle normy: ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

Popis	Rozměr [mm]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$g_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Prejzové tašky s maltou	-	-	1,00
Dřevěné latě	40x60	420	0,03
Celkem			1,03

Tab. 2: Tíha střešního pláště

#### 5.1.3. Užité zatížení

Zatížení bylo stanoveno dle normy: ČSN EN 1991-1-1 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb.

Jedná se o střechu kategorie H – nepřístupné střechy s výjimkou běžné údržby a oprav. Uvažuji hodnotu  $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ .

Statické posouzení krovu

5.1.4. Klimatické zatížení

5.1.4.1. Zatížení sněhem

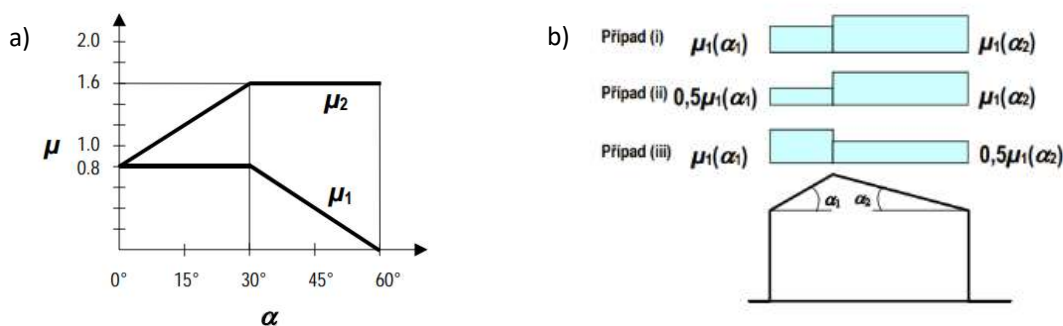
Zatížení bylo stanoveno dle normy: ČSN EN 1991-1-3 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

K výpočtu sněhového zatížení byl použit generátor zatížení v programu Dlubal RFEM 5.09, kde byly nastaveny a použity tyto hodnoty:

Součinitel expozice	$C_e$	1	} Barokní část	
Součinitel tepla	$C_t$	1		
Sněhová oblast I – Praha	$S_k$	0,7		
Tvarový součinitel $\alpha = 52,2^\circ$	$\mu_{1b}$	0,208		
Tvarový součinitel $\alpha = 52,2^\circ$	$\mu_{2b}$	1,6		
Tvarový součinitel $\alpha = 35,4^\circ$	$\mu_{1p}$	0,656		} Prvorepubliková část
Tvarový součinitel $\alpha = 35,4^\circ$	$\mu_{2p}$	1,6		

Tab. 3: Hodnoty sněhové oblasti

Ve výpočtu byla zohledněna možnost navátého sněhu (Obr.51) a třída trvání zatížení uvažována jak krátkodobá. Výpočet proběhl dle vzorce:  $s_i = \mu_i * C_e * C_t * S_k$



Obr. 61: Tvarové součinitele zatížení sněhem – a) součinitel  $\mu$ ; b) uspořádání

5.1.4.2. Zatížení větrem

Zatížení bylo stanoveno dle normy: ČSN EN 1991-1-4 (730035). Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.

K výpočtu zatížení větrem byl použit generátor zatížení dle jednotlivých oblastí v programu Dlubal RFEM 5.09, kde byly nastaveny a použity tyto hodnoty:

Výška konstrukce	$h$	20,6 m
Větrná oblast – Praha		I
Základní rychlost větru	$v_{b,0}$	22,5 m/s
Kategorie terénu		IV
Délka drsnosti	$z_0$	1 m
Min. výška	$z_{min}$	10 m

Tab. 4: Základní hodnoty zatížení větrem

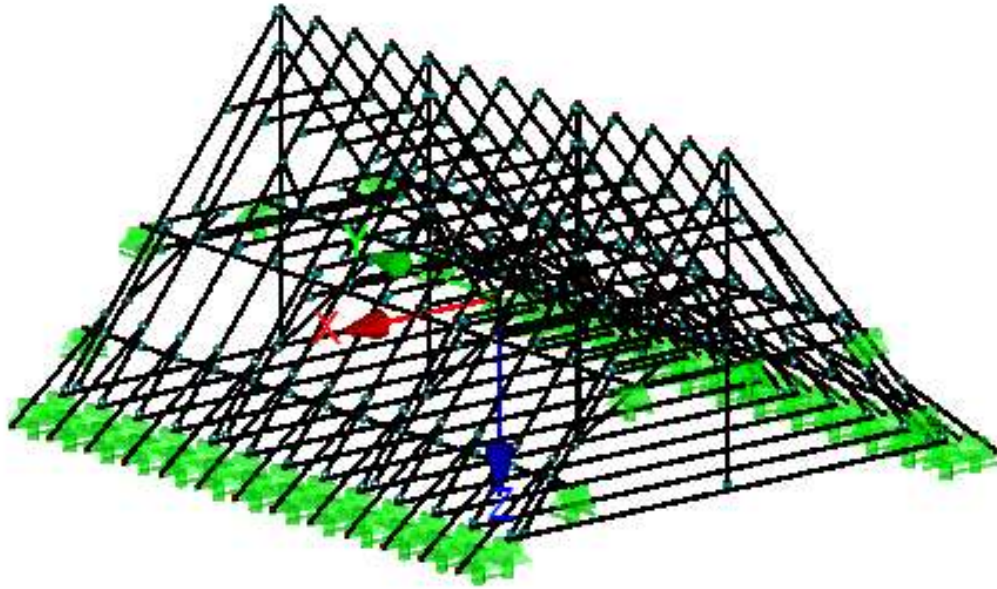
Pro výpočet byly vytvořeny zatěžovací stavy větrů kladných a záporných působících jak v příčném, tak i v podélném směru. Třída trvání zatížení uvažována jak krátkodobá.

## 5.2. Prostorový model – 3D

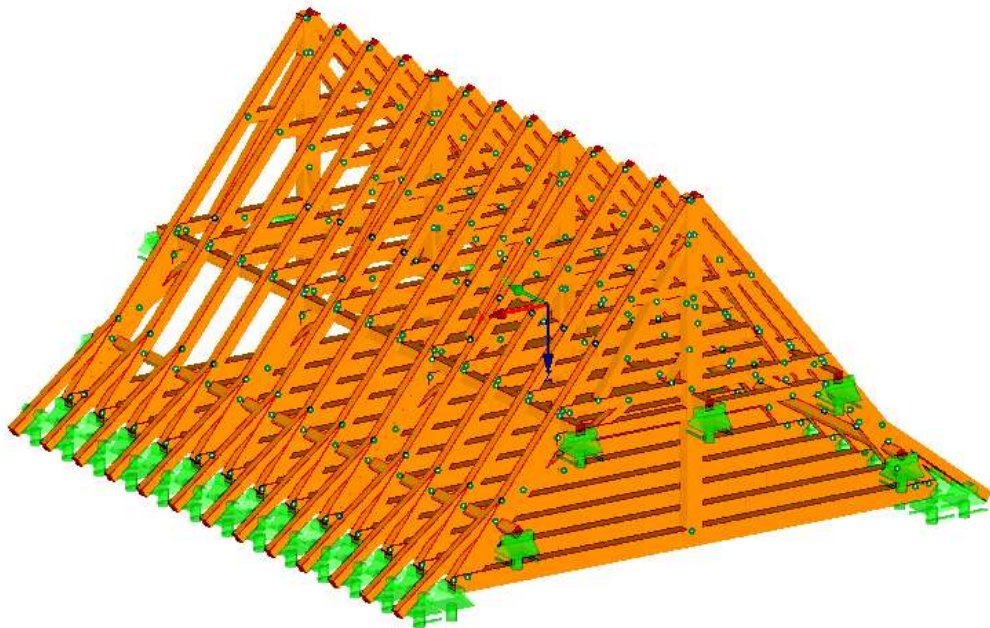
3D model byl zkonstruován dle výkresové dokumentace a doměření velikosti některých prvků v půdních prostorech Toskánského paláce. Ve výpočtovém modelu uvažují jako podporu pro námětky, kráčata a jedné strany vazných trámů posuvný kloub ve směru X v místě pozednice. Na druhém konci vazného trámu kloub neposuvný v plné i jalové vazbě. Podpory konců vaznic jsou řešeny obdobným způsobem jako u vazných trámů jen s jedním rozdílem, a to umožnění posunu ve směru Y místo X. Spoje dřevěných prvků krovu mají významný vliv pro vzájemné spolupůsobení jednotlivých prvků, pro zajištění jeho tuhosti a stability. Komplexně je lze členit jako netuhé, poddajné styčníky, které v modelu uvažujeme jako klouby. Za předpokladu tuhé střešní roviny lze statické posouzení krovové konstrukce pro zjednodušení provést na jednotlivých vybraných plných a jalových vazbách, kdy je posuzována vždy prostřední, tudíž nejvíce namáhaná vazba. Užité zatížení střechy kategorie H je automaticky zohledněno ve výpočetním modelu.



### 5.2.1. Barokní krov

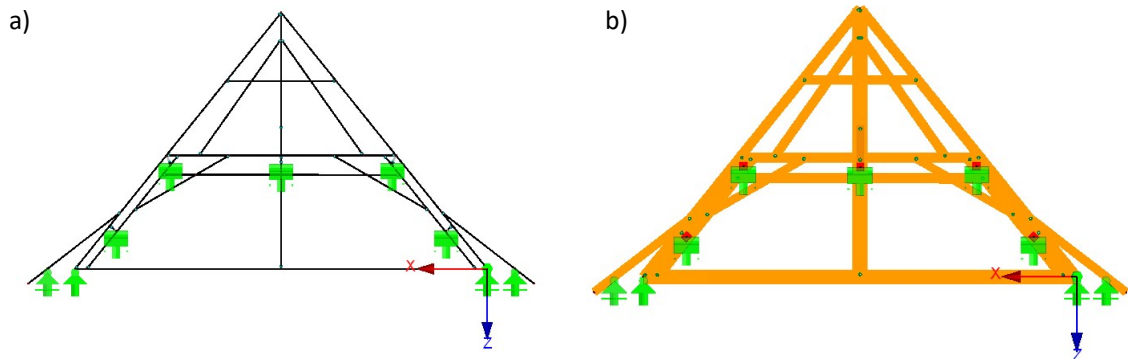


Obr. 62: 3D drátový model

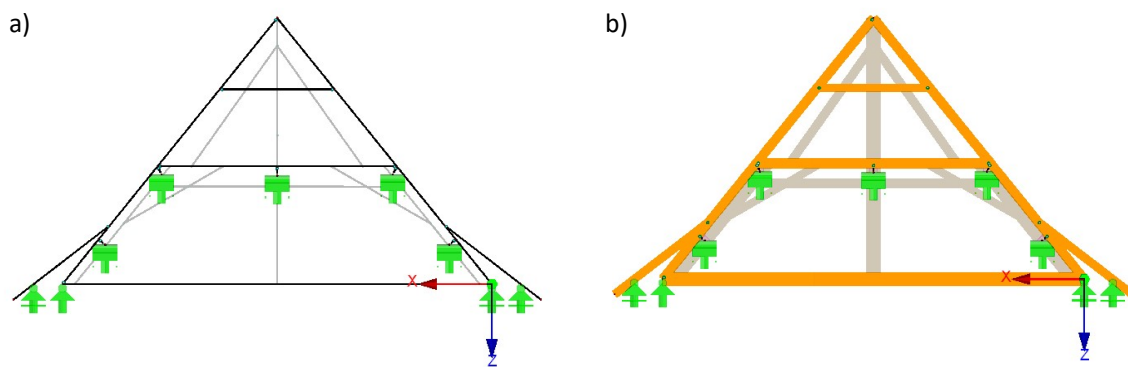


Obr. 63: 3D plný model

Statické posouzení krovu

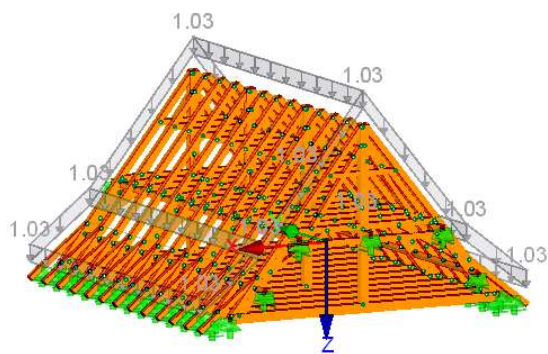


Obr. 64: 3D plná vazba: a) drátový model; b) plný model

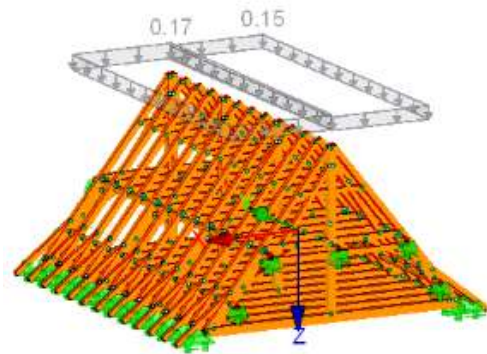


Obr. 65: 3D jalová vazba: a) drátový model; b) plný model

5.2.1.1. Zatěžovací stavy

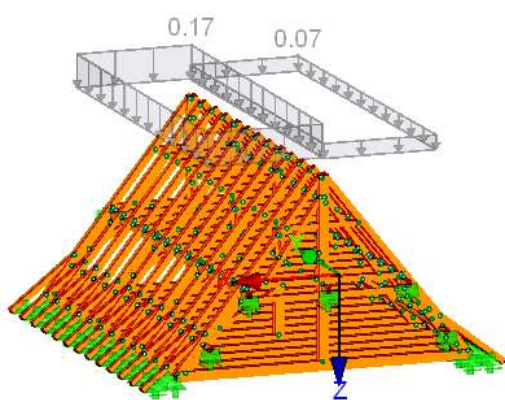


Obr. 66: ZS1-Vlastní tíha + stálé zatížení [kN/m<sup>2</sup>]

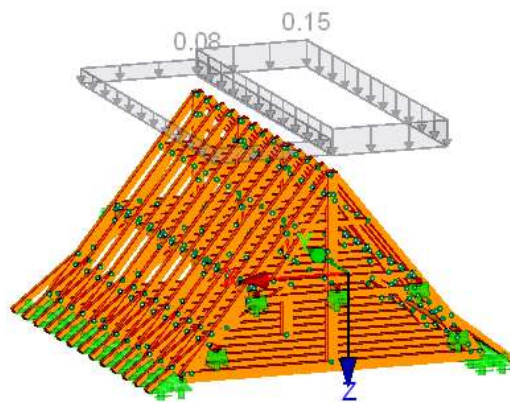


Obr. 67: ZS2-Sníh 1+1 – nenavátý [kN/m<sup>2</sup>]

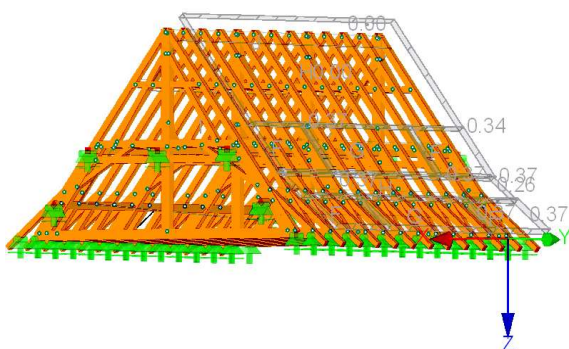
Statické posouzení krovu



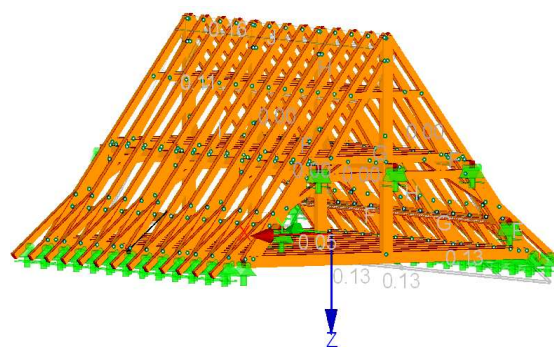
Obr. 68: ZS3-Sníh 1+1/2 – navátý [kN/m<sup>2</sup>]



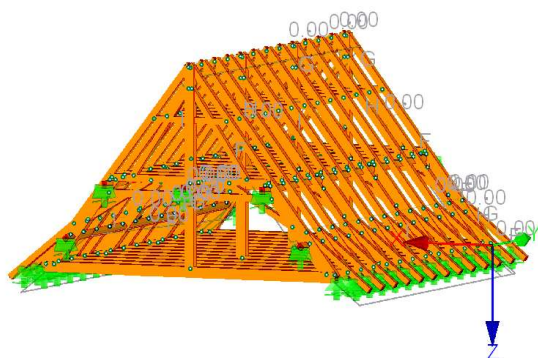
Obr. 69: ZS4-Sníh 1/2+1 – navátý [kN/m<sup>2</sup>]



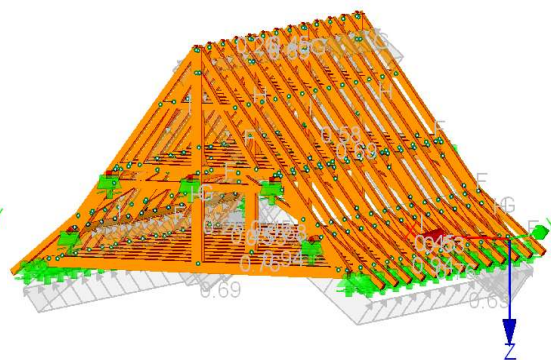
Obr. 70: ZS5-Vítr ve směru osy X+



Obr. 71: ZS6-Vítr ve směru osy X-

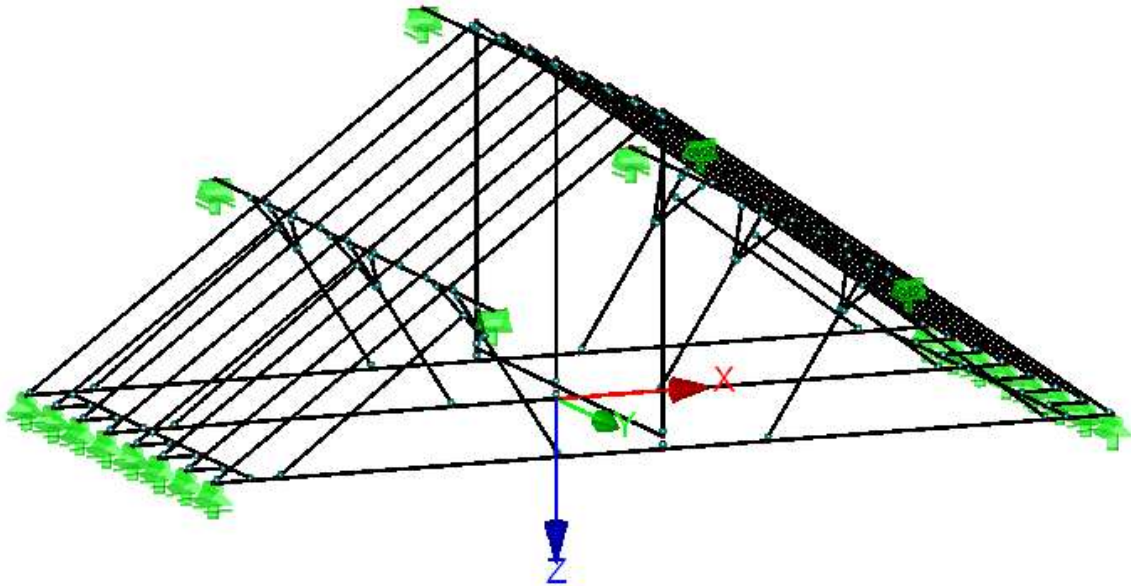


Obr. 72: ZS8-Vítr ve směru osy Y+

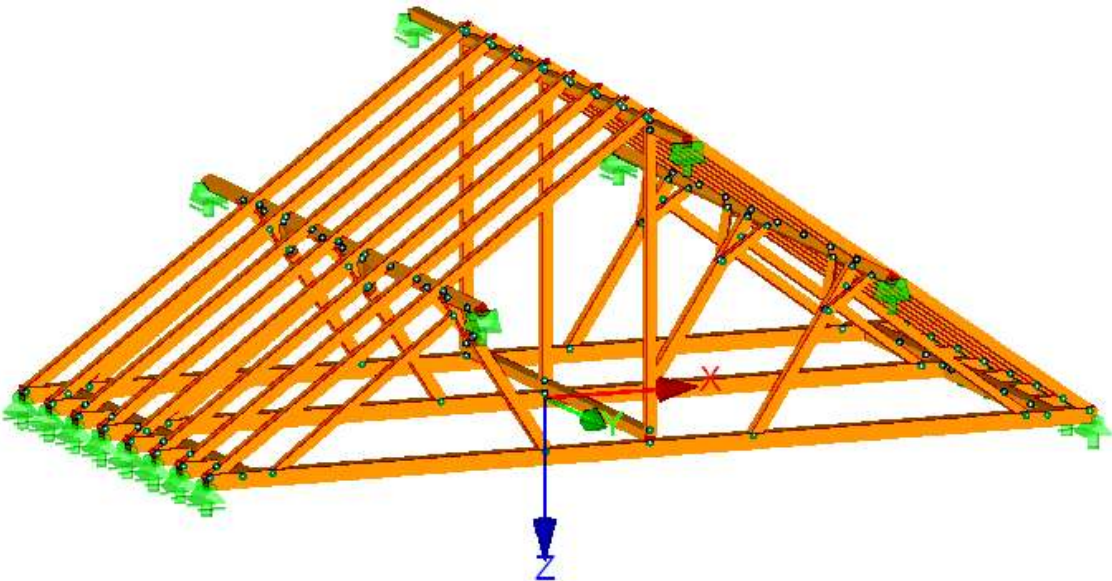


Obr. 73: ZS8-Vítr ve směru osy Y-

### 5.2.2. Prvorepublikový krov



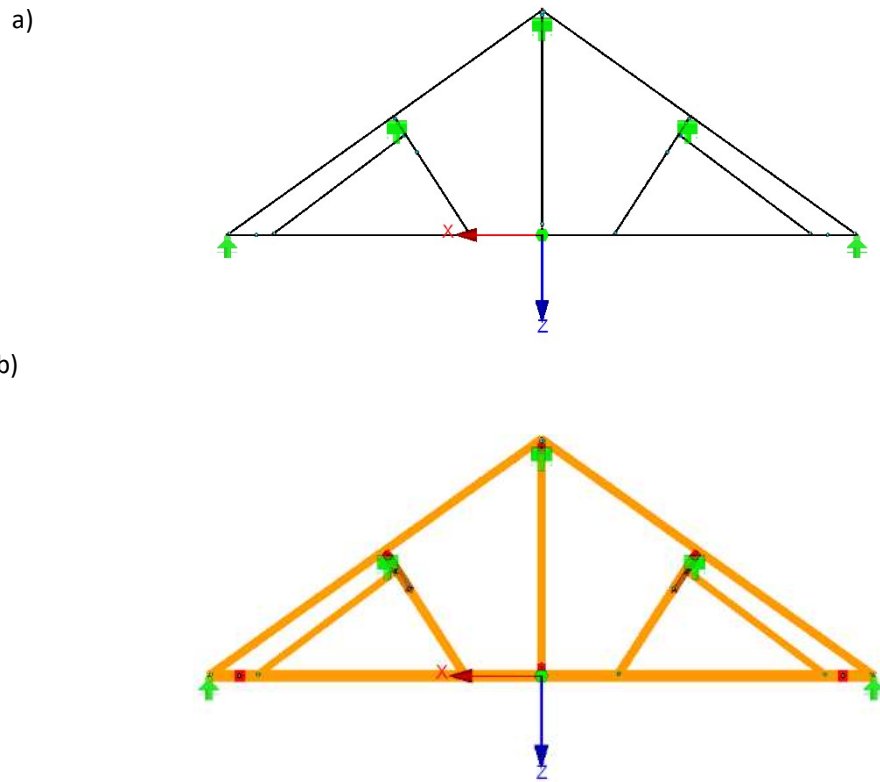
Obr. 74: 3D drátový model



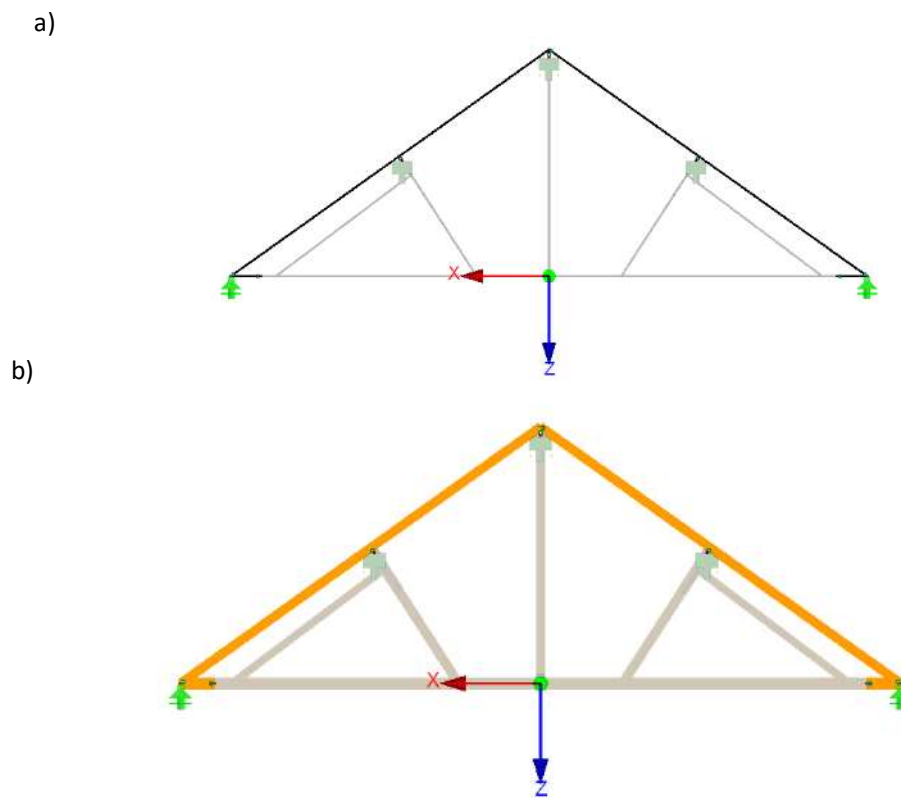
Obr. 75: 3D plný model

Statické posouzení krovu

---



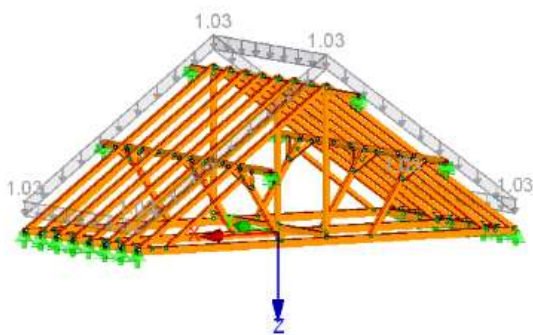
Obr. 76: 3D plná vazba: a) drátový model; b) plný model



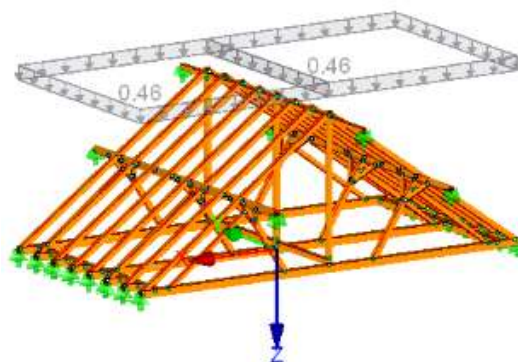
Obr. 77: 3D jalová vazba: a) drátový model; b) plný model

Statické posouzení krovu

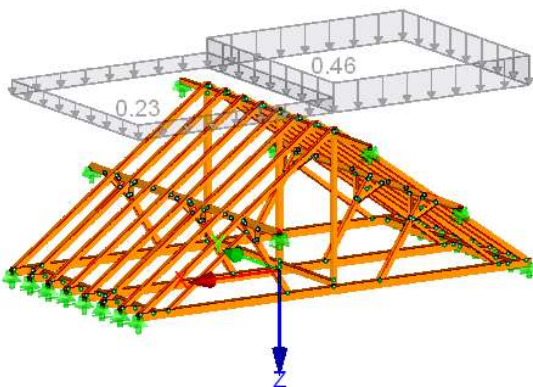
5.2.2.1. Zatěžovací stavy



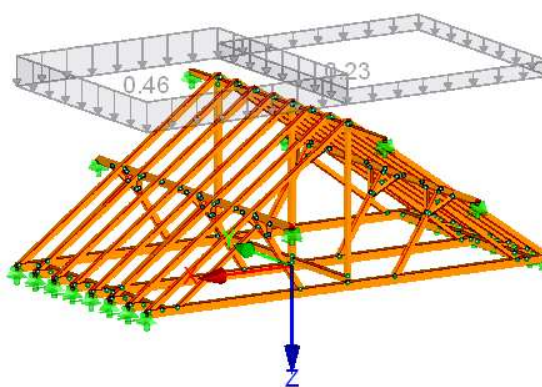
Obr. 78: ZS1-Vlastní tíha + stálé zatížení [kN/m<sup>2</sup>]



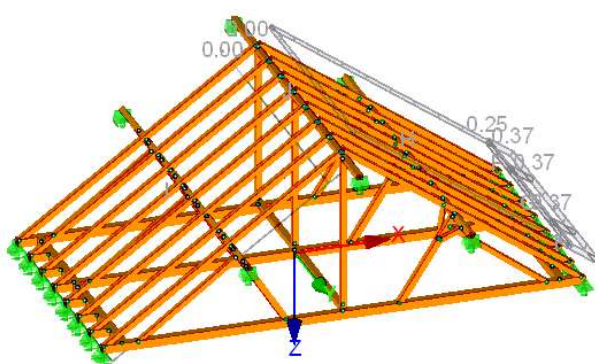
Obr. 79: ZS2-Sníh 1+1 – nenavátý [kN/m<sup>2</sup>]



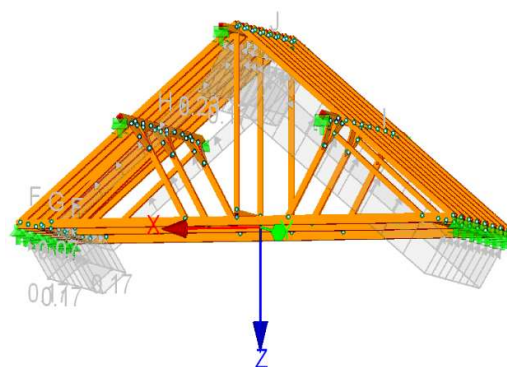
Obr. 80: ZS3-Sníh 1/2+1 – navátý [kN/m<sup>2</sup>]



Obr. 81: ZS4-Sníh1+1/2 -navátý [kN/m<sup>2</sup>]

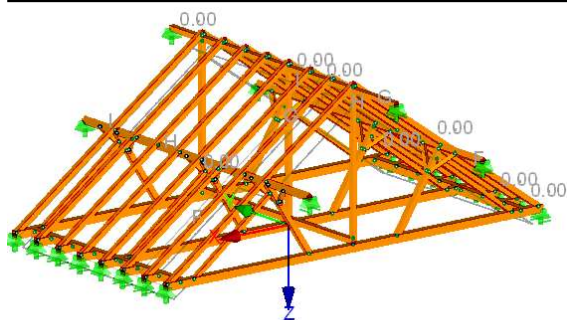


Obr. 82: ZS5-Vítr ve směru osy X+ [kN/m<sup>2</sup>]

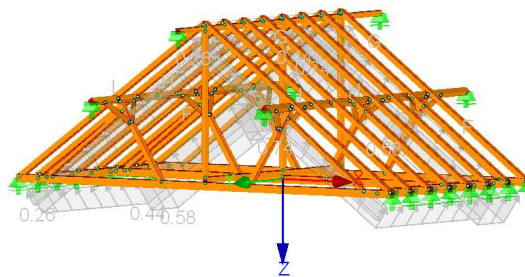


Obr. 83: ZS6-Vítr ve směru osy X+ [kN/m<sup>2</sup>]

Statické posouzení krovu



Obr. 84: ZS7-Vitr ve směru osy Y+ [kN/m<sup>2</sup>]



Obr. 85: ZS8-Vitr ve směru osy Y- [kN/m<sup>2</sup>]

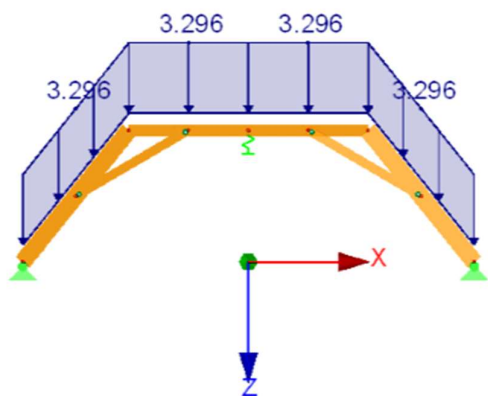
### 5.3. Rovinný model – 2D

Veškeré vstupní hodnoty 2D modelu jsou obdobné jako ve 3D modelu. Pro potřeby výpočtu byly zhotoveny pouze vybrané části jednotlivých krovů, které byly následně zatíženy pouze sněhem a stálým zatížením společně s vlastní tíhou (KZ2).

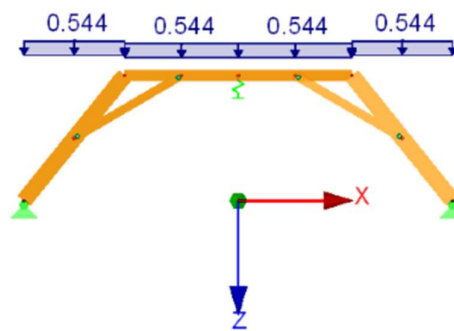
#### 5.3.1. Barokní krov

Pro porovnání 2D s 3D konstrukcí barokního krovu slouží ležatá stolice, která je podepřena pevnými klouby na obou koncích, věšadlový sloupek je zohledněn pružným podepřením hodnoty 10 MN/m. Hodnoty jednotlivých zatížení byly přepočteny z plošného a vztaženy na jednotlivé pruty.

##### 5.3.1.1. Zatěžovací stavy



Obr. 86 ZS1-Vlastní tíha + stálé zatížení [kN/m]

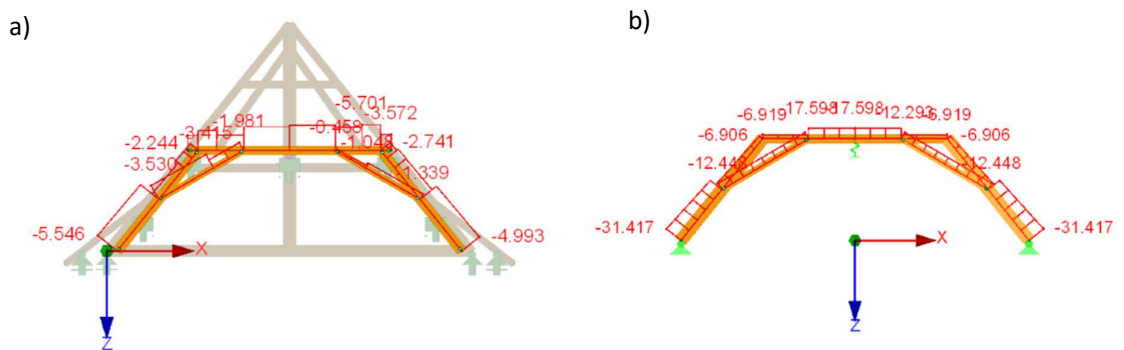


Obr. 87: ZS2-Sníh 1+1 [kN/m]

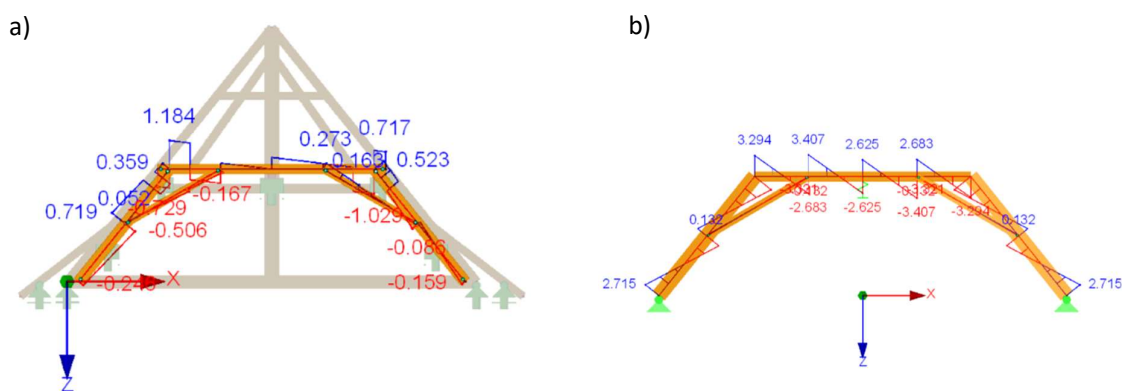
Statické posouzení krovu

5.3.1.2. Srovnání modelů

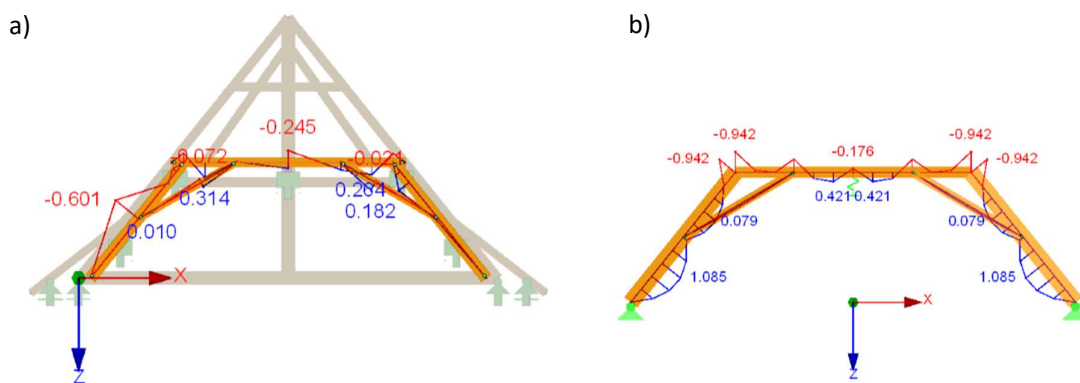
Průběhy vnitřních sil:



Obr. 88: Průběh normálových sil [kN]: a) 3D model; b) 2D model



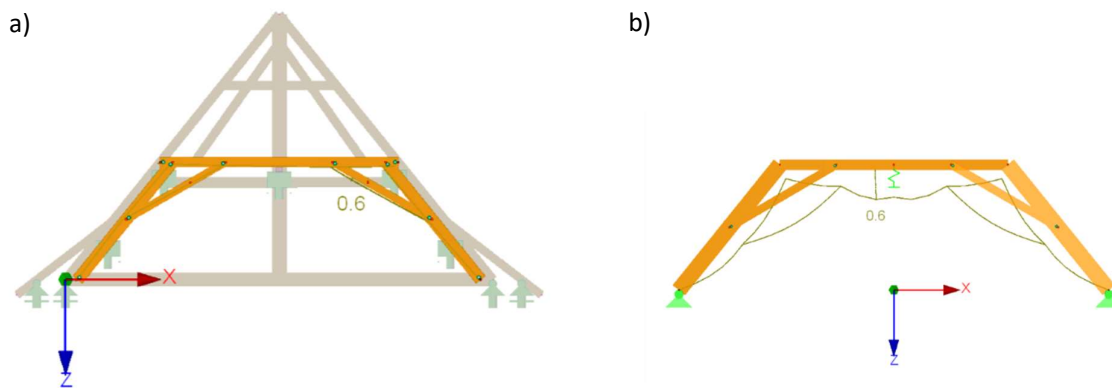
Obr. 89: Průběh posouvacích sil [kN]: a) 3D model; b) 2D model



Obr. 90: Průběh ohybových momentů [kN/m]: a) 3D model; b) 2D model



Statické posouzení krovu



Obr. 91: Průběh průhybů [mm]: a) 3D model; b) 2D model

Maximální hodnoty vnitřních sil:

Hodnoty vnitřních sil v tabulce jsou brány v absolutních hodnotách.

3D model				
Kombinace zatížení	Vnitřní síly			Využití
KZ2	$N_d$	5,546	kN	100%
KZ2	$V_d$	1,184	kN	100%
KZ2	$M_{y,d}$	0,601	kNm	100%
KZ2	$W_{fin,c}$	0,600	mm	100%

Tab. 5: Vnitřní síly-3D model od KZ2

2D model				
Kombinace zatížení	Vnitřní síly			Využití
KZ2	$N_d$	31,417	kN	566 %
KZ2	$V_d$	3,407	kN	288 %
KZ2	$M_{y,d}$	1,085	kNm	180 %
KZ2	$W_{fin,c}$	0,600	mm	100 %

Tab. 6: Vnitřní síly-2D model od KZ2

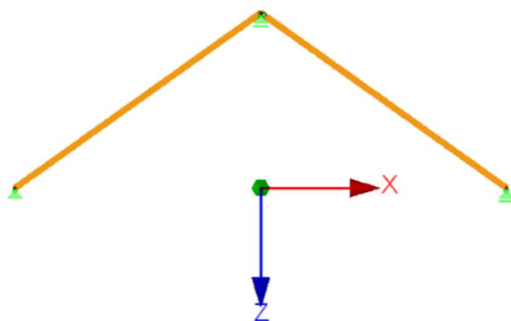
5.3.1.3. Zhodnocení

Z průběhů vnitřních sil je možné vyčíst, že u 2D modelu jsou síly násobně vyšší, avšak deformace konstrukce je v obou případech rovna 0,6 mm. Tyto odchylky jsou s největší pravděpodobností zapříčiněny tím, že u 3D modelu jsme schopni lépe namodelovat jednotlivé spoje navazujících prutů, rovněž dochází k přenosu zatížení mezi pruty. Kdežto ležatá stolice rovinného modelu je zatížena přímo na vazbu.

### 5.3.2. Prvorepublikový krov

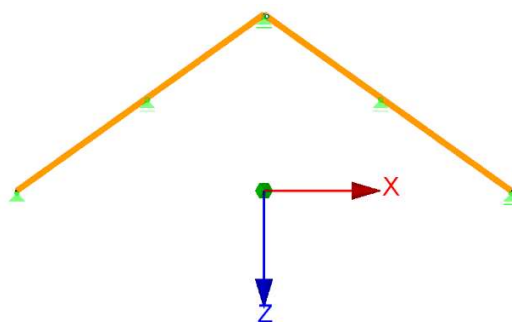
Jalová vazba prvorepublikového krovu je modelována ve třech variantách. Hodnoty jednotlivých zatížení byly přepočteny z plochy na prut.

V první variantě (*Obr. 92*) krokve působí v podstatě jako prostý nosník, kdy je podepření řešeno pevným kloubem na jednom konci a posuvným ve vrcholu a konci druhém.



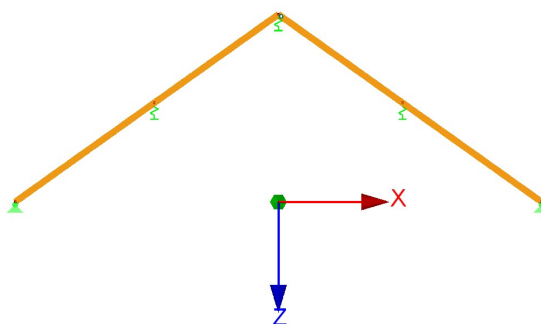
*Obr. 92: Varianta 1*

Druhá varianta (*Obr. 93*) vychází z podepření krokví posuvným kloubem na jedné straně a kloubem pevným na straně druhé. V místech vaznic jsou modelovány posuvné klouby.



*Obr. 93: Varianta 2*

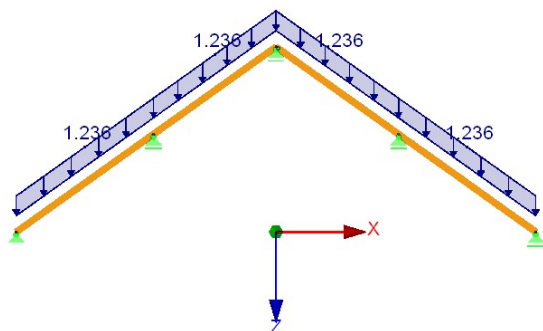
Třetí varianta (*Obr. 94*) pochází z varianty druhé kdy, místě vaznic je podepření zajištěno pomocí pružných podpor ve směru Z. Tuhost podpor jsem po vyzkoušení několika číselných hodnot nastavil na 10 MN/m, kdy jsem snažil co nejvíce přiblížit průběhu posouvacích sil, ohybových momentů a průhybu výsledkům dosažených 3D modelem.



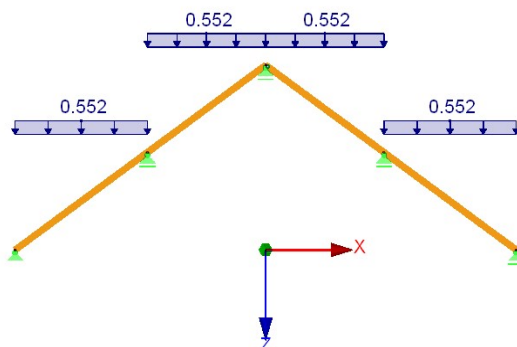
*Obr. 94: Varianta 3*

Statické posouzení krovu

5.3.2.1. Zatěžovací stavy



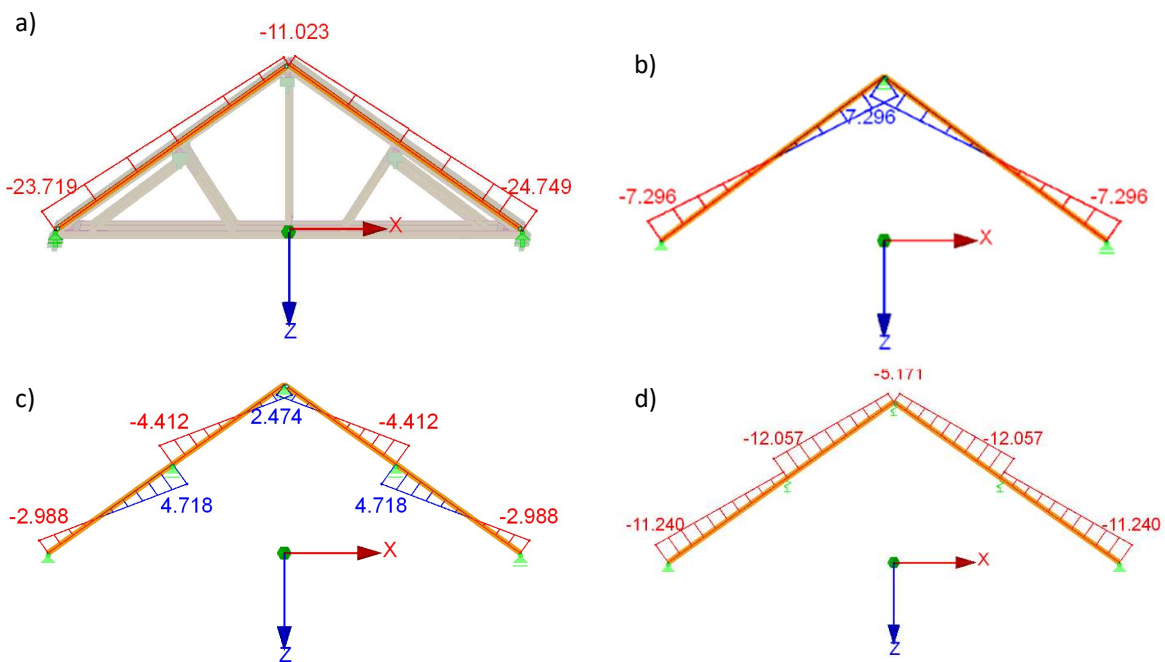
Obr. 95: ZS1-Vlastní tíha + stálé zatížení [kN/m]



Obr. 96: ZS2-Sníh 1+1 [kN/m]

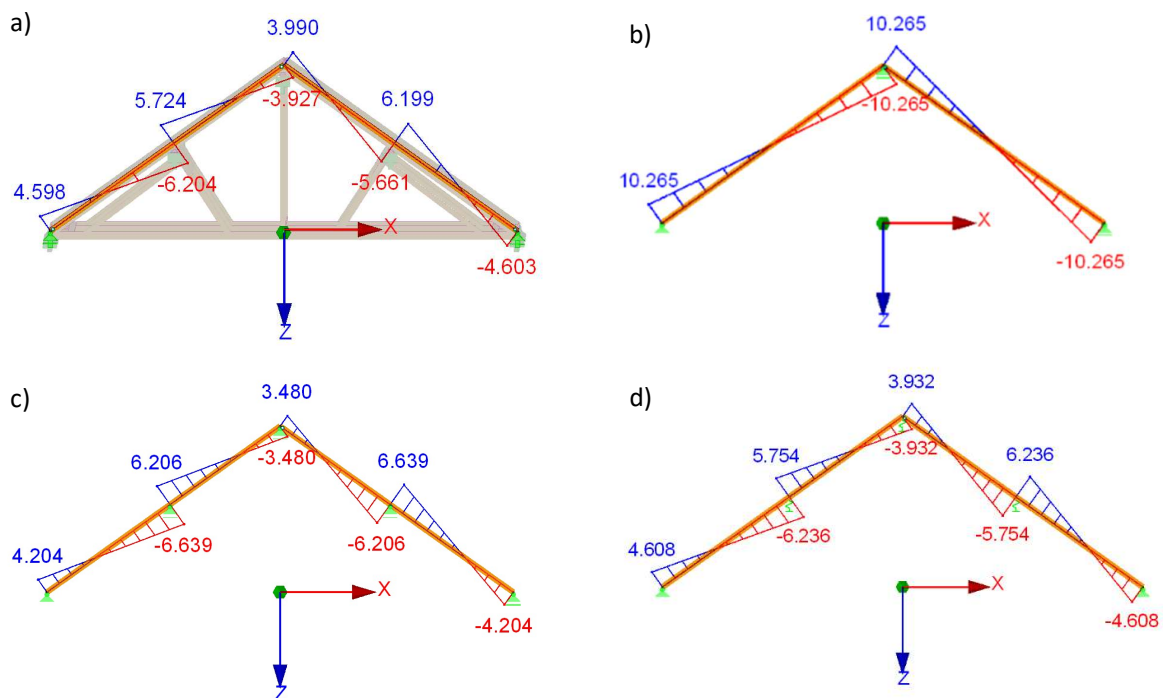
5.3.2.2. Srovnání modelů

Průběhy vnitřních sil:

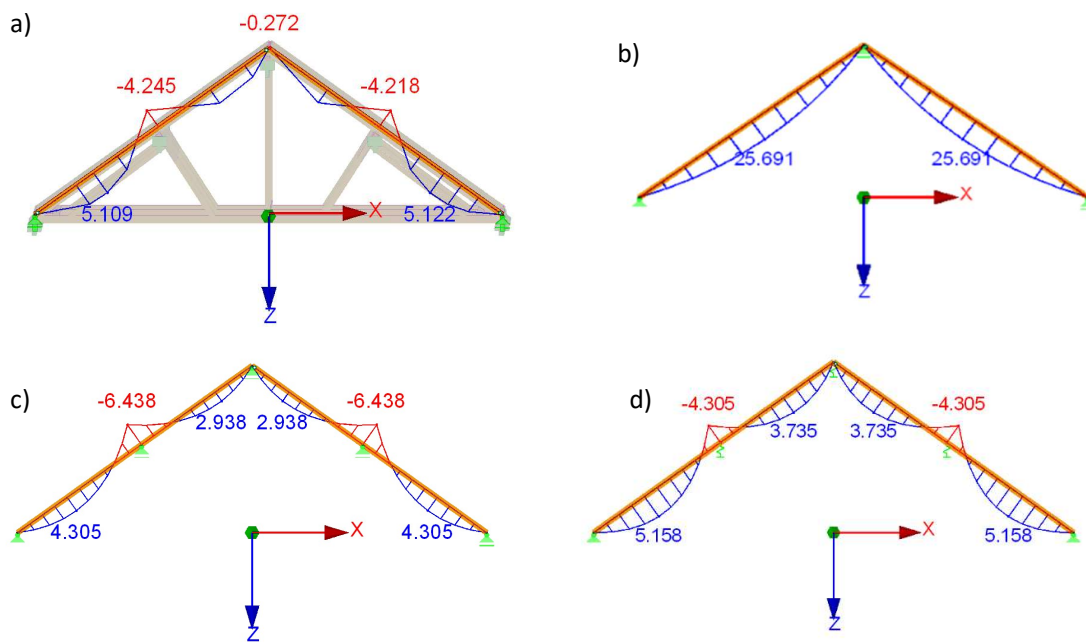


Obr. 97: Průběh normálových sil [kN]: a) 3D model; b) 2D model – var. 1; c) 2D model – var. 2; d) 2D model – var. 3

Statické posouzení krovu

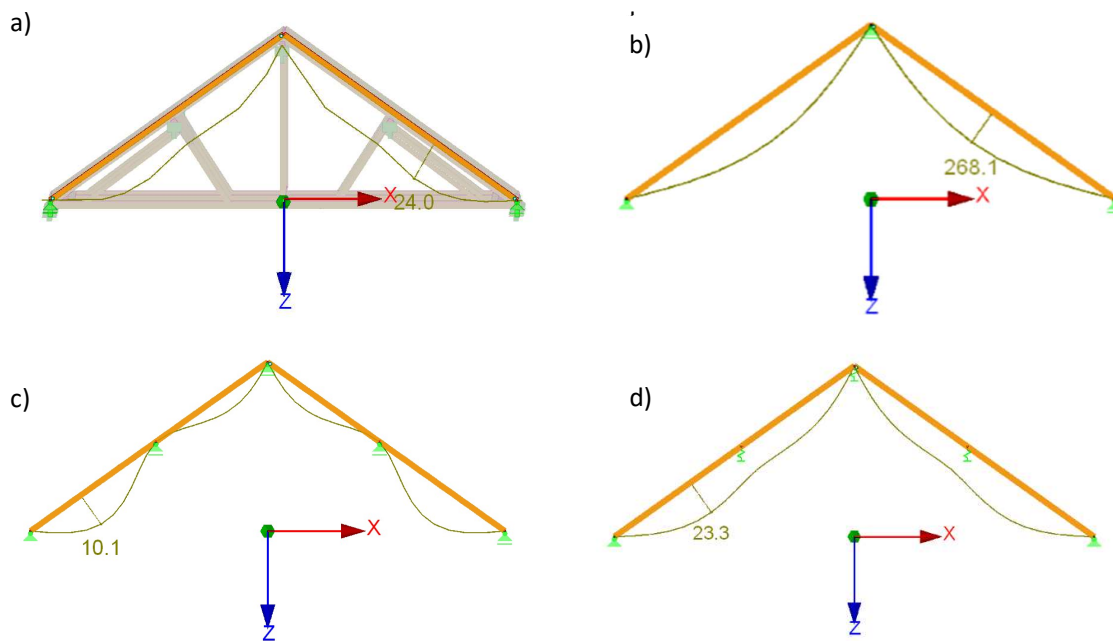


Obr. 98: Průběh posouvacích sil [kN]: a) 3D model; b) 2D model – var. 1; c) 2D model – var. 2; d) 2D model – var. 3



Obr. 99: Průběh ohybových momentů [kNm]: a) 3D model; b) 2D model – var. 1; c) 2D model – var. 2; d) 2D model – var. 3

Statické posouzení krovu



Obr. 100: Průběh průhybů [mm]: a) 3D model; b) 2D model – var. 1; c) 2D model – var. 2; d) 2D model – var. 3

Maximální hodnoty vnitřních sil:

Hodnoty vnitřních sil v tabulce jsou brány v absolutních hodnotách.

3D model				
Kombinace zatížení	Vnitřní síly			Využití
KZ2	$N_d$	23,749	kN	100 %
KZ2	$V_d$	6,204	kN	100 %
KZ2	$M_{y,d}$	5,122	kNm	100 %
KZ2	$W_{fin,c}$	24	mm	100 %

Tab. 7: Vnitřní síly-3D model od KZ2

2D model – varianta 1				
Kombinace zatížení	Vnitřní síly			Využití
KZ2	$N_d$	7,269	kN	326 %
KZ2	$V_d$	10,265	kN	165 %
KZ2	$M_{y,d}$	25,691	kNm	501 %
KZ2	$W_{fin,c}$	268,1	mm	1119 %

Tab. 8: Vnitřní síly-2D model – varianta 1 od KZ2

Statické posouzení krovu

2D model – varianta 2				
Kombinace zatížení	Vnitřní síly			Využití
KZ2	$N_d$	4,718	kN	19 %
KZ2	$V_d$	6,639	kN	107 %
KZ2	$M_{y,d}$	6,438	kNm	125 %
KZ2	$W_{fin,c}$	10,1	mm	42 %

Tab. 9: Vnitřní síly-2D model – varianta 2 od KZ2

2D model – varianta 3				
Kombinace zatížení	Vnitřní síly			Využití
KZ2	$N_d$	12,057	kN	50 %
KZ2	$V_d$	6,236	kN	101 %
KZ2	$M_{y,d}$	5,158	kNm	101 %
KZ2	$W_{fin,c}$	23,3	mm	97 %

Tab. 10: Vnitřní síly-2D model – varianta 3 od KZ2

Zhodnocení

Všechny modely byly porovnány a analyzovány. Dle vypočtených výsledků lze konstatovat, že střední vaznice dosahují což nám dokazuje velmi malé ohybové tuhosti – vaznice se hodně prohne, tudíž nefunguje jako „pevná“ podpora pro jalové krokve, vzhledem k jejímu průřezu tento výsledek byl očekávaný. Ostatními průběhy vnitřních sil odpovídá s menšími odchylkami varianta 3 s uvažovanými pružnými podporami. Nespornou výhodou 3D modelu je možnost posouzení prvků ve více směrech a lepší zohlednění jednotlivých na sebe navazujících spojů prvků, bezsporu také přenos sil mezi nimi.

## 5.4. Statické posouzení

Ke statickému posouzení krovu jsou používány hodnoty z prostorového výpočetního modelu, kdy je uvažovány vždy možná nejhorší kombinace zatížení na dané prvky. Veškeré dřevěné prvky byly počítány v souladu s normou: ČSN EN 1995-1-1 (731701). Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

Statické posouzení krovu

5.4.1. Materiálové charakteristiky

Materiál	Rostlé dřevo – Topolové a jehličnaté dřevo C24
Třída provozu	1
Třída trvání zatížení	$K_{mod} = 0,8$
Parciální součinitel spolehlivosti	$\gamma_M = 1,3$
Modul pružnosti	$E = 11000 \text{ MPa}$
Smykový modul	$G = 690 \text{ GPa}$
Objemová tíha	$\gamma = 4,2 \text{ kN/m}^3$
Char. pevnost v ohybu	$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
Char. pevnost v tahu	$f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$
Char pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$
Char. pevnost v tlaku	$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$
Char pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$
Char. pevnost ve smyku	$f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$
Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$
Modul pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,05} = 247 \text{ MPa}$
Smykový modul	$G_{mean} = 690 \text{ MPa}$
Smykový modul	$G_{05} = 464 \text{ MPa}$
Modul pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$
Modul pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean} = 370 \text{ MPa}$
Hustota	$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$
Pevnost ve valivém smyku	$f_{R,k} = 1 \text{ MPa}$

5.4.2. Barokní krov

5.4.2.1. Krokev

Geometrické charakteristiky:

Šířka průřezu	$b = 160 \text{ m}$
Výška průřezu	$h = 180 \text{ mm}$
Plocha průřezu	$A = 28800 \text{ mm}^2$
Poloměr setrvačnosti k ose Y	$i_y = 52,0 \text{ mm}$
Poloměr setrvačnosti k ose Z	$i_z = 46,2 \text{ mm}$
Moment setrvačnosti	$I_y = 7,776 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$
Moment setrvačnosti	$I_z = 6,144 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$

Statické posouzení krovu

Osová vzdálenost krokví	$l_v = 0,9 \text{ m}$
Elastický průřezový modul	$W_y = 8,640 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$
Elastický průřezový modul	$W_z = 7,680 \cdot 10^5 \text{ mm}^3$

Vnitřní síly a napětí

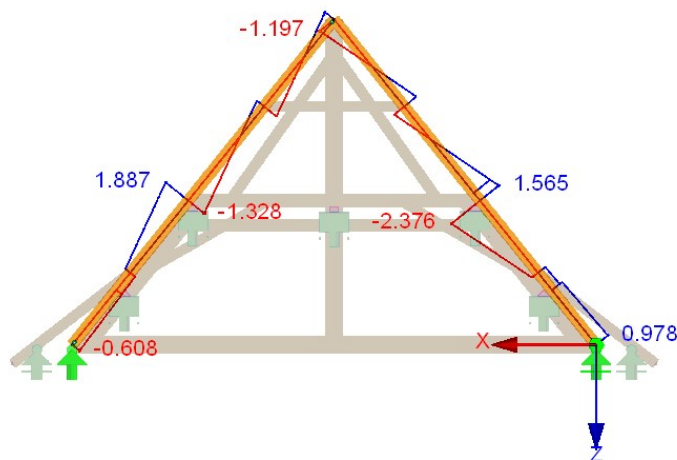
$N_d = -16,426 \text{ kN}$	$V_d = -2,376 \text{ kN}$	$M_{y,d} = 1,299 \text{ kNm}$	$M_{z,d} = 0,047 \text{ kNm}$
$\sigma_{c,0,d} = 0,570 \text{ MPa}$	$\tau_{v,d} = 0,185 \text{ MPa}$	$\sigma_{m,y,d} = 1,503 \text{ MPa}$	$\sigma_{m,z,d} = 0,061 \text{ MPa}$

Posouzení MSÚ:

Smyk

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A} = 0,185 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,462 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 101: Průběhy  $V_d$  [kN]

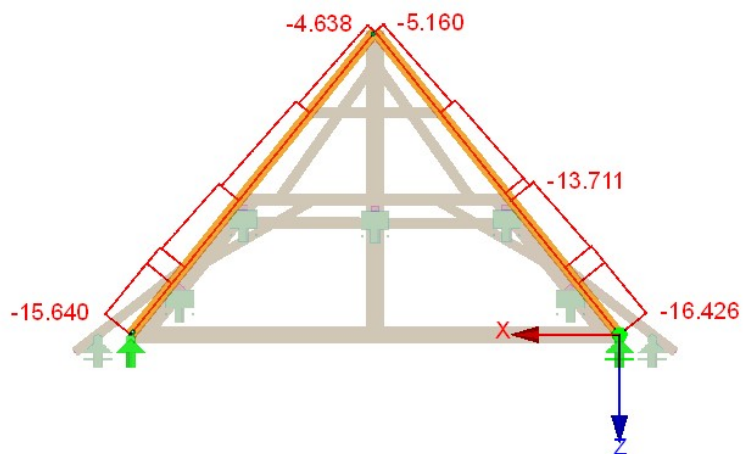
Tlak

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 0,570 \text{ MPa} \leq f_{c,0,d} = 12,923 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Statické posouzení krovu



Obr. 102: Průběhy  $N_d$  [kN]

Vzpěrný tlak

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} \leq 1$$

kde  $k_c$  součinitel vzpěrnosti

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

$\lambda_{rel,y}$  relativní štíhlost

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

Pro rostlé dřevo  $\beta_c=0,2$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$0,25 \leq 1 \rightarrow$  **VYHOVUJE**

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

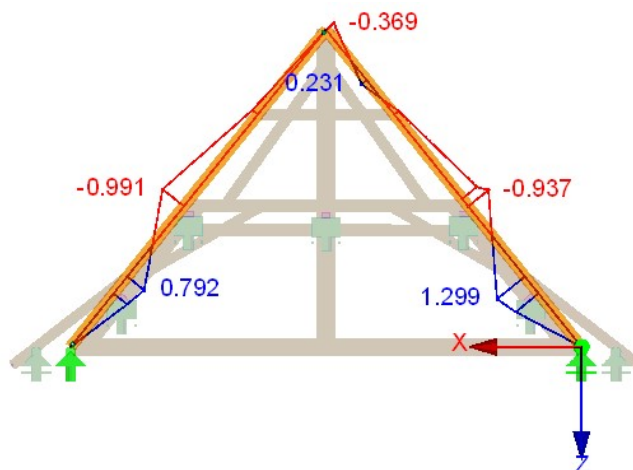
$0,31 \leq 1 \rightarrow$  **VYHOVUJE**

Ohyb

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Statické posouzení krovu

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h_{ap}^2} = 1,503 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,769 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 103: Průběhy  $M_y$  [kNm]

Kombinace ohybu a osového tlaku

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,31 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,11 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kombinace ohybu a vzpěru

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,32 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

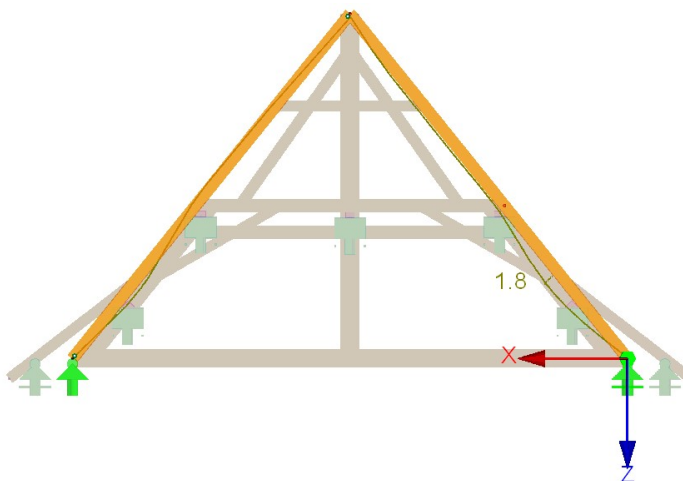
$$0,36 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení MSP:

$$W_{fin,c} \leq \frac{L}{200}$$

$$1,8 \leq 15,5 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Statické posouzení krovu



Obr. 104: Průběhy průhybu [mm]

5.4.2.2. Vazný trám

Geometrické charakteristiky:

Šířka průřezu	b = 200 mm
Výška průřezu	h = 280 mm
Plocha průřezu	A = 56000 mm <sup>2</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose Y	i <sub>y</sub> = 80,8 mm
Poloměr setrvačnosti k ose Z	i <sub>z</sub> = 57,7 mm
Moment setrvačnosti	I <sub>y</sub> = 3,659*10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti	I <sub>z</sub> = 1,867*10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>
Elastický průřezový modul	W <sub>y</sub> = 2,61*10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	W <sub>z</sub> = 1,87*10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>

Vnitřní síly a napětí

N <sub>d</sub> = 14,028 kN	V <sub>d</sub> = - 5,177 kN	M <sub>y,d</sub> = 3,659 kNm
σ <sub>t,0,d</sub> = 0,251 MPa	τ <sub>v,d</sub> = 0,207 MPa	σ <sub>m,y,d</sub> = 1,372 MPa

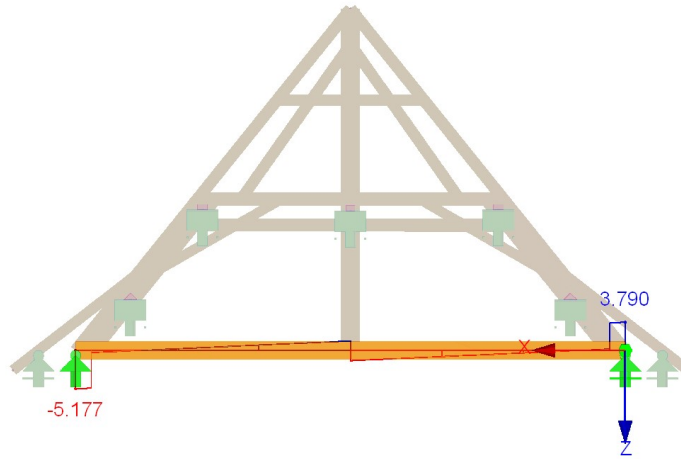
Posouzení MSÚ:

Smyk

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A} = 0,207 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,462 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Statické posouzení krovu

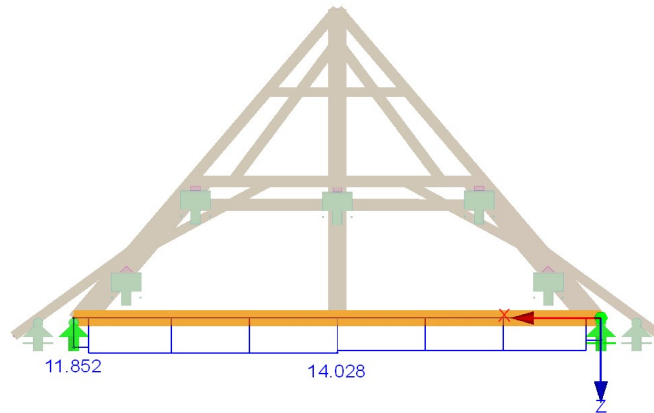


Obr. 105: Průběhy  $V_d$  [kN]

Tah

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 0,251 \text{ MPa} \leq f_{t,0,d} = 8,615 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

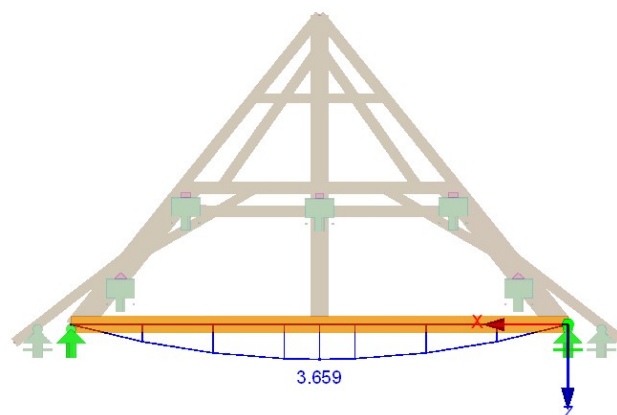


Obr. 106: Průběhy  $N_d$  [kN]

Ohyb

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h_{ap}^2} = 1,372 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,769 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

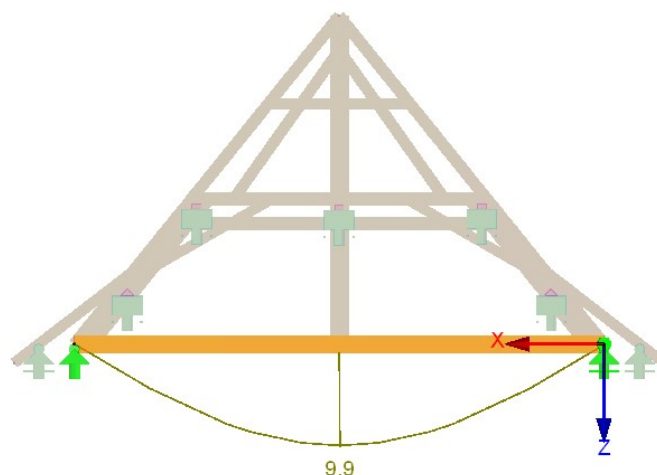


Obr. 107: Průběhy  $M_y$  [kNm]

Posouzení MSP:

$$W_{fin,c} \leq \frac{L}{200}$$

$9,9 \leq 44 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$



Obr. 108: Průběh průhybu [mm]

5.4.2.3. Vaznice, sloupky, pásky, vzpěry, rozpěry, námětky

Posouzení ostatních prvků barokního krovu je součástí přílohy číslo 1 – *Statické posouzení*.

5.4.2.4. Shrnutí

Barokní krov vychází z technického hlediska dnešních norem značně předimenzován. Celková konstrukce má rezervu přibližně 63 %, dle současných návrhových postupů. Většina prvků plní svou přesně předepsanou funkci. Díky modelaci různých zatížení na 3D model můžeme konstatovat, že celková stabilita a tuhost krovu je více jak dostačující.

Statické posouzení krovu

5.4.3. Prvorepublikový krov

5.4.3.1. Krokev

Geometrické charakteristiky:

Šířka průřezu	$b = 160 \text{ m}$
Výška průřezu	$h = 190 \text{ mm}$
Plocha průřezu	$A = 30400 \text{ mm}^2$
Poloměr setrvačnosti k ose Y	$i_y = 54,8 \text{ mm}$
Poloměr setrvačnosti k ose Z	$i_z = 46,2 \text{ mm}$
Moment setrvačnosti	$I_y = 9,145 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$
Moment setrvačnosti	$I_z = 6,485 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$
Osová vzdálenost krokví	$l_v = 1,2 \text{ m}$
Elastický průřezový modul	$W_y = 962,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$
Elastický průřezový modul	$W_z = 810,6 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$

Vnitřní síly a napětí

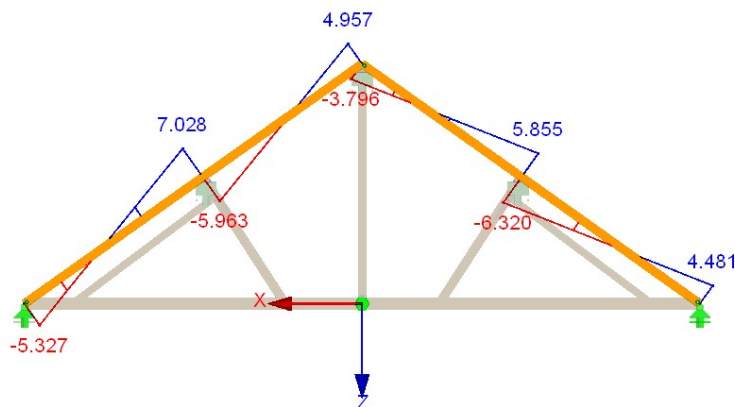
$N_d = -93,403 \text{ kN}$	$V_d = 7,028 \text{ kN}$	$M_{y,d} = 5,875 \text{ kNm}$	$M_{z,d} = 0,054 \text{ kNm}$
$\sigma_{c,0,d} = 3,072 \text{ MPa}$	$\tau_{v,d} = 0,518 \text{ MPa}$	$\sigma_{m,y,d} = 5,851 \text{ MPa}$	$\sigma_{m,z,d} = 0,067 \text{ MPa}$

Posouzení MSÚ:

Smyk

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{A} = 0,518 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,462 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



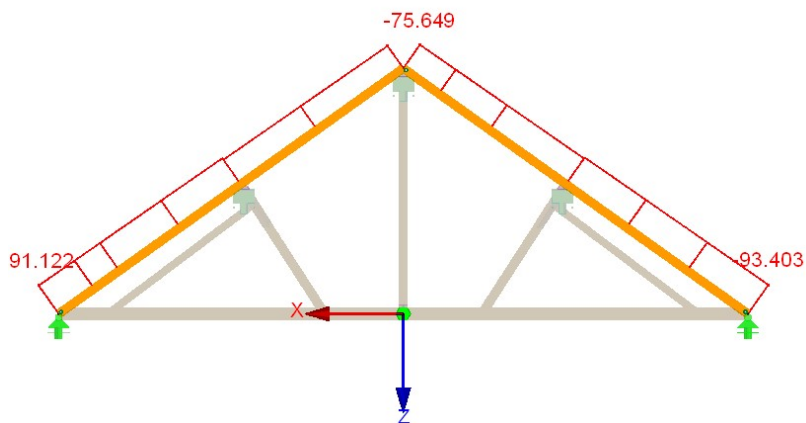
Obr. 109: Průběhy  $V_d$  [kN]

Statické posouzení krovu

Tlak

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 3,072 \text{ MPa} \leq f_{c,0,d} = 12,923 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Obr. 110: Průběhy  $N_d$  [kN]

Vzpěrný tlak

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c * f_{c,0,d}} \leq 1$$

kde  $k_c$  součinitel vzpěrnosti

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

$$k_c = 0,5 * (1 + \beta_c * (\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2)$$

Pro rostlé dřevo  $\beta_c=0,2$

$\lambda_{rel,y}$  relativní štíhlost

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda}{\pi} * \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cy} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$0,41 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{cz} * f_{c,0,d}} \leq 1$$

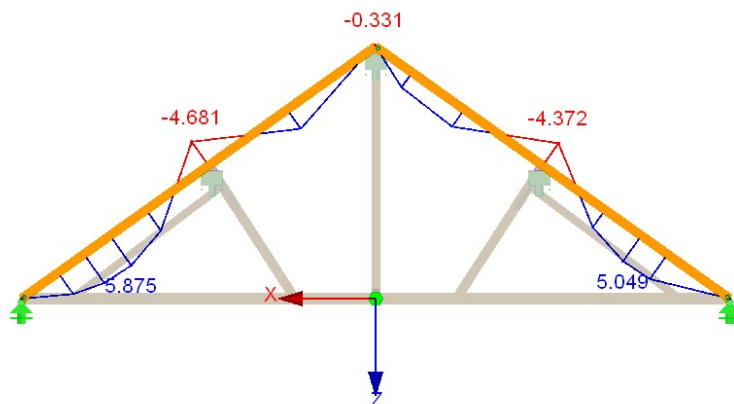
$$0,08 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

## Statické posouzení krovu

Ohyb

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h_{ap}^2} = 5,875 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,769 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$


 Obr. 111: Průběhy  $M_y$  [kNm]

Kombinace ohybu a osového tlaku

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,45 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,06 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Kombinace ohybu a vzpěru

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} * f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$1,09 \leq 1 \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} * f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$0,73 \leq 1 \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

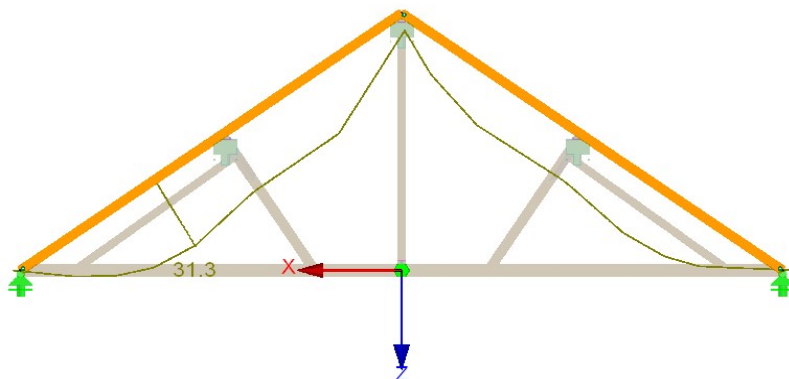
Posouzení MSP:

$$W_{fin,c} \leq \frac{L}{200}$$

$$31,3 \leq 50,1 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



Statické posouzení krovu



Obr. 112: Průběhy průhybu [mm]

5.4.3.2. Vazný trám

Geometrické charakteristiky:

Šířka průřezu	b = 230 mm
Výška průřezu	h = 270 mm
Plocha průřezu	A = 62100 mm <sup>2</sup>
Poloměr setrvačnosti k ose Y	i <sub>y</sub> = 77,9 mm
Poloměr setrvačnosti k ose Z	i <sub>z</sub> = 66,4 mm
Moment setrvačnosti	I <sub>y</sub> = 3,773*10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti	I <sub>z</sub> = 2,738*10 <sup>8</sup> mm <sup>4</sup>
Elastický průřezový modul	W <sub>y</sub> = 2,79*10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>
Elastický průřezový modul	W <sub>z</sub> = 2,38*10 <sup>6</sup> mm <sup>3</sup>

Vnitřní síly a napětí

N <sub>d</sub> = 108,822 kN	V <sub>d</sub> = 41,950 kN	M <sub>y,d</sub> = -50,386 kNm	M <sub>z,d</sub> = 10,846 kNm
σ <sub>t,0,d</sub> = 1,636 MPa	τ <sub>v,d</sub> = 1,512 MPa	σ <sub>m,y,d</sub> = 18,030 MPa	σ <sub>m,z,d</sub> = 4,556 MPa

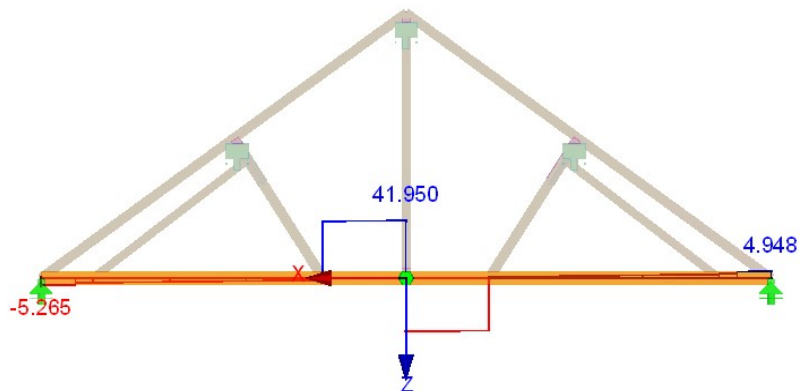
Posouzení MSÚ:

Smyk

$$\frac{\tau_{v,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{A} = 1,512 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,462 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Statické posouzení krovu

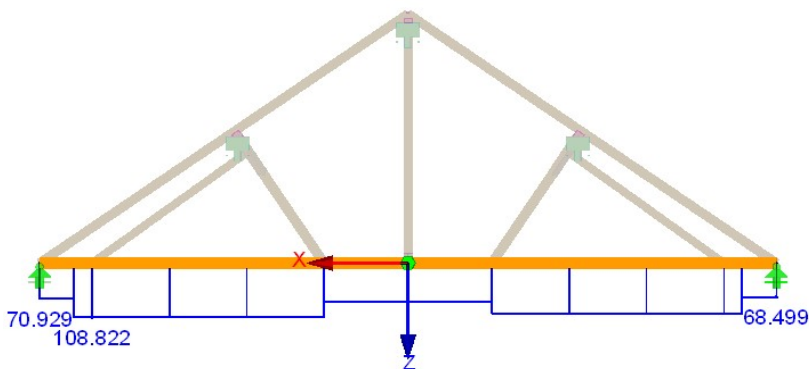


Obr. 113: Průběhy  $V_d$  [kN]

Tah

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N}{A} = 1,636 \text{ MPa} \leq f_{t,0,d} = 8,615 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

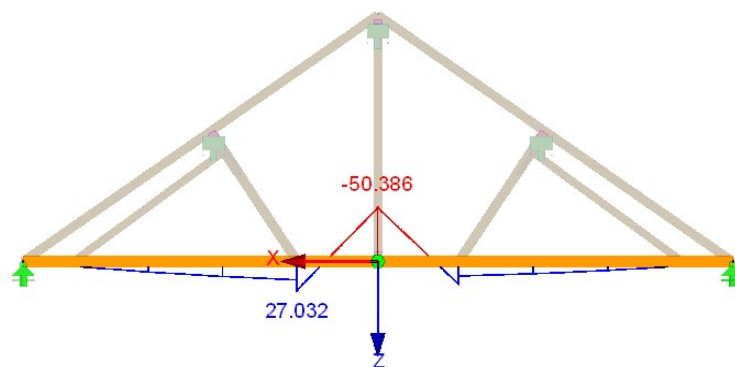


Obr. 114: Průběhy  $N_d$  [kN]

Ohyb

$$\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_{Ed,y}}{b * h_{ap}^2} = 18,030 \text{ MPa} \leq f_{m,d} = 14,769 \text{ MPa} \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

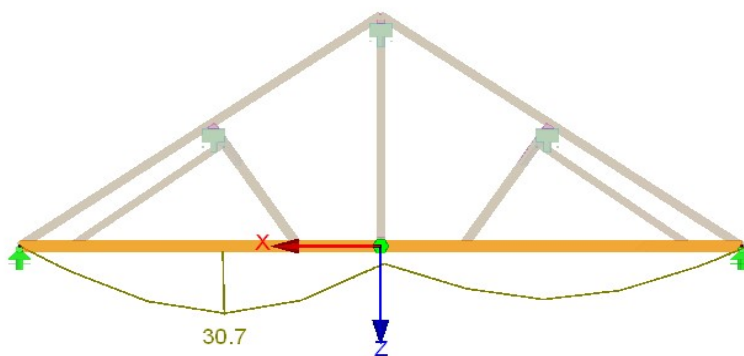


Obr. 115: Průběhy  $M_y$  [kNm]

Posouzení MSP:

$$W_{fin,c} \leq \frac{L}{200}$$

$30,7 \leq 81,6 \text{ mm} \rightarrow$  **VYHOVUJE**



Obr. 116: Průběhy průhybu [mm]

#### 5.4.3.3. Vaznice, sloupky, pásy, vřpěry

Posouzení ostatních prvků prvorepublikového krovu je součástí přílohy číslo 1 – *Statické posouzení*.

#### 5.4.3.4. Shrnutí

Některé prvky prvorepublikového krovu nevyhovují dle současných norem, kdy se například u vaznice dostaneme až na přibližně 156 % její využitelnosti. Díky modelaci různých zatížení na 3D model můžeme konstatovat, že celková stabilita a tuhost krovu je nedostačující a bude potřeba navrhnout vhodná sanační opatření.

## 6. Ochrana a metody oprav a sanací dřevěných prvků

### 6.1. Ochrana dřeva

Ochrana dřeva představuje soubor opatření, kterými lze předcházet škodám na dřevě, způsobeným napadením biotickými škůdci, povětrností a ohněm. Mezi tato opatření patří výběr kvalitního dřeva, stavební a konstrukční opatření, jejichž cílem je, aby použité dřevo bylo chráněno před vlhkostí a dlouhodobě uchováno v suchém stavu. Povrchové ošetření proti vlivům povětrnosti jako je působení vody, větru, ultrafialového záření apod. Použitím biotických chemických prostředků snižujeme atraktivitu dřeva pro škůdce, tlumení rozvoje škůdců, případně jeho likvidace. Protipožární opatření a použití prostředků na ochranu dřeva proti ohni. Použitím dřeva a jeho ochranou se zabývá mnoho norem – např.: ČSN 73 1701, ČSN 73 2810, ČSN EN 1995-1-1, ČSN EN 350-2 [4].

U památkově chráněných objektů je při ochraně dřevěné konstrukce nebo prvku nutno vždy zajistit historický způsob ochrany povrchu dřeva konstrukce a jeho proměny, posoudit stav původního povrchu, posoudit stav dřeva, posoudit nutnost ochrany dřeva. Při rozhodování o způsobu ochrany nebo úpravy povrchu jsou obvykle zvažovány tyto možnosti ponechání dřeva bez ochrany, ponechání nebo obnovení historického způsobu ochrany, použití novodobého způsobu ochrany [4].

### 6.2. Protipožární opatření

Cílem protipožárních opatření je zabránit vzniku požáru, zajistit bezpečný únik osob, bránit šíření požáru uvnitř i vně objektu, vytvořit podmínky pro rychlé a účinné hašení. U památkově chráněných staveb je kladen větší důraz na ochranu a preventivní opatření, a to zejména na protipožární ochranu při stavbě, snížení rizika požáru, konstrukční principy ochrany budov proti požáru, ochrana konstrukcí před požárem a opatření pro urychlení protipožárního zásahu [4].

Chemické prostředky, které slouží ke snížení hořlavosti dřeva nebo omezují šíření plamene po jeho povrchu, dělíme do dvou skupin - amonné soli tvoří plynné zplodiny, které zabraňují přístupu vzduchu, pěnotvorné vícesložkové systémy obsahující pojivo nadouvadla a retardéry hoření, při zvýšené teplotě vytvářejí izolační vrstvu pěny. Mezi retardéry hoření lze zařadit sloučeniny boru, které mají zároveň biocidní účinnost, ale nutné výrazně vyšší množství, než proti hmyzu. Užití některých typů retardérů hoření pro ochranu konstrukcí památkových objektů je nevhodné zejména pro vliv těchto látek na vzhled dřeva. Jedná se o prostředky na bázi amonných solí, které mohou zapříčinit korozi dřeva takzvané „rozvlákňování“, obzvláště při opakovaném používání. Pěnotvorné prostředky mají obecně

nejvyšší životnost, jsou účinnější a vzhled jimi ošetřeného dřeva je přijatelný. Mezi tyto prostředky lze zařadit například „Flamgard“ [6].

### 6.3. Biologické napadení a opatření

Trvanlivost dřeva proti dřevokazným houbám a hmyzu se zajišťuje především impregnací pomocí různých chemických prostředků. Kromě impregnace dřeva je možné použít i jiné způsoby ochrany dřeva které jsou méně časté. Patří k nim např. plynování nebo ozařování gama zářením, případně ohřev dřeva na teplotu 60 až 80 °C po dobu cca 5 hodin, při maximálně padesátiprocentní vlhkosti prostředí. Pro plynování se používá obvykle fosforovodík nebo kyanovodík. Tento zásah má jednorázový účinek a využívá se například v památkově chráněných objektech. Radiační ošetření využívá gama záření, které má biocidní účinky. Jedná se opět o jednorázový účinek, tento způsob je finančně náročný a rozměry předmětů určených k ozaření musí odpovídat velikosti komory, využívá se pro nábytek nebo jeho části [6]. Metoda zahřátí dřeva horkovzdušným agregátem je velmi finančně náročná a nese s sebou rizika vzniku trhlin při vysušení dřeva, v historických krovech se moc nevyužívá [4].

V rámci likvidace dřevokazných hub a s tím související hniloby je primárně důležité odstranit stavební poruchy, zdroje vlhkosti apod. Platí, že takto poškozené dřevo je třeba ořezat až na zdravé dřeva [4]. Nejčastěji používané chemické prostředky jsou chlorid zinečnatý, fluorid sodný, fluorid draselný, hexafluorokřemičitan zinečnatý, tetraboritan sodný, kyselina boritá [5].

Účinky ochranných látek lze obecně rozdělit podle různých hledisek, a to podle účinnosti na druh škůdce, kdy fundicidní přípravky jsou určeny proti houbám a plísním, kdežto isekticidní proti dřevokaznému hmyzu, dále podle míry ničení na preventivní a likvidační. Dřevo je podle norem ČSN EN 335-1 a ČSN EN 335-2 rozděleno do 5 tříd ohrožení, podle kterých se volí vhodný typ sanace a přípravek [6].

Třída ohrožení 1 - dřevo je v interiéru staveb plně chráněné před povětrností, bez kontaktu s vodou, zemí nebo neizolovaným zdivem. Vlhkost dřeva nikdy nepřevyšuje 20 %. Předpokládané možné napadení dřevokazným hmyzem, dřevokaznými houbami a plísněmi je zanedbatelné [6].

Třída ohrožení 2 - dřevo je v interiéru staveb chráněné před účinky povětrnosti, prostředí může vést k občasnému zvýšení vlhkosti dřeva nad 20 %. V tomto prostředí lze předpokládat možné napadení dřevokazným hmyzem, dřevokaznými houbami a plísněmi [6].

Třída ohrožení 3 – dřevo je v exteriéru nebo v interiéru nechráněné před působením povětrnosti a vody. Není v trvalém kontaktu se zemí nebo sladkou vodou. Vlhkost dřeva opakovaně a často dosahuje hodnot vyšších než 20 %. Lze předpokládat možnost napadení dřevokaznými houbami, plísněmi a hmyzem [6].

Třída ohrožení 4 – dřevo je v trvalém kontaktu s vodou nebo se zemí. Vlhkost trvale vyšší než 20 %. Lze předpokládat napadení houbami, hmyzem a plísněmi [6].

Třída ohrožení 5 - dřevo je vystaveno trvalému a přímému kontaktu s mořskou vodou [6].

### 6.3.1. Technologie sanace

#### 6.3.1.1. Horkovzdušná sanace

Likvidace dřevokazného hmyzu horkým vzduchem je proces řešený německou normou DIN 68 800. Tepelný proces působí tak, že jsou vlivem dostatečně vysoké teploty napříč celým průřezem dřeva usmrcena veškerá vývojová stadia hmyzu, která se ve dřevě nacházejí. Pro úspěšnou likvidaci biotických škůdců je nutné sanované dřevo ohřát na teplotu 55 °C po dobu 60 minut, při této teplotě a čase dochází ke koagulaci bílkovin hmyzu a jejího následného usmrcení. Denaturace bílkovin je proces projevující se rozpadem polypeptidového řetězce, který tak ztrácí svou charakteristickou strukturu. Okrajové oblasti dřeva jsou z pohledu napadení nejkritičtějšími částmi v širokém spektru druhů dřevin i stáří. Horkovzdušná metoda je považována za účinnou i z hlediska směru šíření tepla, které působí od povrchových vrstev, kde je napadení nejčastější. Právě zde jsou v prvních etapách ohřevu teploty nejvyšší [7].

Horký vzduch o teplotě 100–120 °C je generován ve výkonných mobilních horkovzdušných agregátech Nolting o výkonu horkého vzduchu 7500 m<sup>3</sup>/h a Heimer o výkonu 22 500 m<sup>3</sup>/h (*Obr. 117*). Mobilní ohříváče jsou vybaveny ekologickými hořáky na lehké topné oleje, které jsou napojeny na třífázový proud. Prostřednictvím potrubí (*Obr. 118*) je horký vzduch vháněn do sanačního prostoru zpravidla střešními otvory nebo průniky ve střešním pláště. Střešní prostor je nutné směrem ven co nejlépe utěsnit, obvykle za použití termofólie, které uzavírají sanovaný prostor. Malé netěsnosti u dostatečně velkého množství ohřátého vzduchu zlepšují cirkulaci vzduchu a zabraňují tvorbě vzduchových polštářů s malou vodivostí [7].



Obr. 117: Mobilní generátor [12]



Obr. 118: Rozvod a příprava v objektu [12]

Sanace horkým vzduchem musí být doprovázena doplňkovou chemickou ochranou vhodným fungicidním nátěrem [7].

Výhodami horkovzdušné sanace je možnost monitorování teplot v průřezu prvku, monitorování teplot vzduchu v sanovaném prostoru, rovnoměrné rozdělení teplot v průřezu, ohřev konstrukce v jednom procesu, výsledná dokumentace teplot a bezpečnost práce [7].

Za nevýhody lze považovat nemožnost sanace v zimních měsících a pracné zajištění přístupu horkého vzduchu [7].

#### 6.3.1.2. Mikrovlnná sanace

Při sterilizaci dřeva mikrovlnou energií je problematika vázaného pohybu fyzikálních polí doplněna o nové fyzikální jevy, takzvané lokální přehřátí neboli „hot spots“. Konstrukční řešení zařízení využívající mikrovlnou energii, vyžaduje několika podstatných teoretických a praktických otázek, týkajících se rozložení teploty a vlhkosti v materiálu během sušení a rozložení elektromagnetického pole v samotném zařízení. Dosažení požadované teploty v celém průřezu materiálu, probíhá nerovnoměrně dáno nehomogenitou elektromagnetického pole i materiálu, a to hlavně v podélném směru v závislosti na vlhkosti dřeva. Problémy v podobě nehomogenní distribuce pole, vznik horkých a studených zón, lokálního přehřátí materiálu, nedokonalého zařízení pro přenos energie, nevyhovujícího konstrukčního materiálu samotného zařízení a nedostatečného měření parametrů v průběhu procesu, je nutné považovat za základní omezení využití mikrovlnné energie při sanaci materiálů. Změnu odrazových podmínek elektromagnetického pole je možné zajistit pomocí těles rozličných tvarů, jako jsou desky, talíře, pohyblivé kuličky a podobně [7].

Při vlhkosti dřeva 30 %, tedy stavu, kdy jsou buněčné stěny zcela nasyceny vodou, je na frekvenci 2,45 GHz hloubka vniku vln okolo 50 až 80 milimetrů. V této hloubce dochází k prudkému útlumu amplitudy a úbytku kinetické energie, tím je neúměrně prodloužen čas a účinnost záření na likvidaci dřevokazného hmyzu a hub. Mikrovlny jsou v boji proti dřevokazným houbám a hmyzu omezeny i z technického hlediska, a to malou účinnou plochou záření, vycházející z tvaru antény pro výstup energie, a vlastním výkonem generátorů. Nehomogenita elektromagnetického pole výrazně ovlivňuje teplotní rozložení v průřezu materiálu a tím jeho výsledný ohřev [7].

Mimo uvedené limity využití zejména v podobě hloubky vniku a distribuce ohřevu je u mikrovlnné technologie významná i otázka měření parametrů během procesu sterilizace. Na toho, že mikrovlnná technologie je bezkontaktní, představuje výhody pro různé vakuové procesy, ale v konkrétních aplikacích nastává problém s měřením teploty. Bezkontaktně lze měřit teploty povrchové, nikoliv objemové. K ověření vlastností navrženého aplikátoru zařízení, tedy k stanovení středního výkonu, ověření objemové homogenity energie je možné využít kalorimetrické metody. Při procesu sanace není

možné dostupnými metodami měřit vlhkost v objemu dřevěných prvků. Jednou z možností je využít FEM simulace nebo DTS systémy [7].

Přímým ozářením dřeva napadeného dřevokazným hmyzem dochází v rotaci polárních částic, tedy vody v těle brouka a k jeho následnému usmrcení. Ovšem kvůli malé hloubce vniku mikrovln do dřevní hmoty a časté větší hloubce výskytu larev, které mohou být v období mimo fáze zakuklení blíže středové části, je sterilizační účinek značně omezen. U dřevokazných hub je nutné brát v úvahu likvidaci houby ve všech jejích stádiích. Sterilizace mikrovlnou energií je závislá mimo uvedené parametry zařízení dále také na druhu dřeva, vlhkosti a rozměrech prvků napadené konstrukce [7].

Mezi výhody mikrovlnné sanace lze zařadit rychlý nárůst teploty, selektivní ohřev, teplo potřebné pouze pro evaporaci molekul vody, shodný růst teploty a vlhkosti [7].

Naopak u této sanace převažuje řada nevýhod, jako je nehomogenita elektromagnetického pole, nemožnost měření teplot v průřezu, hloubka vniku elektromagnetických vln, lokální přehřev, výkon mikrovlnného zářiče, malá plocha směrové antény, nekompatibilita s kovovými předměty a bezpečnost práce [7].

## 6.4. Metody oprav a sanace dřevěných prvků

Opravy by měly zajistit odstranění závad a prodloužení životnosti konstrukce, původní konstrukci by neměla znehodnotit z hlediska technologického ani estetického a neměla by dosahovat nižší kvality než původní konstrukce [4].

### 6.4.1. Protézování

Protézování je technologie při níž dochází k nahrazení nebo doplnění narušené části prvku částí novou, cílem je obnovení jeho původní tuhosti a pevnosti [8].

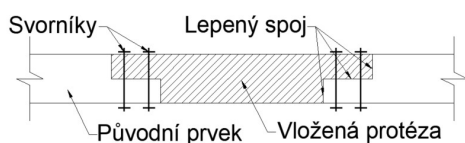
Vyměňovaný prvek by měl mít k původnímu prvku co nejbližší tvarové a materiální stránce. Při opravách dřevěných konstrukcí to znamená, že se provádějí, pokud možno ze stejného druhu dřeva a tradičními technologiemi úpravy spojů [8]. Degradovaná část dřeva se odřeže v takovém tvaru, aby bylo možno napojit novou část, protézu. Touto metodou nedochází ke změně průřezu prvku a lze ji provést v každé části trámu, a to i na jeho konci.

#### 6.4.1.1. Tradiční tesařské metody protézování

Zbylou nedegradovanou část dřevěného prvku lze s dřevěnou protézou spojit pomocí různých typů tesařských spojů (*Obr. 119*), jako je například svislé plátování rovným (*Obr. 120*), nůžkovým případně křížovým spojem. Mnoho z těchto spojů splňuje včetně funkčních a estetických požadavků i požadavky



památkové péče. K opravě nosných prvků se hojně využívá rovný nebo šikmý plátový spoj zajištěný svorníky nebo dřevěnými kolíky a klíny. Rovné plátové spoje jsou vhodné na opravu prvků namáhaných tlakem, například sloupky krovu. Při opravě prvků namáhaných na kroucení a vzpěr, je účelný použití nůžkových spojů. Šikmé plátované spoje jsou žádoucí k sanaci prvků s výsušnými trhlinami a namáhaných převážně ohybem, kupříkladu vazných trámů. Při použití vhodné tesařské metody se protézované prvky rovnají svou pevností a tuhostí původnímu nepoškozenému prvku. Často bývají tyto spoje zajištěny svorníky zároveň s užitím vhodného lepidla [9].



Obr. 119: Boční pohled na plátový spoj protézy se svorníky



Obr. 120: Protéza krokví napojena rovným plátováním [9]

#### 6.4.1.2. Kovové protézování

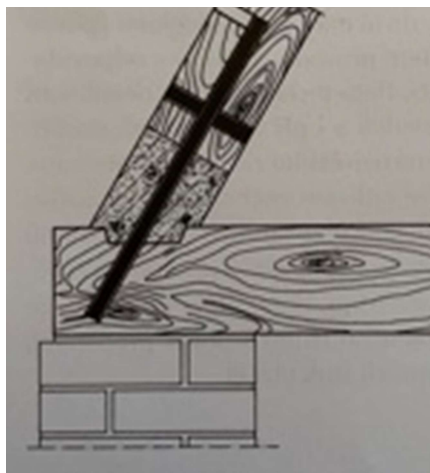
Kromě metody tradičních tesařských protéz, což je lepší způsob, se při protézování používají kovové díly, jako jsou trámové spojky, vylehčené plechy nebo styčnickové plechy s trny. Spojky ve formě úhelníků případně botky trámů se používají jako levná náhražka náročných tesařských spojů. Plechy lze použít jako provizorní zajištění polohy ve vertikálním směru, anebo jako zavětrování. I když jsou spojky pozinkované, hrozí při montáži velké riziko poškození povrchové úpravy vlivem vtlačování prvku do dřeva a možné následné rezivění. Další rizika mohou vzniknout při aplikaci na vnějších stěnách, kde jsou prvky vystaveny vlhkosti, působí zde například vodní páry, případně jejich kondenzát na kovových dílech, které jsou oproti dřevu „studené“. Kondenzující voda může způsobovat rezivění spojek nebo hnilobu dřeva na styku s nimi. Proto se doporučuje ocelové tvarovky a spojky ze železa používat pouze ve výjimečných případech [8].

#### 6.4.1.3. Speciální metody protézování

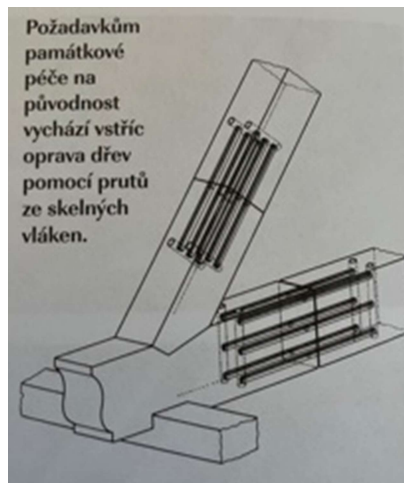
Protézy lze dělat i z chemické náhražky dřeva, a to za pomoci patentovaných postupů. Jedním z nich je francouzský systém TAC (Obr. 121), něhož je stavební ocel doplněna speciálně litými

a nanášenými umělými pryskyřicemi. V Německu byl zaveden postup Beta, který využívá k podchycování tahových sil skelná vlákna. Obě tyto metody musí provádět speciálně autorizované podniky.

Beta-technologíí (Obr. 122) lze dosáhnout velmi dobrého efektu, a to i při cíli dosažení zachování co největšího množství substrátu. To znamená například u shnilých zhlaví trámů, na nichž jsou přímo zavěšeny štukové stropy, lze zhlaví opravit protézami, aniž by došlo k poškození štku [8].



Obr. 121: TAC metoda - napojení paty krokve s vazným trámem [8]



Obr. 122: Beta metoda [8]

Rozlišujeme čtyři základní systémy a postupy aplikace – staticko-konstrukční sanace formou plně umělohmotných protéz z armovaných skelných vláken a pryskyřičné malty; stabilizace a zesílení trámů k navýšení provozní zátěže; upevnění nebo doplnění rozevřených spojů dřeva; nahrazení přírodním dřevem, kdy se na opravované dřevo nalepí chybějící prvek a přenos tahových sil probíhá přes zapuštěné tyče ze skelných vláken [8].

Tyto práce a systémy spadají do oboru tesařství. Dále lze použít další dvě metody, řadící se spíše do malířského oboru, a to doplňování a obnova chybějících dílů a zpevňování ztrouchnivělých nebo napadených dílců [8].

Toto doplňování se provádí špachtlí, kdy se okolo dřeva vytvoří forma, která se postupně vyplní separační hmotou případně se hmota nanáší přímo stěrkou. Náhradní hmota dřeva je tixotropní mající vhodné vlastnosti pro použití, jako je modelovatelnost, pevnost a poddajnost, odolnost proti UV záření, dostatečná vlastní pevnost a schopnost dobrého připojení [8].

Dřevo silně poničené degradací je zapotřebí před nanášením sanační náhražky odstranit nebo zpevnit pomocí kopolymeru nízké viskozity. Napouštěcí pryskyřice se aplikuje pomocí nátěru nebo injektáže. Při aplikaci nátěrem je zapotřebí dbát na to, aby pryskyřice pronikla dostatečně hluboko a aby ztrouchnivělé dílce byly zpevněny alespoň do hloubky dvou centimetrů a aby se na povrchu

materiálu nevytvářel film. Injektáž se provádí tlakovými pistolemi případně tlakovými nástroji do otvorů ve dřevě. Před započítím sanace je potřeba přesně zjistit kondici dřeva a dle toho vybrat správnou metodu. Po zatvrdnutí vykazuje pryskyřice pevnost dobového dřeva [8]

#### 6.4.2. Zesilování nevyhovujících prvků

Při posuzování stávajících krovů povětšinou prvky namáhané na tlak vyhovují, poddimenzované bývají prvky ohýbané, jako jsou vaznice, vazné trámy a krokve. Pokud při posudku prvky nevyhoví je možné je zesílit, nahradit větším průřezem, podepřít na více místech, zvýšit jejich počet a tím zmenšit zatěžovací šířku. Rozhodujícím kritériem je, zda nevyhoví pouze jeden prvek, více prvků, případně celý konstrukční systém [4].

##### 6.4.2.1. Podepření prvků

Jedná se asi o nejjednodušší způsob zvýšení únosnosti dřevěných prvků, kdy se zatížení přenesou na další prvky krovu. Takto podepřít můžeme například vaznice přidáním sloupků, pásků, vzpěr a sedel. Vazné trámy lze podepřít zdívkou, na vložený průvlak, zavěšením na věšadlo a podobně [4].

Nevýhodou tohoto způsobu sanace je zásah do dispozice, tím dochází k omezení půdních prostor z hlediska případné následné půdní vestavby.

##### 6.4.2.2. Vložení dalších prvků

Přidáním nových prvků mezi jednotlivé vazby dochází ke zkrácení roztečí mezi jednotlivými prvky, potažmo vazbami. Pokud nevyhovují vaznice a krokve zároveň je účelným řešením přidání další vaznice [4]. Pokud je krov viditelný a jedná se o historickou budovu je potřeba si dát pozor na to, aby nově dodávané prvky byly co nejvíce podobné prvkům stávajícím nejen po materiálové stránce, ale i po technologické.

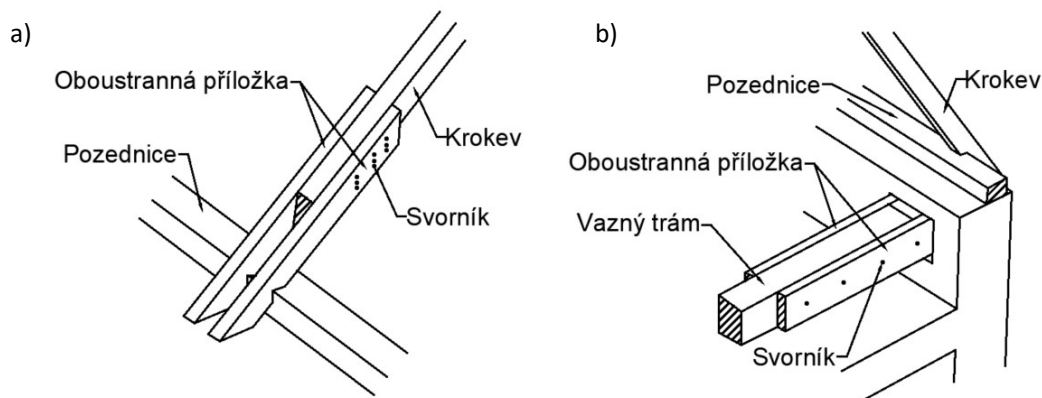
##### 6.4.2.3. Příložky

Pro zpevnování dřevěných prvků krovu lze použít dřevěné (hranol, fošna), ocelové (plát, U-profil) případně příložky z jiných materiálů. Příložky se provádí nejčastěji jednostranně nebo oboustranně, v některých případech se příložky přikládají i ke třetí nebo dokonce ke čtvrté straně. Příložky mohou být průběžné po celé délce profilu, nebo lokálně umístěny jen v místě největšího namáhání. Prvky namáhané ohybem je vhodné příložkovat na výšku [9].

Dřevěné příložky se s dřevěnými prvky obvykle spojují pomocí hřebíků, šroubů, vrutů nebo svorníků. Při použití svorníků je důležité, aby průměr otvoru v dřevěném prvku i v příložce nebyl větší než průměr samotného svorníku, většinou se používají svorníky o průměru 12 až 20 milimetrů. K zajištění lepšího spolupůsobení se doporučuje slepení styčných ploch [9].

Ocelové příložky se k dřevěným prvkům připojují pomocí svorníků. Výhodou ocelových příložek je jejich vysoká nosnost odolnost vůči biologickým škůdcům. To je důležité především tehdy, je-li dřevěný prvek trvale v kontaktu s vlhkým zdivem. Při rekonstrukci památkových objektů se povětšinou ocelové příložky nepoužívají [9].

Příložkami lze sanovat také uhnílé části zhlaví trámů nebo krokve (*Obr. 113*). Nejprve dojde k odřezání uhnílé části až na zdravé dřevo. Prvek se opatří příložkami v dostatečné délce a stáhne se svorníky [10].



*Obr. 123: Oprava pomocí příložek: a) oprava krokve; b) oprava zhlaví vazného trámu*

#### 6.4.2.4. Nový prvek

Pokud posuzovaný prvek nevyhoví, je možné ho v konstrukci nahradit novým prvkem většího průřezu, který bude vyhovovat normovým požadavkům.

## 7. Návrh sanačních opatření

### 7.1. Sanace krovu

Pro provedení chemické sanace krovu bude nejprve nutné mechanické očištění prvků, tím dojde k odstranění letitých nánosů, povrchově chemicky a boiticky korodovaných dřevních vrstev.

Po mechanickém očištění je možno realizovat účinnou preventivní konzervaci dřeva například vodouředitelným přípravkem na bázi boritých solí. K tomuto ošetření lze použít kupříkladu Boronit či Bochemit QB. Pro správné ředění a užití přípravku je potřeba si bedlivě přečíst příbalový leták.

Zdivo z okolí poškozených prvků konstrukce (*Obr. 124*) je třeba očistit, v rozsahu přibližně 1-2 bm, a sanovat nasyceným vodním roztokem přípravku Bochemit QB (*Obr. 125*).



*Obr. 124: Poškozený dřevěný prvek + zdivo*



*Obr. 125: Sanační přípravek [21]*

Poškozené prvky, více jak 1/3 průřezu prvku či hloubkově poškozené dřevo, je nutné z konstrukce odstranit v celém rozsahu poškození včetně přibližně 500 až 1000 milimetrů vizuálně zdravé části prvku z důvodu možného prorůstání plodnic hub. Náhradu odstraněné části provést výměnou za stejný nový prvek. V místě uložení vazných trámů ve zdivu bude potřeba upravit kapsu uložení a umožnit provětrávání pomocí vzduchové mezery cca 50 mm a chemicky ošetřit i okolní zdivo. V případě, kdy je poškození pouze lokální lze použít dřevěnou předem ošetřenou dřevěnou protězu. Při zásahu do dřevěných prvků, je nutné dostatečně podepřít zdravé nesanované konstrukce a tím předejít možné deformaci po uvolnění a vyříznutí sanované části.

U prvků mělce poškozených (*Obr. 126*), to je do hloubky přibližně 20 mm, je nutné osekát poškozenou dřevní hmotu a následně prvek zesílit příložkami nebo dřevěnými vložkami.

Návrh sanačních opatření



Obr. 126: Mělice poškozená dřevo

Ostatní zdravé a nepoškozené dřevěné konstrukce je potřeba důkladně na povrchu mechanicky očistit od biologických nečistot, rozvláknění (Obr. 127) pomocí silikonových a ocelových kartáčů (Obr. 128). Prvky je nutné následně omést. Tyto či nově dodávané řezivo chemicky ochránit přípravkem s účinností vůči dřevokazným houbám, hmyzu a plísním prostředkem Bochemit QB (označení dle ČSN 490600-1: F<sub>A</sub>, F<sub>B</sub>, P, I<sub>P</sub>, 1, 2, 3, D, S). Přípravek se aplikuje jako vodný roztok v minimálně 10 % koncentraci pro docílení minimálního požadovaného nánosu 20 g/m<sup>3</sup> [4].



Obr. 127: Rozvlákněné dřevo



Obr. 128: Ilustrativní ukázka kartáče [20]

Z důvodu četného zatékání bude střešní krytina sejmuta a vyměněna za novou, a to v celém rozsahu střešního pláště. Vzhledem k poloze budovy, v městské památkové rezervaci, a historické hodnotě objektu, budou znovu použity pálené tašky, takzvané prejzy. Poškozené latě (Obr. 129) je

### Návrh sanačních opatření

---

potřeba vyměnit za nové. Skladba střešního pláště zůstane stejná jako doposud, to znamená, že do konstrukce nebude vložena žádná pojistná hydroizolační folie a bude tvořena pouze laťováním s taškami. Jen v části, kde byla v 90. letech provedena půdní vestavba, dojde k návrhu nové střešní skladby dle současných požadavků a norem, což ale není předmětem této bakalářské práce.



Obr. 129: Poškozené latě + krokev

Veškeré nově dodávané řezivo je nutné impregnovat proti biotickým činitelům. Během stavebních prací je nezbytné co nejvíce bránit možnému zvýšení vlhkosti dřeva.

#### 7.1.1. Postup sanace

Sanace ve spodní části ležaté stolice je nejmasivnější zásah do konstrukce, kdy je degradováno zhlaví vazného trámu, pata šikmého sloupku a krokve, část pětiboké vaznice a námětku. S největší pravděpodobností bude napadena i pozednice, případně i část zdiva v kontaktu se dřevem, což bude zjištěno až teprve při rozkrytí konstrukce. Samotná sanace bude provedena v několika krocích (Obr. 130).

Prvním krokem provedeme provizorní vyvěšení vazných trámů, podepření šikmého sloupku a střední vaznice. Dle rozsahu poškození se odstraní napadené části, kdy u dřevěných prvků konstrukce dojde zároveň k odříznutí minimálně 500 mm zdravého dřeva.

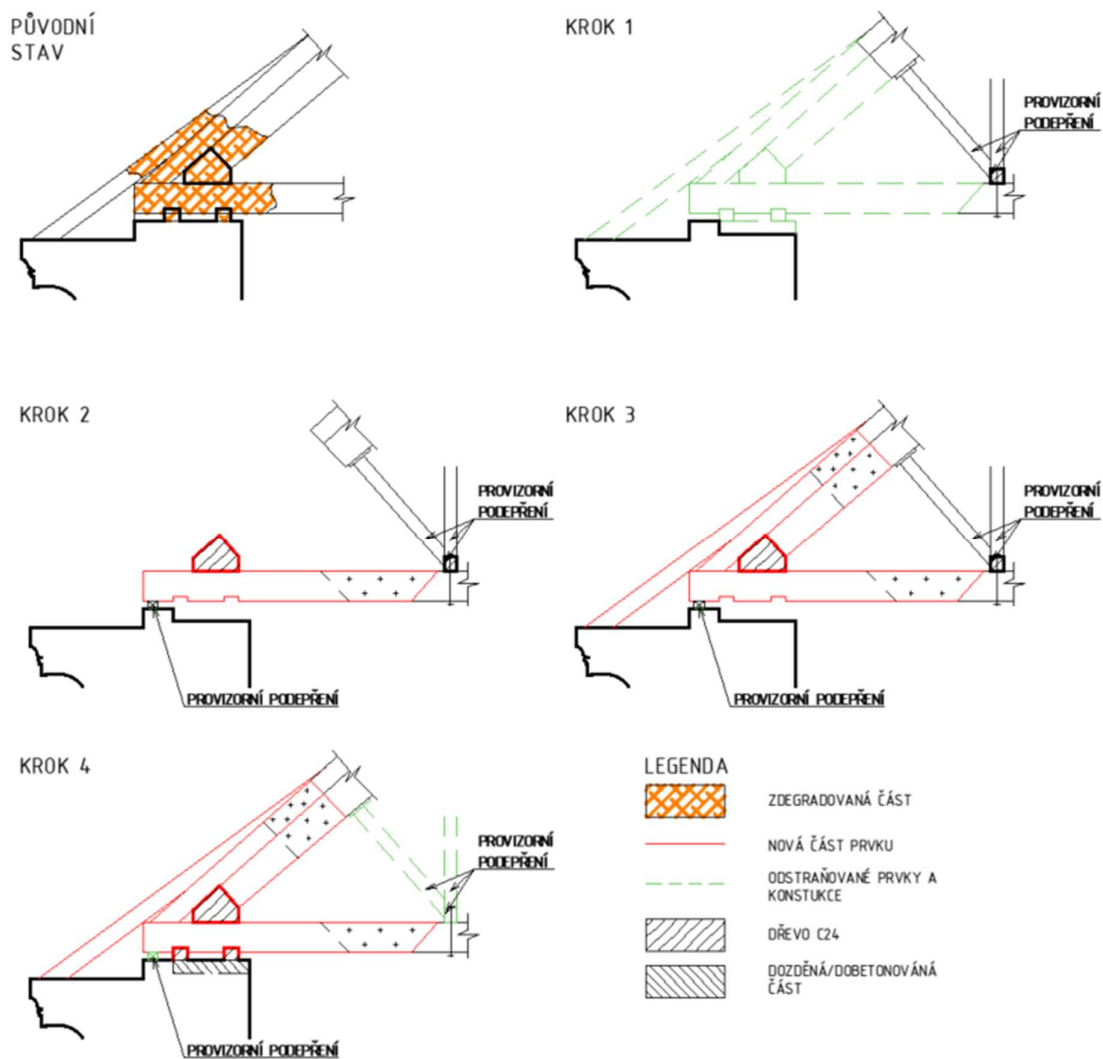
Ve druhém kroku se nastaví vazné trámy pomocí dřevěných protéz a provizorně se podepřou pomocí klínů na zdivo. Osadí se nová okapová vaznice. Jednotlivé spoje jsou zajištěny svorníky průměru 20 mm

Třetím krokem se nastaví krokve a šikmé sloupky. Tyto prvky budou s původními spojeny pomocí plátu zajištěného pomocí svorníků o průměru 20 mm. Na krokve připevní námětek, který se k ní lípne.

Návrh sanačních opatření

Posledním, čtvrtým krokem, se dozdí, případně dobetonuje odstraněné zdivo, osadí se nové pozednice. Na úplný závěr se odstraní provizorní podepření vazných trámů a krovu.

Ostatní zásahy vyžadující odstranění napadených částí s následnou výměnou za nové, bude probíhat obdobně. Nutné je vždy konstrukci provizorně podepřít a zabezpečit. Veškeré nové dřevěné prvky opatřit impregnačním nátěrem.



Obr. 130: Postup sanace spodní části ležaté stolice

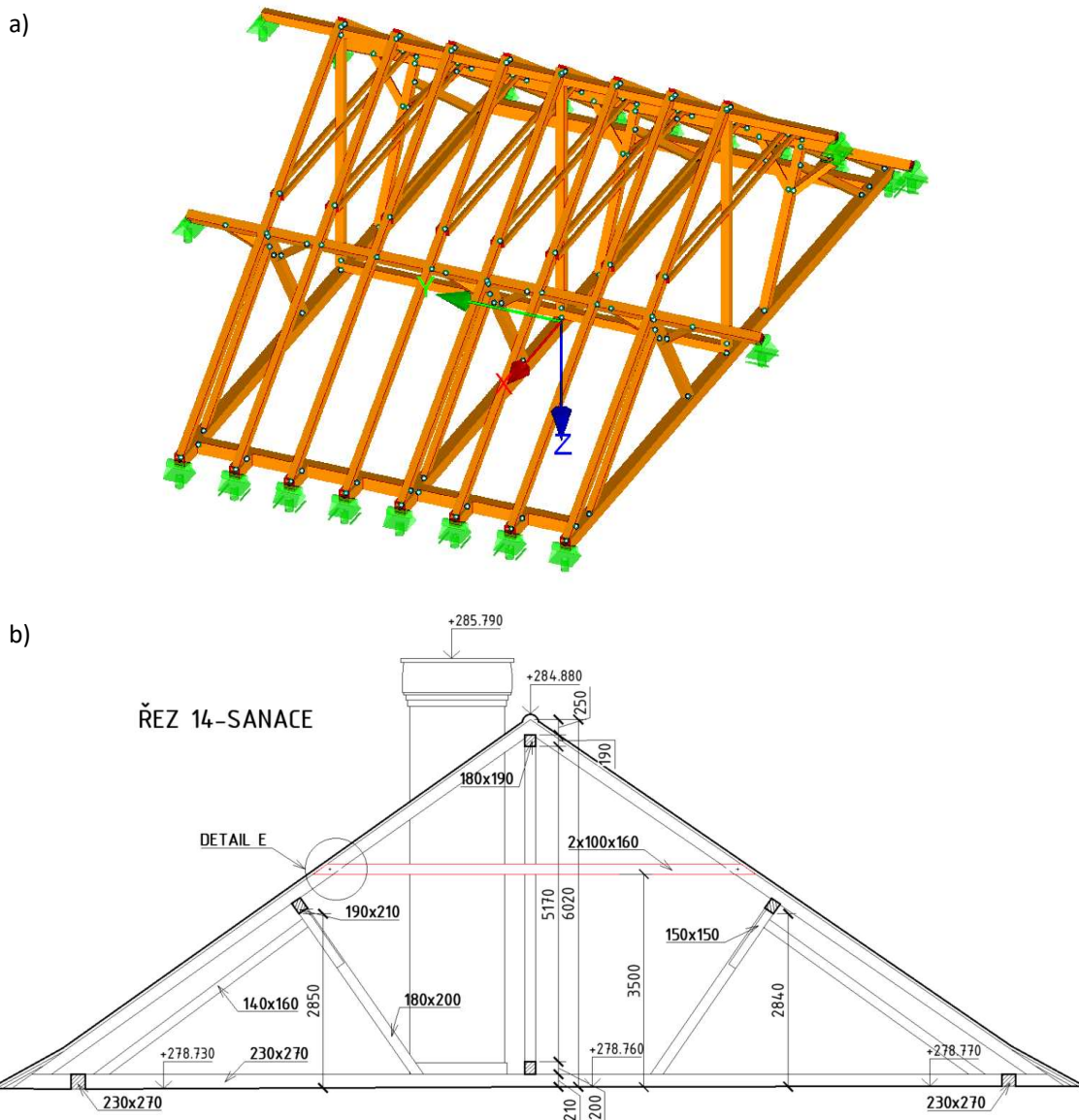


## 7.2. Sanace nevyhovujících prvků prvorepublikového krovu

Dle statického výpočtu viz. Příloha 1 – *Statické posouzení*, nevyhověly vaznice na průhyb, vazný trám na ohyb a krokve na kombinaci ohybu a vzpěru. Proto jako sanaci navrhuji vložit do každé vazby dvojici hambalků (2x100x160 mm) (Obr. 131). Polohu hambalku jsem navrhl ve výšce 3500 mm nad úroveň čisté podlahy v půdním prostoru.

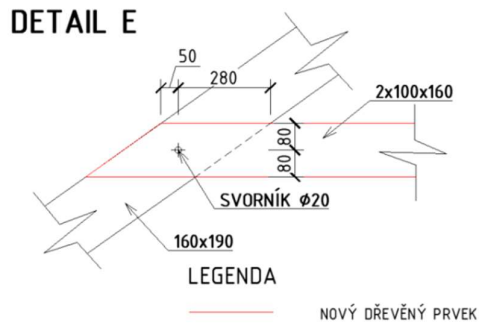
Optimalizace průřezu a následné posouzení (viz. Tab. 11) bylo provedeno pomocí statického výpočetního programu Dlubal RFEM 5.09.01., kdy sem vycházel z 3D modelu zhotoveného pro prvotní statické posouzení konstrukce.

Spoj hambalků s krokvemi bude zajištěn pomocí svorníků  $\varnothing 20$  mm (Obr. 132), kdy dojde nejprve k provrtání otvorů jednotlivými hambalky a krokví, kam se následně vloží svorník.



Obr. 131: Ztužení pomocí hambalků: a) 3D model; b) Řez 14 -sanace

Návrh sanačních opatření



Obr. 132: Detail E – spoj hambalku a krokve

Průřez č.	Označení průřezu [mm]	Max. využití	Posouzení	Komentář
1	T-obdélník 230/270	0,66	$\leq 1$	Vazný trám, kráčata, výměny
2	T-obdélník 180/180	0,21	$\leq 1$	Svislý sloupek
3	T-obdélník 160/190	0,91	$\leq 1$	Krokev
4	T-obdélník 180/190	0,51	$\leq 1$	Vrcholová vaznice
5	T-obdélník 140/160	0,04	$\leq 1$	Vzpěra
6	T-obdélník 150/150	0,11	$\leq 1$	Pásek
7	T-obdélník 180/200	0,37	$\leq 1$	Šikmý sloupek
8	T-obdélník 190/210	0,88	$\leq 1$	Středová vaznice
9	T-2B 160/160/100	0,65	$\leq 1$	Hambalek

Tab. 11: Posouzení prvků krovu-sanace

## 8. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo provést statické posouzení a na základě získaných poznatků návrh vhodných sanačních opatření historického krovu vybraného objektu. Součástí práce bylo rovněž zpracování stavebně-technického krovu a navazujících konstrukcí.

Před zahájením samotného průzkumu objektu bylo zapotřebí shromáždění veškerých možných informací k historické budově Toskánského paláce. Firmou DigiTry Art Technologies s.r.o. byl poskytnut náhled do původní historické dokumentace v papírové podobě. Od pracovníků Toskánského paláce jsem se dozvěděl bližší informace o historii a chodu budovy. Stavebně-technický průzkum byl proveden na větší části objektu se zaměřením převážně na krov, který byl zpřístupněn téměř v celém svém rozsahu. V rámci průzkumu byly podrobně zaznamenány poruchy vizuálně nenarušující statickou funkci konstrukce, ale rovněž i poruchy vážnějšího charakteru a byla provedena fotodokumentace pro následné zanalyzování.

Pro získání důkladnější představy o současném stavu dřeva byly odebrány vzorky z vybraných prvků krovu, které byly následně zkoumány v laboratoři na působení vlhkosti pomocí gravimetrické metody. Na základě výzkumu byla určena průměrná vlhkost konstrukce, její hodnota nepředstavuje vysoké riziko pro působení biotických činitelů. Dalším laboratorním průzkumem bylo určení biotických činitelů, a to dřevokazného hmyzu, plísní a dřevokazných hub. Zjištěny byly stopy po působení dvou druhů dřevokazného hmyzu, vláknitých hub a plodnice dřevokazné houby rodu *Gloeophyllum*.

Konstrukce zastřešení krovu je rozsáhlá a složitá, proto byl v prvním kroku zvolen prostorový model, který zohledňuje veškeré prvky krovu a jejich vzájemné spolupůsobení. V druhém kroku byly z konstrukce vyjmuty dílčí úseky, které byly namodelovány v rovině s cílem co nejvíce se přiblížit se co nejvíce výsledkům z prostorového modelu. Modely byly mezi sebou porovnány ve smyslu velikosti vnitřních sil a byly diskutována vhodnost využití prostorového a rovinného modelu. Rozložení konstrukce na výseky mi zároveň pomohlo lépe porozumět jejímu chování. Barokní krov bezpečně vyhověl, kdy využitelnost jednotlivých prvků má rezervu více jak 60 %. U prvorepublikového krovu nevyhověly vaznice při posouzení mezního stavu použitelnosti, zároveň krokve a vazný trám při posuzování mezního stavu únosnosti, tudíž byla navržena sanace pomocí dvojice hambalků vložených do každé vazby, kdy následně vše vyhovělo. U návrhu sanací byly zohledněny získané zkušenosti a informace uváděné v odborné literatuře, na jejichž základě bylo vybráno vhodné řešení.

Zadáním práce bylo také zhotovení schematické výkresové dokumentace. Veškeré stanovené cíle byly dosaženy a splněny.

## Závěr

---

Vzhledem ke zjištění působení několika druhů biotických činitelů dle laboratorních zkoušek, bude potřeba provést podrobný mykologický průzkum, jelikož rozsah poškození může být mnohem větší, než na první pohled zdá.

Při zpracovávání bakalářské práce jsem získal mnoho nových poznatků a vědomostí. Obzvláště přínosné pro své další studium hodnotím prohloubení znalostí o tvorbě modelů reálných konstrukcí ve výpočetním programu a jejich následné posuzování.

## 9. Seznam literatury

### 9.1. Seznam obrázků

<i>Obr. 1: Poloha [17]</i> .....	12
<i>Obr. 2: Poloha – detail [17]</i> .....	12
<i>Obr. 3: Pohled na východní fasádu</i> .....	13
<i>Obr. 4: Historické ozdobné prvky - a) alegorie Sedmi svobodných umění; b) socha Astrolog (alegorie Sedmi svobodných umění); c) přízemí věže s íónskými sloupy; d) Sasko-lauenburský erb; e) socha sv. Michala</i> .....	15
<i>Obr. 5: Půdorys 1. NP</i> .....	16
<i>Obr. 6: Řez budovou – a) Řez A - současná dokumentace; b) Řez B - historická dokumentace</i> .....	18
<i>Obr. 7 Detail tloušťky zdi v průjezdu</i> .....	19
<i>Obr. 8 Hrázděná konstrukce</i> .....	19
<i>Obr. 9: a) dřevěné schodiště; b) kamenné schodiště</i> .....	20
<i>Obr. 10: Dřevěné trámové stropy – a) trámový strop s rákosovou omítkou, záklopem a násypem; b) jednoduchý trámový strop; c) trámový strop s překládaným záklopem; d) malovaný trámový strop</i> .....	20
<i>Obr. 11: Výplně otvorů: a) vrata z Hradčanského náměstí; b) vsup z Loretánské ulice; c) interiérové dveře; d) okno 1. NP</i> .....	21
<i>Obr. 12: Boční (severní) fasáda</i> .....	22
<i>Obr. 13: Interiérová výzdoba-erb</i> .....	22
<i>Obr. 14: Půdorys krovu</i> .....	23
<i>Obr. 15: Schématický popis prvků severního, západního a části východního křídla</i> .....	25
<i>Obr. 16: Statické schéma – a) východní + jižní křídlo; b) západní + severní křídlo</i> .....	26
<i>Obr. 17: Barokní krov-a) šikmé sloupky; b) svislé sloupky; c) spoje-plát + kolík; d) rybinový spoj</i> .....	27
<i>Obr. 18 Řez 2 - a) historická dokumentace; b) vynesení stávajícího stavu</i> .....	28
<i>Obr. 19: Řez 3-a) historická dokumentace; b) vynesení stávajícího stavu</i> .....	29
<i>Obr. 20 Řez 9-a) historická dokumentace; b) vynesení stávajícího stavu</i> .....	30
<i>Obr. 21: Prvorepublikový vaznicový krov      Obr. 22: Vrcholová vaznice</i> .....	31
<i>Obr. 23: Statické schéma – prvorepublikový krov</i> .....	32
<i>Obr. 24: Řez 14 – a) historická dokumentace; b) vynesení stávajícího stavu</i> .....	33
<i>Obr. 25: Řez věží: a) Podélný řez; b) Příčný řez</i> .....	34
<i>Obr. 26: Pohled do věže</i> .....	34
<i>Obr. 27: Foto 4 – pata krovu</i> .....	35
<i>Obr. 28: Foto 5 –pozednice ve vikýři</i> .....	35
<i>Obr. 29: Foto 7 – pata krovu ve vikýři</i> .....	36
<i>Obr. 30. Foto 3 – patrné poškození zatékáním</i> .....	37
<i>Obr. 31: Foto 2 -zatékání (srážení) vody v oblasti námětku</i> .....	37
<i>Obr. 32: Jihovýchodní roh</i> .....	37
<i>Obr. 34: Foto 8 – oprava + další porucha</i> .....	38

Obr. 33: Foto 6 – zanechaná porucha .....	38
Obr. 35: Severovýchodní roh.....	39
Obr. 36: Foto 9 - trámovka .....	40
Obr. 37 Foto 13 – trámovka v kotelně .....	40
Obr. 38. Foto 11 – dřevokazný hmyz + nevhodný zásah.....	40
Obr. 39: Foto 9 – ohnilá krokev, námětek .....	40
Obr. 40: Foto 12 – chybějící prvek .....	41
Obr. 41: Severozápadní roh .....	41
Obr. 42: Foto 14 - degradace krokve .....	42
Obr. 43: Foto 16 - dřevokazný hmyz.....	42
Obr. 44: Foto 18 – pata krovu.....	43
Obr. 45. Foto 19 – degradace vazného trámu.....	43
Obr. 46: Foto 17 – dřevokazné houby.....	43
Obr. 47: Foto 15 – rozvláknění .....	43
Obr. 48: Foto 20 – Degradace zatékáním.....	44
Obr. 49: Foto 1: degradace ve vikýři.....	44
Obr. 50: Jihozápadní roh.....	44
Obr. 51: 4 odebrané vzorky pro určení vlhkosti.....	47
Obr. 52: Vzorky pro určení dřeva biotických činitelů .....	48
Obr. 53: Stopy po působení tesařika.....	49
Obr. 54: Stopy po působení červotoče: 1 – zbytky trusu; 2 - chodbičky.....	49
Obr. 55: Vypěstované mikroorganismy – A – <i>Alternaria sp.</i> ; B – <i>Mucor sp.</i> .....	50
Obr. 56: Vzorek A - <i>Alternaria sp.</i> pod mikroskopem - 1 – zralá konidie; 2 – malá konidie.....	50
Obr. 57: Vzorek A - <i>Mucor sp.</i> pod mikroskopem - 1 – sporangiospory; 2 – kolumela; 3 – límeček; 4 – „kmínek“.....	51
Obr. 58: Plodnice <i>Gloeophyllum</i> : a) horní pohled; b) boční pohled .....	52
Obr. 59: Mikroskopický snímek mycelia .....	52
Obr. 60: Mikroskopický nález na třísce .....	52
Obr. 61: Tvarové součinitele zatížení sněhem – a) součinitel $\mu$ ; b) uspořádání.....	55
Obr. 62: 3D drátový model .....	57
Obr. 63: 3D plný model.....	57
Obr. 64: 3D plná vazba: a) drátový model; b) plný model.....	58
Obr. 65: 3D jalová vazba: a) drátový model; b) plný model .....	58
Obr. 66: ZS1-Vlastní tíha + stálé zatížení [ $\text{kN/m}^2$ ].....	58
Obr. 67: ZS2-Sníh 1+1 – nenavátý [ $\text{kN/m}^2$ ].....	58
Obr. 68: ZS3-Sníh 1+1/2 – navátý [ $\text{kN/m}^2$ ].....	59
Obr. 69: ZS4-Sníh 1/2+1 – navátý [ $\text{kN/m}^2$ ].....	59
Obr. 70: ZS5-Vítr ve směru osy X+.....	59
Obr. 71: ZS6-Vítr ve směru osy X- .....	59

Obr. 72: ZS8-Vítr ve směru osy Y+.....	59
Obr. 73: ZS8-Vítr ve směru osy Y- .....	59
Obr. 74: 3D drátový model .....	60
Obr. 75: 3D plný model.....	60
Obr. 76: 3D plná vazba: a) drátový model; b) plný model.....	61
Obr. 77: 3D jalová vazba: a) drátový model; b) plný model .....	61
Obr. 78: ZS1-Vlastní tíha + stálé zatížení [kN/m <sup>2</sup> ].....	62
Obr. 79: ZS2-Sníh 1+1 – nenavátý [kN/m <sup>2</sup> ].....	62
Obr. 80: ZS3-Sníh 1/2+1 – navátý [kN/m <sup>2</sup> ].....	62
Obr. 81: ZS4-Sníh1+1/2 -navátý [kN/m <sup>2</sup> ].....	62
Obr. 82: ZS5-Vítr ve směru osy X+ [kN/m <sup>2</sup> ].....	62
Obr. 83: ZS6-Vítr ve směru osy X+ [kN/m <sup>2</sup> ].....	62
Obr. 84: ZS7-Vítr ve směru osy Y+ [kN/m <sup>2</sup> ].....	63
Obr. 85: ZS8-Vítr ve směru osy Y- [kN/m <sup>2</sup> ].....	63
Obr. 86 ZS1-Vlastní tíha + stálé zatížení [kN/m].....	63
Obr. 87: ZS2-Sníh 1+1 [kN/m] .....	63
Obr. 88: Průběh normálových sil [kN]: a) 3D model; b) 2D model.....	64
Obr. 89: Průběh posouvacích sil [kN]: a) 3D model; b) 2D model.....	64
Obr. 90: Průběh ohybových momentů [kN/m]: a) 3D model; b) 2D model.....	64
Obr. 91: Průběh průhybů [mm]: a) 3D model; b) 2D model.....	65
Obr. 92: Varianta 1 .....	66
Obr. 93: Varianta 2 .....	66
Obr. 94: Varianta 3 .....	66
Obr. 95: ZS1-Vlastní tíha + stálé zatížení [kN/m].....	67
Obr. 96: ZS2-Sníh 1+1 [kN/m] .....	67
Obr. 97: Průběh normálových sil [kN]: a) 3D model; b) 2D model – var. 1; c) 2D model – var. 2; d) 2D model – var. 3.....	67
Obr. 98: Průběh posouvacích sil [kN]: a) 3D model; b) 2D model – var. 1; c) 2D model – var. 2; d) 2D model – var. 3.....	68
Obr. 99: Průběh ohybových momentů [kNm]: a) 3D model; b) 2D model – var. 1; c) 2D model – var. 2; d) 2D model – var. 3.....	68
Obr. 100: Průběh průhybů [mm]: a) 3D model; b) 2D model – var. 1; c) 2D model – var. 2; d) 2D model – var. 3.....	69
Obr. 101: Průběhy V <sub>d</sub> [kN].....	72
Obr. 102: Průběhy N <sub>d</sub> [kN] .....	73
Obr. 103: Průběhy M <sub>y</sub> [kNm].....	74
Obr. 104: Průběhy průhybu[mm].....	75
Obr. 105: Průběhy V <sub>d</sub> [kN].....	76
Obr. 106: Průběhy N <sub>d</sub> [kN] .....	76

Obr. 107: Průběhy $M_y$ [kNm].....	77
Obr. 108: Průběh průhybu [mm].....	77
Obr. 109: Průběhy $V_d$ [kN].....	78
Obr. 110: Průběhy $N_d$ [kN] .....	79
Obr. 111: Průběhy $M_y$ [kNm].....	80
Obr. 112: Průběhy průhybu [mm].....	81
Obr. 113: Průběhy $V_d$ [kN].....	82
Obr. 114: Průběhy $N_d$ [kN] .....	82
Obr. 115: Průběhy $M_y$ [kNm].....	83
Obr. 116: Průběhy průhybu [mm].....	83
Obr. 117: Mobilní generátor [12] .....	86
Obr. 118: Rozvod a příprava v objektu [12].....	86
Obr. 119: Boční pohled na plátový spoj protězy se svorníky.....	89
Obr. 120: Protěza krokvi napojena rovným plátováním [9].....	89
Obr. 121: TAC metoda - napojení paty krokve s vazným trámem [8].....	90
Obr. 122: Beta metoda [8].....	90
Obr. 123: Oprava pomocí příložek: a) oprava krokve; b) oprava zhlaví vazného trámu .....	92
Obr. 124: Poškozený dřevěný prvek + zdivo.....	93
Obr. 125: Sanační přípravek [21].....	93
Obr. 126: Mělice poškozená dřevo .....	94
Obr. 127: Rozvlákněné dřevo.....	94
Obr. 128: Ilustrativní ukázka kartáče [20] .....	94
Obr. 129: Poškozené latě + krokev .....	95
Obr. 130: Postup sanace spodní části ležaté stolice .....	96
Obr. 131: Ztužení pomocí hambalků: a) 3D model; b) Řez 14 -sanace .....	97
Obr. 132: Detail E – spoj hambalku a krokve.....	98



## 9.2. Seznam tabulek

<i>Tab. 1: Hodnoty vlhkosti .....</i>	<i>47</i>
<i>Tab. 2: Tíha střešního pláště.....</i>	<i>54</i>
<i>Tab. 3: Hodnoty sněhové oblasti .....</i>	<i>55</i>
<i>Tab. 4: Základní hodnoty zatížení větrem.....</i>	<i>56</i>
<i>Tab. 5: Vnitřní síly-3D model od KZ2.....</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 6: Vnitřní síly-2D model od KZ2.....</i>	<i>65</i>
<i>Tab. 7: Vnitřní síly-3D model od KZ2.....</i>	<i>69</i>
<i>Tab. 8: Vnitřní síly-2D model – varianta 1 od KZ2 .....</i>	<i>69</i>
<i>Tab. 9: Vnitřní síly-2D model – varianta 2 od KZ2 .....</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 10: Vnitřní síly-2D model – varianta 3 od KZ2 .....</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 11: Posouzení prvků krovu-sanace .....</i>	<i>98</i>

### 9.3. Seznam použité literatury

- [1] *Národní kulturní památky* [online]. [cit. 2021-22-03]. Dostupné z:  
<https://www.npu.cz/narodni-kulturni-pamatky>
- [2] *Toskánský palác, Praha - Hradčany* [online]. [cit. 2021-20-02]. Dostupné z:  
<https://www.gemaart.cz/toskansky-palac-praha-hradcany/>
- [3] *Toskánský palác, Praha - Hradčany* [online]. [cit. 2021-20-02]. Dostupné z:  
<http://martinfryc.eu/galerie/toskansky-palac/>
- [4] J. Vinař a kol., *Historické krovy-Typologie, průzkum, opravy* – Vydavatelství Grada Publishing, a.s. 2010
- [5] J. Witzany et al. *Poruchy, degradace, rekonstrukce* – skriptum. Nakladatelství ČVUT, Praha. 2013
- [6] P. Kuklík, *Dřevěné konstrukce* – skriptum. Nakladatelství ČVUT, Praha. 2005
- [7] *Sanace dřevokazných činitelů* [online]. [cit. 2021-22-03]. Dostupné z:  
<https://stavba.tzb-info.cz/vlastnosti-drevostaveb/13628-tepelne-metody-sanace-drevenych-prvku-konstrukci-pri-biotickem-napadeni>
- [8] M. Gerner, *Tesařské spoje* – Vydavatelství Grada Publishing, a.s. 2016
- [9] *Rekonstrukce dřevěných prvků, protézování* [online]. [cit. 2021-01-04]. Dostupné z:  
<https://www.asb-portal.cz/stavebnictvi/strop-a-podlaha/stropni-system/rekonstrukce-drevenych-prvku-protezovanim-prilozkovanim-a-ukotvenim-do-ocelovych-konzol>
- [10] *Opravy krovů* [online]. [cit. 2021-02-04]. Dostupné z:  
[https://www.krytiny-strechy.cz/technicke\\_info-k-navrhovani-strech/krovy-a-drevene-konstrukce/opravy-krovu-serial-krovy-a-drevene-konstrukce/](https://www.krytiny-strechy.cz/technicke_info-k-navrhovani-strech/krovy-a-drevene-konstrukce/opravy-krovu-serial-krovy-a-drevene-konstrukce/)
- [11] *Holubí trus, působení* [online]. [cit. 2021-07-04]. Dostupné z:  
<https://www.birdcontrol.cz/>
- [12] *Horkovzdušná sanace* [online]. [cit. 2021-07-04]. Dostupné z:  
[https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/horkovzduzna-sanace-dreveneho-kostela-svateho-mikulase-v-hradci-kralove\\_45660.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/horkovzduzna-sanace-dreveneho-kostela-svateho-mikulase-v-hradci-kralove_45660.html)
- [13] *Norma ČSN EN 335-1, zrušena* [online]. [cit. 2021-13-04]. Dostupné z:  
<https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/usermenu.aspx>
- [14] *k124.fsv.cvut.cz, laboratorní zkoušky* [online]. [cit. 2021-20-04]. Dostupné z:  
<http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=vyzkum&sub=53>
- [15] *Vážková analýza* [online]. [cit. 2021-20-04]. Dostupné z:  
<https://anl.zshk.cz/vyuka/vazkova-analyza.aspx>
- [16] L. Reinprecht, J. Štefko, *Dřevěné stropy a krovy – typy, poruchy, průzkumy a rekonstrukce* – Vydavatelství ABF, a.s., Nakladatelství ARCH, Praha 2000

[17] *Mapy* [online]. [cit. 2021-20-04]. Dostupné z:

<https://www.google.com/maps>

[18] R. Wasserbauer, *Biologické znehodnocení staveb* – Vydavatelství ABF, a.s., Nakladatelství ARCH, Praha 2000

[19] *Atlas mikroorganismů* [online]. [cit. 2021-30-04]. Dostupné z:

<https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/prif/ps06/mikroorg/web/mikr.htm>

[20] *Kartáče na dřevo* [online]. [cit. 2021-30-04]. Dostupné z:

<https://www.daitex.cz/>

[21] *Bochemit* [online]. [cit. 2021-30-04]. Dostupné z:

<https://e.coleman.cz/hobby-5-kg-p-018091-cz>

## 9.4. Seznam použitých norem

**ČSN 49 0103** – dřevo. Zjišťování vlhkosti při fyzikálních a mechanických zkouškách

**ČSN EN 113 (490670)** – Ochranné prostředky na dřevo – Zkušební metody pro stanovení ochranné účinnosti proti houbám Basidiomycetes – stanovení hranice účinnosti

**ČSN EN 1990 (730002)** - Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí

**ČSN EN 1990 + 1995** - MSÚ (STR/GEO) – trvalá/dočasná – rovn. 6.10.

**ČSN EN 1991-1-1 (730035)** -Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb

**ČSN EN 1991-1-3 (730035)** - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem

**ČSN EN 1991-1-4 (730035)** - Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem.

**ČSN EN 1995-1-1 (731701)** - Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

## 9.5. Seznam příloh, výkresů

### **Příloha 1 – Statické posouzení**

Statické posouzení – barokní krov

Statické posouzení – prvorepublikový krov

01 – Schematický půdorys krovu – stávající stav, poruchy; 1:100

02 – Detail A – sanace krokve pomocí vložky; 1:10

03 – Detail B – výměna dřeva spodní části ležaté stolice; 1:20

04 – Detail C – sanace námětku pomocí protězy; 1:10

05 – Detail D – sanace pomocí rovného plátu; 1:10

06 – Detail E – ztužení pomocí hambalku; 1:10

07 – Schematický půdorys krovu – sanační opatření; 1:100; 1:50

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb



**Bakalářská práce**

Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu  
Toskánského paláce

**Příloha 1 – Statické posouzení**

Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb  
Vedoucí práce: Ing. Aneta Libecajtová, Ph.D.

**Luboš Havlík**

Praha 2021



Projekt: Příklady  
Ukázkové úlohy

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

## Statický výpočet

### PROJEKT

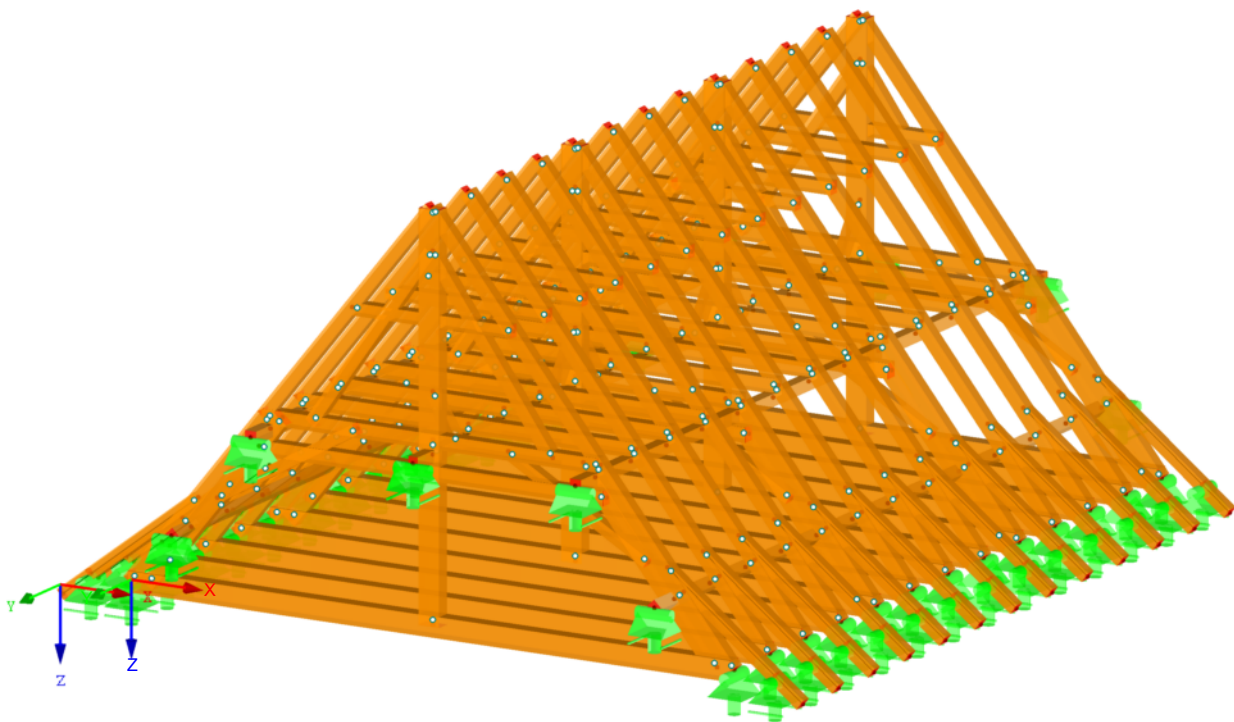
*Bakalářská práce  
Statické posouzení a návrh sanačních opatření  
barokního krovu Toskánského paláce*

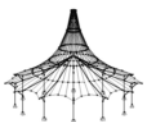
### INVESTOR

### ZHOTOVITEL

*Luboš Havlík*

Izometrie





Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

## OBSAH

2	Model - základní údaje	2	ZS5 - Vítr ve směru osy +X - 3.15	8
	Nastavení sítě prvků	2	Vygenerovaná zatížení	
	<b>Zatěžovací stavy a kombinace</b>		ZS6 - Vítr ve směru osy -X - 3.15	9
2.1	Zatěžovací stavy	2	Vygenerovaná zatížení	
2.1.1	Zatěžovací stavy - parametry výpočtu	2	ZS7 - Vítr ve směru osy +Y - 3.15	10
2.5	Kombinace zatížení	3	Vygenerovaná zatížení	
2.7	Kombinace výsledků	4	ZS8 - Vítr ve směru osy -Y - 3.15	11
3	<b>Zatížení</b>		Vygenerovaná zatížení	
	ZS1 - Vlastní tíha - 3.15 Vygenerovaná zatížení	5	<b>RF-TIMBER Pro</b>	
	ZS2 - Sníh 1+1 - 3.15 Vygenerovaná zatížení	5	1.1.1 Základní údaje	12
	ZS3 - Sníh 1+1/2 - 3.15 Vygenerovaná zatížení	6	1.2 Materiály	12
	ZS4 - Sníh 1/2+1 - 3.15 Vygenerovaná zatížení	7	1.3.1 Průřezy	12
			2.2 Posouzení po průřezech	13

## MODEL - ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Obecné	Název modelu	:	BP_3D pokus 2	
	Název projektu	:	Příklady	
	Označení projektu	:	Ukázkové úlohy	
	Typ modelu	:	3D	
	Kladný směr globální osy Z	:	Dolů	
	Klasifikace zatěžovacích stavů a kombinací	:	Podle normy: EN 1990 + EN 1995 (dřevo)	
	Národní příloha: ČSN - Česká Republika	:	Národní příloha: ČSN - Česká Republika	
	<input checked="" type="checkbox"/> Automaticky vytvořit kombinace	:	<input checked="" type="checkbox"/> Kombinace zatížení	
	<b>Možnosti</b>			
	<input type="checkbox"/> RF-FORM-FINDING - Hledání počátečních rovnovážných tvarů membránových a lanových konstrukcí			
<input type="checkbox"/> RF-CUTTING-PATTERN				
<input type="checkbox"/> Analýza potrubí				
<input type="checkbox"/> Použít pravidlo CQC				
<input type="checkbox"/> Umožnit CAD/BIM model				
Tíhové zrychlení	:	g	10.00 m/s <sup>2</sup>	

## NASTAVENÍ SÍTĚ PRVKŮ

Obecné	Požadovaná délka konečných prvků	$l_{FE}$	:	0.5 m
	Maximální vzdálenost mezi uzlem a linií pro integrování do linie	$\epsilon$	:	0.0 m
	Maximální počet uzlů sítě KP v tisících		:	500
Pruty	Počet dělení lanových prutů, prutů s pružným podložím, s náběhy nebo plastickými vlastnostmi:		:	10
	<input checked="" type="checkbox"/> Aktivovat dělení prutů pro analýzu velkých deformací resp. postkritickou analýzu			
	<input checked="" type="checkbox"/> Dělit pruty na nich ležícím uzlem			
Plochy	Maximální poměr diagonál obdélníku KP	$\Delta_D$	:	1.800
	Maximální přípustný odklon 2 prvků sítě od roviny	$\alpha$	:	0.50 °
	Tvar konečných prvků:		:	Trojúhelníky a čtyřúhelníky <input checked="" type="checkbox"/> Generovat stejné čtverce, kde je to možné

## 2.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	Kategorie účinků	Aktivní	Vlastní tíha - Součinitel ve směru			EN 1990 + 1995   ČSN
				X	Y	Z	Doba trvání zatížení
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	Stálé
ZS2	Sníh 1+1	Sníh ( $H \leq 1000$ m n.m.)	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS3	Sníh 1+1/2	Sníh ( $H \leq 1000$ m n.m.)	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS4	Sníh 1/2+1	Sníh ( $H \leq 1000$ m n.m.)	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS5	Vítr ve směru osy +X	Vítr	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS6	Vítr ve směru osy -X	Vítr	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS7	Vítr ve směru osy +Y	Vítr	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS8	Vítr ve směru osy -Y	Vítr	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá

## 2.1.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY - PARAMETRY VÝPOČTU

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	Parametry výpočtu
ZS1	Vlastní tíha	Způsob výpočtu : <input checked="" type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson nelineárních algebraických rovnic Aktivovat součinitele tuhosti: : <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) : <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS2	Sníh 1+1	Způsob výpočtu : <input checked="" type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson nelineárních algebraických rovnic Aktivovat součinitele tuhosti: : <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) : <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )





Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**2.1.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY - PARAMETRY VÝPOČTU**

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	Parametry výpočtu
ZS3	Sníh 1+1/2	Způsob výpočtu : <input type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému : <input type="radio"/> Newton-Raphson nelineárních algebraických rovnic Aktivovat součinitele tuhosti: : <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) : <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, E_l, E_t, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS4	Sníh 1/2+1	Způsob výpočtu : <input type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému : <input type="radio"/> Newton-Raphson nelineárních algebraických rovnic Aktivovat součinitele tuhosti: : <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) : <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, E_l, E_t, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS5	Vítr ve směru osy +X	Způsob výpočtu : <input type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému : <input type="radio"/> Newton-Raphson nelineárních algebraických rovnic Aktivovat součinitele tuhosti: : <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) : <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, E_l, E_t, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS6	Vítr ve směru osy -X	Způsob výpočtu : <input type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému : <input type="radio"/> Newton-Raphson nelineárních algebraických rovnic Aktivovat součinitele tuhosti: : <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) : <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, E_l, E_t, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS7	Vítr ve směru osy +Y	Způsob výpočtu : <input type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému : <input type="radio"/> Newton-Raphson nelineárních algebraických rovnic Aktivovat součinitele tuhosti: : <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) : <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, E_l, E_t, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS8	Vítr ve směru osy -Y	Způsob výpočtu : <input type="radio"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému : <input type="radio"/> Newton-Raphson nelineárních algebraických rovnic Aktivovat součinitele tuhosti: : <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) : <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, E_l, E_t, EA, GA_y, GA_z$ )

**2.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ**

Kombin. zatížení	Kombinace zatížení		č.	Součinitel	Zatěžovací stav	
	NS	Označení			Zatěžovací stav	Zatěžovací stav
KZ1	STR	1.35*ZS1	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
KZ2	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Sníh 1+1
KZ3	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS3	Sníh 1+1/2
KZ4	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS4	Sníh 1/2+1
KZ5	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS5	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.90	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ6	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS6	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.90	ZS6	Vítr ve směru osy -X
KZ7	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS7	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.90	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ8	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS8	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.90	ZS8	Vítr ve směru osy -Y
KZ9	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS5	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.90	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ10	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS6	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.90	ZS6	Vítr ve směru osy -X
KZ11	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS7	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.90	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ12	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS8	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.90	ZS8	Vítr ve směru osy -Y
KZ13	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS5	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.90	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ14	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS6	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.90	ZS6	Vítr ve směru osy -X
KZ15	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS7	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.90	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ16	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS8	1	1.35	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.50	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.90	ZS8	Vítr ve směru osy -Y
KZ17	S Ch	ZS1	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
KZ18	S Ch	ZS1 + ZS2	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
KZ19	S Ch	ZS1 + ZS3	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
KZ20	S Ch	ZS1 + ZS4	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
KZ21	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ22	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS6	Vítr ve směru osy -X



Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**2.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ**

Kombin. zatížení	Kombinace zatížení		č.	Součinitel	Zatěžovací stav	
	NS	Označení				
KZ23	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ24	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS8	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS8	Vítr ve směru osy -Y
KZ25	S Ch	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS5	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ26	S Ch	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS6	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS6	Vítr ve směru osy -X
KZ27	S Ch	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS7	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ28	S Ch	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS8	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS8	Vítr ve směru osy -Y
KZ29	S Ch	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS5	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ30	S Ch	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS6	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS6	Vítr ve směru osy -X
KZ31	S Ch	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS7	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ32	S Ch	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS8	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS8	Vítr ve směru osy -Y
KZ33	S Qp	1.8*ZS1	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
KZ34	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
KZ35	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
KZ36	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
KZ37	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ38	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS6	Vítr ve směru osy -X
KZ39	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ40	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS8	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS8	Vítr ve směru osy -Y
KZ41	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS5	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ42	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS6	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS6	Vítr ve směru osy -X
KZ43	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS7	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ44	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS8	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS3	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS8	Vítr ve směru osy -Y
KZ45	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS5	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS5	Vítr ve směru osy +X
KZ46	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS6	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS6	Vítr ve směru osy -X
KZ47	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS7	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS7	Vítr ve směru osy +Y
KZ48	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS8	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha
			2	1.00	ZS4	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS8	Vítr ve směru osy -Y

**2.7 KOMBINACE VÝSLEDKŮ**

Kombin. výsledků	Označení	Zatěžování
KV1	MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10	KZ1/s nebo do KZ16
KV2	MSP - charakteristická / málo častá	KZ17/s nebo do KZ32
KV3	MSP - kvazistálá	KZ33/s nebo do KZ48



Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

ZS1  
Vlastní tíha

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS1: Vlastní tíha

č.	Popis zatížení																															
1	<b>Ze zatížení na plochu pomocí roviny</b>																															
	Směr zatížení na plochu	Vztaheno globálně na skut. plochu: : <input checked="" type="checkbox"/> ZL																														
	Plocha aplikace zatížení	<input checked="" type="checkbox"/> Zavřená rovina																														
	Typ průběhu zatížení:	<input checked="" type="checkbox"/> Kombinované																														
	Velikost zatížení na plochu	<input checked="" type="checkbox"/> Konstantní : 1.03 kN/m <sup>2</sup>																														
	Ohraničení roviny plošného zatížení	Rohové uzly : 220,219,49,50; 49,28,183,219; 28,56,223,183; 224,223,56,57																														
		Poznámka : Každý řádek v seznamu popisuje jednu rovinu																														
	Generování celkových zatížení ve směru	<table border="0"> <tr> <td><math>\Sigma P</math> Plochy</td> <td>X</td> <td>:</td> <td>0.000</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Y</td> <td>:</td> <td>0.000</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Z</td> <td>:</td> <td>176.951</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td><math>\Sigma P</math> Pruty</td> <td>X</td> <td>:</td> <td>0.000</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Y</td> <td>:</td> <td>0.000</td> <td>kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Z</td> <td>:</td> <td>176.951</td> <td>kN</td> </tr> </table>	$\Sigma P$ Plochy	X	:	0.000	kN		Y	:	0.000	kN		Z	:	176.951	kN	$\Sigma P$ Pruty	X	:	0.000	kN		Y	:	0.000	kN		Z	:	176.951	kN
	$\Sigma P$ Plochy	X	:	0.000	kN																											
		Y	:	0.000	kN																											
	Z	:	176.951	kN																												
$\Sigma P$ Pruty	X	:	0.000	kN																												
	Y	:	0.000	kN																												
	Z	:	176.951	kN																												
Celkový moment k počátku	<table border="0"> <tr> <td><math>\Sigma M</math> Plochy</td> <td>X</td> <td>:</td> <td>-955.535</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Y</td> <td>:</td> <td>-778.584</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Z</td> <td>:</td> <td>0.000</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td><math>\Sigma M</math> Pruty</td> <td>X</td> <td>:</td> <td>-955.535</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Y</td> <td>:</td> <td>-778.584</td> <td>kNm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Z</td> <td>:</td> <td>0.000</td> <td>kNm</td> </tr> </table>	$\Sigma M$ Plochy	X	:	-955.535	kNm		Y	:	-778.584	kNm		Z	:	0.000	kNm	$\Sigma M$ Pruty	X	:	-955.535	kNm		Y	:	-778.584	kNm		Z	:	0.000	kNm	
$\Sigma M$ Plochy	X	:	-955.535	kNm																												
	Y	:	-778.584	kNm																												
	Z	:	0.000	kNm																												
$\Sigma M$ Pruty	X	:	-955.535	kNm																												
	Y	:	-778.584	kNm																												
	Z	:	0.000	kNm																												
Buňky vybrané pro generování	<table border="0"> <tr> <td><math>\Sigma</math> počet buněk</td> <td>:</td> <td>48</td> </tr> <tr> <td><math>\Sigma</math> plocha buněk</td> <td>:</td> <td>171.797 m<sup>2</sup></td> </tr> </table>	$\Sigma$ počet buněk	:	48	$\Sigma$ plocha buněk	:	171.797 m <sup>2</sup>																									
$\Sigma$ počet buněk	:	48																														
$\Sigma$ plocha buněk	:	171.797 m <sup>2</sup>																														
Konvertovat zatížení na pruty č.	: 2-4,8-10,14-16,18-20, 34-52,63-66,68-70, 74-76,80-82,86-89, 91-100,111-114,116-118, 122-124,128-130, 134-148,159-162,247																															

ZS2  
Sníh 1+1

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS2: Sníh 1+1

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení sněhem (sedlová střecha)</b>	
	Parametry pro zatížení sněhem	Podle normy : EN 1991-1-3 Národní příloha : Česká republika Oblast zatížení sněhem Z : I Zatížení sněhem na zemi s <sub>k</sub> : 0.70 kN/m <sup>2</sup> Typ krajiny : Normální
	Koeficienty	Expozice C <sub>e</sub> : 1.00 Teplotní součinitel C <sub>t</sub> : 1.00
	Geometrie střechy	Uzel A : 38 B : 223 C : 183 D : 219 E : 49 F : 28



Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS2: Sníh 1+1

č.	Popis zatížení		
	Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,a : ZS2 <input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,b : ZS3 <input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,c : ZS4	
	Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
	Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
	Generovat zatížení sněhem na pruty č.	: 3,9,15,19,51,69,75,81,99,117,123,129,147	
	Parametry	$A_R$	: 116.826 m <sup>2</sup>
		$\alpha_1$	: 52.2 °
		$\alpha_2$	: 51.1 °
		$S_k$	: 0.70 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_1$	$\mu_1$	: 0.208
		$s_1$	: 0.15 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_2$	$\mu_1$	: 0.236
		$s_1$	: 0.17 kN/m <sup>2</sup>
	Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$	: 11.299 kN
		$\Sigma P$	: 6.120 kN
	Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$	: 80.098 kNm
$\Sigma M$		: 49.917 kNm	
Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk	: 12	
	$\Sigma$ plocha buněk	: 36.989 m <sup>2</sup>	

ZS3  
Sníh 1+1/2

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS3: Sníh 1+1/2

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení sněhem (sedlová střecha)</b>	
Parametry pro zatížení sněhem	Podle normy	: EN 1991-1-3
	Národní příloha	: Česká republika
	Oblast zatížení sněhem	Z : I
	Zatížení sněhem na zemi	$S_k$ : 0.70 kN/m <sup>2</sup>
Typ krajiny		: Normální
Koefficienty	Expozice	$C_e$ : 1.00
	Teplotní součinitel	$C_t$ : 1.00
Geometrie střechy	Uzel	A : 38
		B : 223
		C : 183
		D : 219
		E : 49
		F : 28
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,a	: ZS2
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,b	: ZS3
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,c	: ZS4
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	



Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS3: Sníh 1+1/2

č.	Popis zatížení	
	Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované
	Generovat zatížení sněhem na pruty č.	: 3,9,15,19,51,69,75,81,99,117,123,129,147
	Parametry	$A_R$ : 116.826 m <sup>2</sup> $\alpha_1$ : 52.2 ° $\alpha_2$ : 51.1 ° $S_k$ : 0.70 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_1$	$\mu_1$ : 0.208 $s_1$ : 0.07 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_2$	$\mu_1$ : 0.236 $s_1$ : 0.17 kN/m <sup>2</sup>
	Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$ : 8.710 kN $\Sigma P$ : 6.120 kN
	Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$ : 64.844 kNm $\Sigma M$ : 49.917 kNm
	Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk : 12 $\Sigma$ plocha buněk : 36.989 m <sup>2</sup>

ZS4  
Sníh 1/2+1

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS4: Sníh 1/2+1

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení sněhem (sedlová střecha)</b>	
	Parametry pro zatížení sněhem	Podle normy : EN 1991-1-3 Národní příloha : Česká republika Oblast zatížení sněhem Z : I Zatížení sněhem na zemi $S_k$ : 0.70 kN/m <sup>2</sup> Typ krajiny : Normální
	Koeficienty	Expozice $C_e$ : 1.00 Teplotní součinitel $C_t$ : 1.00
	Geometrie střechy	Uzel A : 38 B : 223 C : 183 D : 219 E : 49 F : 28
	Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,a : ZS2 <input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,b : ZS3 <input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,c : ZS4
	Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut
	Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované
	Generovat zatížení sněhem na pruty č.	: 3,9,15,19,51,69,75,81,99,117,123,129,147
	Parametry	$A_R$ : 116.826 m <sup>2</sup>



Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS4: Sníh 1/2+1

č.	Popis zatížení	
	$\alpha_1$	: 52.2 °
	$\alpha_2$	: 51.1 °
	$S_k$	: 0.70 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_1$	$\mu_{s1}$ : 0.208 $s_1$ : 0.15 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_2$	$\mu_{s1}$ : 0.236 $s_1$ : 0.08 kN/m <sup>2</sup>
Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P$ plochy	: 8.239 kN
	$\Sigma P$	: 3.060 kN
Celkový moment k počátku	$\Sigma M$ plochy	: 55.522 kNm
	$\Sigma M$	: 24.959 kNm
Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk	: 12
	$\Sigma$ plocha buněk	: 36.989 m <sup>2</sup>

ZS5

Vítr ve směru osy +X

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS5: Vítr ve směru osy +X

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení větrem (sedlová/korýtková střecha)</b>	
Dynamický tlak	Podle normy	: EN 1991-1-4
	Národní příloha	: Česká republika
	Větrová oblast	: I
	Kategorie terénu	: Kategorie IV
	Výška konstrukce	h : 20.600 m
	Základní rychlost větru	$v_{b,0}$ : 22.5 m/s
Geometrie střechy	Uzel	A : 56 B : 223 C : 183 D : 219 E : 302 F : 28
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w+	: ZS5
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w-	: ZS6
Zadat vítr na stranu	<input checked="" type="radio"/> A - B	
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
Generovat zatížení větrem na pruty č.		: 2,4,8,10,14,16,18,20,50,52,68,70,74,76,80,82,98,100,116,118,122,124,128,130,146-148
Rozměry sedlové/korýtkové střechy	h	: 20.600 m
	b	: 10.800 / m 9.902
	d	: 7.126 / m 6.778
	e	: 10.800 / m 9.902
	A	: 117.473 m <sup>2</sup>
	$\alpha_1$	: 51.1 °
	$\alpha_2$	: 52.1 °
	$b_F$	: 2.700 / m 2.476
	$d_F$	: 1.035 m
	$d_H$	: 2.390 m
	$d_I$	: 2.666 / m 2.318
	$d_J$	: 1.035 m
	$\Theta$	: 0.0 °
Oblast	Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$	0.700
F		Vnější tlak $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
		0.37



Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS5: Vítr ve směru osy +X

č.	Popis zatížení	
	G	0.700
	H	0.641
	I	0.000
	J	0.000
	Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$ : 20.487 kN $\Sigma P$ : 20.487 kN
	Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$ : 140.535 kNm $\Sigma M$ : 140.535 kNm
	Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk : 52 $\Sigma$ plocha buněk : 220.410 m <sup>2</sup>

ZS6

Vítr ve směru osy -X

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS6: Vítr ve směru osy -X

č.	Popis zatížení																			
1	<b>Ze zatížení větrem (sedlová/korýtková střecha)</b>																			
	Dynamický tlak	Podle normy : EN 1991-1-4 Národní příloha : Česká republika Větrová oblast : I Kategorie terénu : Kategorie IV Výška konstrukce h : 20.600 m Základní rychlost větru v <sub>b,0</sub> : 22.5 m/s																		
	Geometrie střechy	Uzel : A : 56 B : 223 C : 183 D : 219 E : 302 F : 28																		
	Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w+ : ZS5 <input checked="" type="checkbox"/> ZS w- : ZS6																		
	Zadat vítr na stranu	<input checked="" type="radio"/> A - B																		
	Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut																		
	Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované																		
	Generovat zatížení větrem na pruty č.	: 2,4,8,10,14,16,18,20,50,52,68,70,74,76,80,82,98,100,116,118,122,124,128,130,146-148																		
	Rozměry sedlové/korýtkové střechy	h : 20.600 m b : 10.800 / 9.902 m d : 7.126 / 6.778 m e : 10.800 / 9.902 m A : 117.473 m <sup>2</sup> α <sub>1</sub> : 51.1 ° α <sub>2</sub> : 52.1 ° b <sub>F</sub> : 2.700 / 2.476 m d <sub>F</sub> : 1.035 m d <sub>H</sub> : 2.390 m d <sub>I</sub> : 2.666 / 2.318 m d <sub>J</sub> : 1.035 m θ : 0.0 °																		
	Oblast	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Součinitel vnějšího tlaku c<sub>pe,10</sub></th> <th>Vnější tlak w<sub>e</sub> [kN/m<sup>2</sup>]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>-0.200</td> <td>-0.11</td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>-0.300</td> <td>-0.16</td> </tr> </tbody> </table>		Součinitel vnějšího tlaku c <sub>pe,10</sub>	Vnější tlak w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	F	0.000	0.00	G	0.000	0.00	H	0.000	0.00	I	-0.200	-0.11	J	-0.300	-0.16
	Součinitel vnějšího tlaku c <sub>pe,10</sub>	Vnější tlak w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]																		
F	0.000	0.00																		
G	0.000	0.00																		
H	0.000	0.00																		
I	-0.200	-0.11																		
J	-0.300	-0.16																		
	Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$ : 7.100 kN																		



Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS6: Vítr ve směru osy -X

č.	Popis zatížení	
	$\Sigma P$	: 7.099 kN
	Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$ : 40.333 kNm $\Sigma M$ : 76.952 kNm
	Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk : 52 $\Sigma$ plocha buněk : 220.410 m <sup>2</sup>

ZS7

Vítr ve směru osy +Y

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS7: Vítr ve směru osy +Y

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení větrem (sedlová/korýtková střecha)</b>	
Dynamický tlak	Podle normy	: EN 1991-1-4
	Národní příloha	: Česká republika
	Větrová oblast	: I
	Kategorie terénu	: Kategorie IV
	Výška konstrukce	h : 20.600 m
	Základní rychlost větru	v <sub>b,0</sub> : 22.5 m/s
Geometrie střechy	Uzel	A : 56 B : 223 C : 183 D : 219 E : 302 F : 28
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w+	: ZS7
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w-	: ZS8
Zadat vítr na stranu	<input checked="" type="radio"/> E - F - A	
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
Generovat zatížení větrem na pruty č.		: 2,4,8,10,14,16,18,20,50,52,68,70,74,76,80,82,98,100,116,118,122,124,128,130,146-148
Rozměry sedlové/korýtkové střechy	h	: 20.600 m
	b	: 7.042 / m 6.813
	d	: 9.902 / m 10.800
	e	: 7.042 / m 6.813
	A	: 117.473 m <sup>2</sup>
	α <sub>1</sub>	: 52.1 °
	α <sub>2</sub>	: 51.1 °
	b <sub>F</sub>	: 1.760 / m 1.703
	d <sub>F</sub>	: 0.693 m
	d <sub>H</sub>	: 2.771 m
	d <sub>I</sub>	: 6.439 / m 7.336
	θ	: 90.0 °
	Oblast	
	F	0.000
	G	0.000
	H	0.000
	I	0.000
	Součinitel vnějšího tlaku c <sub>pe,10</sub>	
	F	0.000
	G	0.000
	H	0.000
	I	0.000
	Vnější tlak w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00
	F	0.00
	G	0.00
	H	0.00
	I	0.00
Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$	: 0.000 kN
	$\Sigma P$	: 0.000 kN
Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$	: 0.000 kNm
	$\Sigma M$	: 0.000 kNm
Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk	: 64
	$\Sigma$ plocha buněk	: 470.553 m <sup>2</sup>





Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

ZS8

Vítr ve směru osy -Y

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS8: Vítr ve směru osy -Y

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení větrem (sedlová/korýtková střecha)</b>	
Dynamický tlak	Podle normy	: EN 1991-1-4
	Národní příloha	: Česká republika
	Větrová oblast	: I
	Kategorie terénu	: Kategorie IV
	Výška konstrukce	h : 20,600 m
	Základní rychlost větru	v <sub>b,0</sub> : 22,5 m/s
Geometrie střechy	Uzel	A : 56 B : 223 C : 183 D : 219 E : 302 F : 28
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w+	: ZS7
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w-	: ZS8
Zadat vítr na stranu	<input checked="" type="radio"/> E - F - A	
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
Generovat zatížení větrem na pruty č.		: 2,4,8,10,14,16,18,20,50,52,68,70,74,76,80,82,98,100,116,118,122,124,128,130,146-148
Rozměry sedlové/korýtkové střechy	h	: 20,600 m
	b	: 7,042 / m 6,813
	d	: 9,902 / m 10,800
	e	: 7,042 / m 6,813
	A	: 117,473 m <sup>2</sup>
	α <sub>1</sub>	: 52,1 °
	α <sub>2</sub>	: 51,1 °
	b <sub>F</sub>	: 1,760 / m 1,703
	d <sub>F</sub>	: 0,693 m
	d <sub>H</sub>	: 2,771 m
	d <sub>I</sub>	: 6,439 / m 7,336
	θ	: 90,0 °
Oblast	Součinitel vnějšího tlaku c <sub>pe,10</sub>	Vnější tlak w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
F	-1.100	-0.58
G	-1.305 / -1.318	-0.69 / -0.69
H	-0.853 / -0.859	-0.45 / -0.45
I	-0.500	-0.26
Vygenerovaná celková zatížení	Σ P <sub>Plochy</sub>	: 24,651 kN
	Σ P	: 24,651 kN
Celkový moment k počátku	Σ M <sub>Plochy</sub>	: 158,474 kNm
	Σ M	: 239,347 kNm
Buňky vybrané pro generování	Σ počet buněk	: 64
	Σ plocha buněk	: 470,553 m <sup>2</sup>



RF-TIMBER Pro  
PR1

Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

### 1.1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Pruty k posouzení: 72,74-78,85,91-93,98-114,163,165,166,177,178,181,182,193-195,203,204,207,208,221,224,230,232,239,240,246

Posouzení podle normy: ČSN EN 1995-1-1/NA:2007-09

Posouzení mezního stavu únosnosti

Kombinace zatížení k posouzení:

KZ1	1.35*ZS1
KZ2	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2
KZ3	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3
KZ4	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4
KZ5	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS5
KZ6	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS6
KZ7	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS7
KZ8	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS8
KZ9	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS5
KZ10	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS6
KZ11	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS7
KZ12	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS8
KZ13	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS5
KZ14	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS6
KZ15	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS7
KZ16	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS8

Posouzení mezního stavu použitelnosti

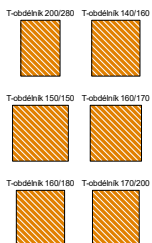
Kombinace zatížení k posouzení:

KZ17	ZS1
KZ18	ZS1 + ZS2
KZ19	ZS1 + ZS3
KZ20	ZS1 + ZS4
KZ21	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5
KZ22	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6
KZ23	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7
KZ24	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS8
KZ25	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS5
KZ26	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS6
KZ27	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS7
KZ28	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS8
KZ29	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS5
KZ30	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS6
KZ31	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS7
KZ32	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS8
KZ33	1.8*ZS1
KZ34	1.8*ZS1 + ZS2
KZ35	1.8*ZS1 + ZS3
KZ36	1.8*ZS1 + ZS4
KZ37	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5
KZ38	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6
KZ39	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7
KZ40	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS8
KZ41	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS5
KZ42	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS6
KZ43	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS7
KZ44	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS8
KZ45	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS5
KZ46	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS6
KZ47	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS7
KZ48	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS8

### 1.2 MATERIÁLY

Mat. č.	Označení	Kategorie součinitele	Komentář
3	Topolové a jehličnaté dřevo C24   ČSN EN 1995-1-1-10	Rostlé dřevo	

### 1.3.1 PRŮŘEZY



Průř. č.	Mat. č.	Průřez Označení [mm]	Max. návrhové využití	Komentář
1	3	T-obdélník 200/280	0.22	Vazný trám
2	3	T-obdélník 140/160	0.13	Námětek
3	3	T-obdélník 150/150	0.04	Vzpěra
4	3	T-obdélník 160/170	0.03	Horní vzpěra
5	3	T-obdélník 160/180	0.36	Krokev
6	3	T-obdélník 170/200	0.02	Rozpěra
7	3	T-obdélník 170/200	0.07	Hambalek
8	3	T-obdélník 160/170	0.02	Horní hambalek
9	3	T-obdélník 160/240	0.06	Šikmý sloupek
10	3	T-obdélník 200/300	0.04	Sloupek
11	3	T-obdélník 160/170	0.15	Vaznice
12	3	T-obdélník 140/160	0.10	Mezilehlá vaznice
13	3	T-obdélník 140/170	0.11	Podélný trám





Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

## 2.2 POSOUZENÍ PO PRŮŘEZÍCH

Průř. č.	Prut č.	Místo x [m]	ZS/KZ/ KV	Posouzení	Posouzení č.	Označení
1	<b>T-obdélník 200/280 - Vazný trám</b>					
	85	4.400	KZ8	0.03 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	85	8.800	KZ13	0.08 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	72	3.771	KZ5	0.11 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3
	72	3.771	KZ1	0.09 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	72	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
	72	3.771	KZ17	0.18 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
	72	3.771	KZ33	0.22 ≤ 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
2	<b>T-obdélník 140/160 - Námětek</b>					
	91	0.513	KZ1	0.00 ≤ 1	100)	Únosnost průřezu - Zanedbatelné vnitřní síly
	92	1.982	KZ1	0.00 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	92	0.000	KZ1	0.00 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	92	0.000	KZ1	0.05 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	111	0.991	KZ5	0.05 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
	91	0.000	KZ1	0.02 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3
	92	0.000	KZ1	0.02 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	111	0.991	KZ5	0.05 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	92	0.000	KZ1	0.02 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	92	0.000	KZ1	0.00 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	91	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
	111	0.991	KZ20	0.04 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
	111	0.991	KZ34	0.05 ≤ 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
	91	0.513	KZ24	0.12 ≤ 1	411)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - konzola, směr z
	91	0.513	KZ40	0.13 ≤ 1	412)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - konzola, směr z
3	<b>T-obdélník 150/150 - Vzpěra</b>					
	108	0.000	KZ8	0.00 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	195	1.524	KZ13	0.02 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	108	0.000	KZ8	0.01 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	195	0.000	KZ16	0.00 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	246	0.000	KZ5	0.02 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
	108	0.835	KZ8	0.03 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3
	195	0.006	KZ13	0.02 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	195	1.524	KZ13	0.02 ≤ 1	303)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	195	0.006	KZ13	0.04 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
4	<b>T-obdélník 160/170 - Horní vzpěra</b>					
	166	1.935	KZ13	0.01 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	105	1.935	KZ8	0.01 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	166	0.968	KZ8	0.01 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
	105	1.935	KZ8	0.02 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	166	1.935	KZ13	0.01 ≤ 1	303)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	166	0.968	KZ8	0.01 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	105	1.935	KZ8	0.03 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
166	0.968	KZ13	0.01 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y	
5	<b>T-obdélník 160/180 - Krokev</b>					
	98	0.000	KZ13	0.04 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	98	3.108	KZ5	0.07 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	98	1.554	KZ13	0.09 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	98	0.000	KZ16	0.01 ≤ 1	172)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tlak podle 6.2.4
	98	3.108	KZ5	0.07 ≤ 1	173)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tlak podle 6.2.4
	99	7.012	KZ8	0.31 ≤ 1	303)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	99	5.458	KZ8	0.36 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	99	7.012	KZ2	0.32 ≤ 1	328)	Prut s ohybem okolo osy z a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	99	5.832	KZ8	0.36 ≤ 1	333)	Prut s dvouosým ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	99	5.832	KZ2	0.31 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	98	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
	99	5.458	KZ24	0.09 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 -



Projekt: Příklady

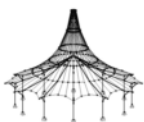
Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

## 2.2 POSOUZENÍ PO PRŮŘEZÍCH

Průř. č.	Prut č.	Místo x [m]	ZS/KZ/ KV	Posouzení	Posouzení č.	Označení
6	99	5.458	KZ40	0.10 ≤ 1	402)	- vnitřní pole, směr z Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
	<b>T-obdélník 170/200 - Rozpěra</b>					
	109	0.705	KZ8	0.01 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	224	0.000	KZ8	0.01 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	224	0.000	KZ8	0.02 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
	109	0.705	KZ8	0.01 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3
7	224	0.000	KZ8	0.02 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	<b>T-obdélník 170/200 - Hambalek</b>					
	101	0.253	KZ13	0.02 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	101	4.646	KZ13	0.04 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	101	0.000	KZ16	0.00 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	101	2.450	KZ13	0.03 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	101	2.450	KZ14	0.00 ≤ 1	172)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tlak podle 6.2.4
	101	2.450	KZ8	0.04 ≤ 1	173)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tlak podle 6.2.4
	101	1.347	KZ6	0.04 ≤ 1	303)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	101	2.450	KZ13	0.07 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	101	2.450	KZ14	0.04 ≤ 1	328)	Prut s ohybem okolo osy z a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	101	2.450	KZ8	0.07 ≤ 1	333)	Prut s dvouosým ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
8	101	0.253	KZ13	0.05 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	<b>T-obdélník 160/170 - Horní hambalek</b>					
	181	0.000	KZ5	0.01 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	181	0.000	KZ8	0.01 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	181	1.266	KZ8	0.01 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	78	0.000	KZ5	0.01 ≤ 1	303)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	181	1.266	KZ8	0.02 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
9	78	1.177	KZ5	0.01 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	<b>T-obdélník 160/240 - Šikmý sloupek</b>					
	106	3.110	KZ13	0.01 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	106	0.000	KZ8	0.03 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	102	1.598	KZ8	0.05 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
	106	1.512	KZ13	0.05 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	106	3.110	KZ13	0.02 ≤ 1	303)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	102	1.598	KZ8	0.05 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
10	106	1.512	KZ13	0.06 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	102	1.598	KZ8	0.02 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	<b>T-obdélník 200/300 - Sloupek</b>					
	104	3.040	KZ1	0.00 ≤ 1	100)	Únosnost průřezu - Zanedbatelné vnitřní síly
	104	0.565	KZ5	0.02 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	104	3.040	KZ8	0.01 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	104	3.040	KZ16	0.02 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	104	3.040	KZ8	0.04 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
104	3.230	KZ8	0.04 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3	
11	104	3.040	KZ8	0.04 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	<b>T-obdélník 160/170 - Vaznice</b>					
	165	0.500	KZ8	0.07 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	165	0.000	KZ8	0.05 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
	163	11.300	KZ16	0.05 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	163	7.700	KZ5	0.02 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
	165	1.400	KZ6	0.01 ≤ 1	152)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z podle 6.1.6
	165	0.500	KZ8	0.15 ≤ 1	153)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb podle 6.1.6
	165	0.500	KZ8	0.09 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	163	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
165	9.500	KZ24	0.09 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z	
165	9.500	KZ40	0.07 ≤ 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z	



Projekt: Příklady

Model: BP\_3D pokus 2

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

## 2.2 POSOUZENÍ PO PRŮŘEZÍCH

Průř. č.	Prut č.	Místo x [m]	ZS/KZ/KV	Posouzení	Posouzení č.	Označení
12	<b>T-obdélník 140/160 - Mezilehlá vaznice</b>					
	193	9.500	KZ8	0.00 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	194	0.000	KZ8	0.01 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	193	11.800	KZ8	0.02 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
	194	11.300	KZ16	0.06 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	193	11.300	KZ8	0.03 ≤ 1	152)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z podle 6.1.6
	193	0.500	KZ16	0.04 ≤ 1	153)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb podle 6.1.6
	194	7.700	KZ4	0.01 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3
	193	10.400	KZ8	0.04 ≤ 1	162)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tah podle 6.2.3
	194	10.400	KZ16	0.04 ≤ 1	163)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tah podle 6.2.3
	194	0.500	KZ8	0.01 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	193	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
	194	5.900	KZ24	0.08 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
	194	5.900	KZ40	0.10 ≤ 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
	13	<b>T-obdélník 140/170 - Podélný trám</b>				
240		0.000	KZ13	0.01 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
221		8.318	KZ5	0.00 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
221		8.318	KZ13	0.04 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
221		0.000	KZ16	0.07 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
221		10.400	KZ8	0.04 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
221		8.318	KZ14	0.04 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
221		0.500	KZ16	0.11 ≤ 1	152)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z podle 6.1.6
221		11.300	KZ8	0.08 ≤ 1	153)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb podle 6.1.6
240		1.036	KZ13	0.03 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3
221		8.318	KZ13	0.02 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
221		7.700	KZ8	0.02 ≤ 1	172)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tlak podle 6.2.4
221		0.500	KZ8	0.06 ≤ 1	173)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tlak podle 6.2.4
221		8.318	KZ13	0.04 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
221		8.318	KZ13	0.01 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
221		0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
221		2.300	KZ21	0.05 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
221		2.300	KZ37	0.06 ≤ 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

## Statický výpočet

### PROJEKT

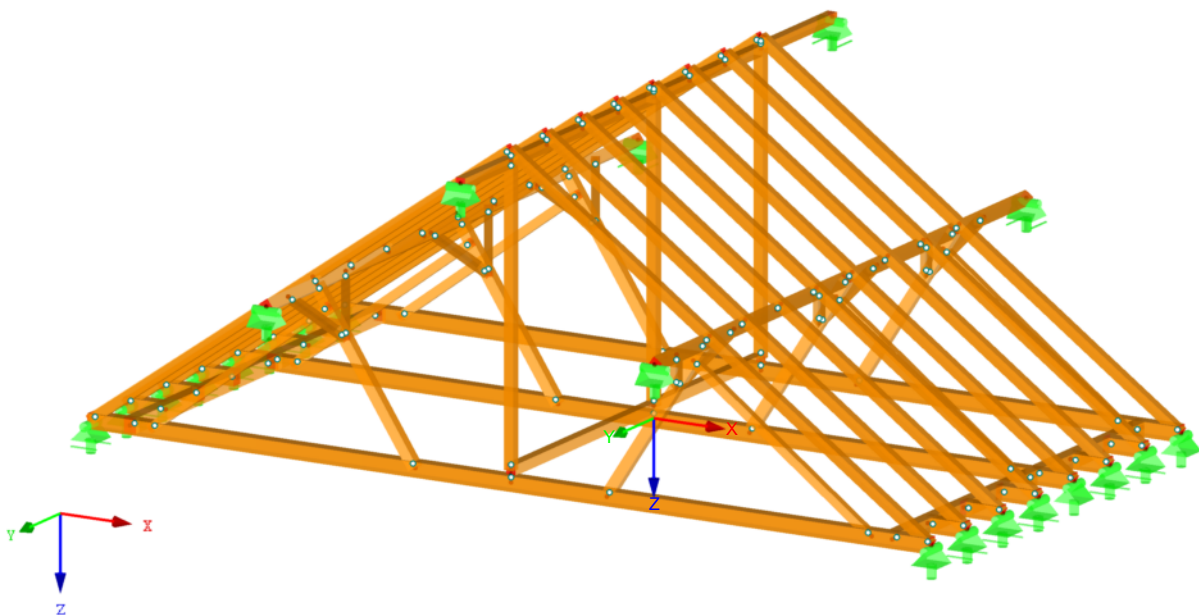
*Bakalářská práce  
Statické posouzení a návrh sanačních opatření  
barokního krovu Toskánského paláce*

### INVESTOR

### ZHOTOVITEL

*Luboš Havlík*

Izometrie





Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

### OBSAH

Model - základní údaje	2	ZS4 - Sníh 1+1/2 - 3.15 Vygenerovaná zatížení	7
Nastavení sítě prvků	2	ZS5 - Vítr X+ - 3.15 Vygenerovaná zatížení	8
<b>Zatěžovací stavy a kombinace</b>		ZS6 - Vítr X- - 3.15 Vygenerovaná zatížení	9
2.1 Zatěžovací stavy	2	ZS7 - Vítr Y+ - 3.15 Vygenerovaná zatížení	9
2.1.1 Zatěžovací stavy - parametry výpočtu	2	ZS8 - Vítr Y- - 3.15 Vygenerovaná zatížení	10
2.5 Kombinace zatížení	3	<b>RF-TIMBER Pro</b>	
2.7 Kombinace výsledků	4	1.1.1 Základní údaje	12
<b>3 Zatížení</b>		1.1.4 Použité normy	12
ZS1 - Vlastní tíha + stálé - 3.15	4	1.2 Materiály	12
Vygenerovaná zatížení		1.3.1 Průřezy	12
ZS2 - Sníh 1+1 - 3.15 Vygenerovaná zatížení	5	2.2 Posouzení po průřezech	13
ZS3 - Sníh 1/2+1 - 3.15 Vygenerovaná zatížení	6		

### MODEL - ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Obecné	Název modelu	: BP_3d_prvorep
	Název projektu	: Příklady
	Označení projektu	: Ukázkové úlohy
	Typ modelu	: 3D
	Kladný směr globální osy Z	: Dolů
	Klasifikace zatěžovacích stavů a kombinací	: Podle normy: EN 1990 + EN 1995 (dřevo)
		: Národní příloha: ČSN - Česká Republika
	<input checked="" type="checkbox"/> Automaticky vytvořit kombinace	: <input checked="" type="checkbox"/> Kombinace zatížení
Možnosti	<input type="checkbox"/> RF-FORM-FINDING - Hledání počátečních rovnovážných tvarů membránových a lanových konstrukcí	
	<input type="checkbox"/> RF-CUTTING-PATTERN	
	<input type="checkbox"/> Analýza potrubí	
	<input type="checkbox"/> Použít pravidlo CQC	
	<input type="checkbox"/> Umožnit CAD/BIM model	
	Tíhové zrychlení	: 10.00 m/s <sup>2</sup>
	g	

### NASTAVENÍ SÍTĚ PRVKŮ

Obecné	Požadovaná délka konečných prvků	$l_{FE}$	: 0.5 m
	Maximální vzdálenost mezi uzlem a linií pro integrování do linie	$\epsilon$	: 0.0 m
	Maximální počet uzlů sítě KP v tisících		: 500
Pruty	Počet dělení lanových prutů, prutů s pružným podložím, s náběhy nebo plastickými vlastnostmi:		: 10
	<input checked="" type="checkbox"/> Aktivovat dělení prutů pro analýzu velkých deformací resp. postkritickou analýzu		
	<input checked="" type="checkbox"/> Dělit pruty na nich ležícím uzlem		
Plochy	Maximální poměr diagonál obdélníku KP	$\Delta_D$	: 1.800
	Maximální přípustný odklon 2 prvků sítě od roviny	$\alpha$	: 0.50 °
	Tvar konečných prvků:		: Trojúhelníky a čtyřúhelníky
			: <input checked="" type="checkbox"/> Generovat stejné čtverce, kde je to možné

### 2.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	Kategorie účinků	Vlastní tíha - Součinitel ve směru			EN 1990 + 1995   ČSN Doba trvání zatížení	
			Aktivní	X	Y		Z
ZS1	Vlastní tíha + stálé	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	0.000	0.000	1.000	Stálé
ZS2	Sníh 1+1	Sníh (H ≤ 1000 m n.m.)	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS3	Sníh 1/2+1	Sníh (H ≤ 1000 m n.m.)	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS4	Sníh 1+1/2	Sníh (H ≤ 1000 m n.m.)	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS5	Vítr X+	Vítr	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS6	Vítr X-	Vítr	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS7	Vítr Y+	Vítr	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá
ZS8	Vítr Y-	Vítr	<input type="checkbox"/>				Krátkodobá

### 2.1.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY - PARAMETRY VÝPOČTU

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	Parametry výpočtu	
		Způsob výpočtu	Metoda pro řešení systému
ZS1	Vlastní tíha + stálé	Způsob výpočtu	: <input checked="" type="radio"/> Teorie I. řádu (geometricky lineární výpočet)
		Metoda pro řešení systému	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
ZS2	Sníh 1+1	Způsob výpočtu	: <input checked="" type="radio"/> Teorie I. řádu (geometricky lineární výpočet)
		Metoda pro řešení systému	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson
ZS3	Sníh 1/2+1	Způsob výpočtu	: <input checked="" type="radio"/> Teorie I. řádu (geometricky lineární výpočet)
		Metoda pro řešení systému	: <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**2.1.1 ZATĚŽOVACÍ STAVY - PARAMETRY VÝPOČTU**

Zatěž. stav	Označení zatěž. stavu	Parametry výpočtu
		Aktivovat součinitele tuhosti: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS4	Sníh 1+1/2	Způsob výpočtu: <input checked="" type="checkbox"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic: <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson Aktivovat součinitele tuhosti: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS5	Vítr X+	Způsob výpočtu: <input checked="" type="checkbox"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic: <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson Aktivovat součinitele tuhosti: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS6	Vítr X-	Způsob výpočtu: <input checked="" type="checkbox"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic: <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson Aktivovat součinitele tuhosti: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS7	Vítr Y+	Způsob výpočtu: <input checked="" type="checkbox"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic: <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson Aktivovat součinitele tuhosti: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )
ZS8	Vítr Y-	Způsob výpočtu: <input checked="" type="checkbox"/> Teorie I. řádu (geometrický lineární výpočet) Metoda pro řešení systému nelineárních algebraických rovnic: <input checked="" type="checkbox"/> Newton-Raphson Aktivovat součinitele tuhosti: <input checked="" type="checkbox"/> Průřezy (součinitel pro $J, I_y, I_z, A, A_y, A_z$ ) <input checked="" type="checkbox"/> Pruty (faktor pro $GJ, EI_y, EI_z, EA, GA_y, GA_z$ )

**2.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ**

Kombin. zatížení	Kombinace zatížení		č.	Součinitel	Zatěžovací stav
	NS	Označení			
KZ1	STR	1.35*ZS1	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
KZ2	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS2 Sníh 1+1
KZ3	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS3 Sníh 1/2+1
KZ4	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS4 Sníh 1+1/2
KZ5	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS5	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS2 Sníh 1+1
			3	0.90	ZS5 Vítr X+
KZ6	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS6	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS2 Sníh 1+1
			3	0.90	ZS6 Vítr X-
KZ7	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS7	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS2 Sníh 1+1
			3	0.90	ZS7 Vítr Y+
KZ8	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS8	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS2 Sníh 1+1
			3	0.90	ZS8 Vítr Y-
KZ9	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS5	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS3 Sníh 1/2+1
			3	0.90	ZS5 Vítr X+
KZ10	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS6	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS3 Sníh 1/2+1
			3	0.90	ZS6 Vítr X-
KZ11	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS7	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS3 Sníh 1/2+1
			3	0.90	ZS7 Vítr Y+
KZ12	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS8	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS3 Sníh 1/2+1
			3	0.90	ZS8 Vítr Y-
KZ13	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS5	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS4 Sníh 1+1/2
			3	0.90	ZS5 Vítr X+
KZ14	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS6	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS4 Sníh 1+1/2
			3	0.90	ZS6 Vítr X-
KZ15	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS7	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS4 Sníh 1+1/2
			3	0.90	ZS7 Vítr Y+
KZ16	STR	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS8	1	1.35	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.50	ZS4 Sníh 1+1/2
			3	0.90	ZS8 Vítr Y-
KZ17	S Ch	ZS1	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha + stálé
KZ18	S Ch	ZS1 + ZS2	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2 Sníh 1+1
KZ19	S Ch	ZS1 + ZS3	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3 Sníh 1/2+1
KZ20	S Ch	ZS1 + ZS4	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4 Sníh 1+1/2
KZ21	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2 Sníh 1+1
			3	0.60	ZS5 Vítr X+
KZ22	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2 Sníh 1+1
			3	0.60	ZS6 Vítr X-
KZ23	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7	1	1.00	ZS1 Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2 Sníh 1+1
			3	0.60	ZS7 Vítr Y+





Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**2.5 KOMBINACE ZATÍŽENÍ**

Kombin. zatížení	Kombinace zatížení		č.	Součinitel	Zatěžovací stav	
	NS	Označení				
KZ24	S Ch	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS8	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS8	Vítr Y-
KZ25	S Ch	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS5	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS5	Vítr X+
KZ26	S Ch	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS6	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS6	Vítr X-
KZ27	S Ch	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS7	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS7	Vítr Y+
KZ28	S Ch	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS8	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS8	Vítr Y-
KZ29	S Ch	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS5	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS5	Vítr X+
KZ30	S Ch	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS6	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS6	Vítr X-
KZ31	S Ch	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS7	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS7	Vítr Y+
KZ32	S Ch	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS8	1	1.00	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS8	Vítr Y-
KZ33	S Qp	1.8*ZS1	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
KZ34	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
KZ35	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
KZ36	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
KZ37	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS5	Vítr X+
KZ38	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS6	Vítr X-
KZ39	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS7	Vítr Y+
KZ40	S Qp	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS8	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS2	Sníh 1+1
			3	0.60	ZS8	Vítr Y-
KZ41	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS5	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS5	Vítr X+
KZ42	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS6	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS6	Vítr X-
KZ43	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS7	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS7	Vítr Y+
KZ44	S Qp	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS8	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS3	Sníh 1/2+1
			3	0.60	ZS8	Vítr Y-
KZ45	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS5	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS5	Vítr X+
KZ46	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS6	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS6	Vítr X-
KZ47	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS7	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS7	Vítr Y+
KZ48	S Qp	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS8	1	1.80	ZS1	Vlastní tíha + stálé
			2	1.00	ZS4	Sníh 1+1/2
			3	0.60	ZS8	Vítr Y-

**2.7 KOMBINACE VÝSLEDKŮ**

Kombin. výsledků	Označení	Zatěžování
KV1	MSÚ (STR/GEO) - trvalá/dočasná - rovn. 6.10	KZ1/s nebo do KZ16
KV2	MSP - charakteristická / málo častá	KZ17/s nebo do KZ32
KV3	MSP - kvazistálá	KZ33/s nebo do KZ48

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS1: Vlastní tíha + stálé

ZS1  
Vlastní tíha + stálé

č.	Popis zatížení
1	<b>Ze zatížení na plochu pomocí roviny</b>
	Směr zatížení na plochu: <input type="checkbox"/> Vztážno globálně na skut. plochu: <input type="checkbox"/> ZL
	Plocha aplikace zatížení: <input checked="" type="checkbox"/> Zavřená rovina
	Typ průběhu zatížení: <input checked="" type="checkbox"/> Kombinované



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS1: Vlastní tíha + stálé

č.	Popis zatížení	
	Velikost zatížení na plochu	<input checked="" type="checkbox"/> Konstantní : 1.02 kN/m <sup>2</sup>
	Ohraničení roviny plošného zatížení	Rohové uzly : 38,85,86,39; 39,37,84,86
	Poznámka	Každý řádek v seznamu popisuje jednu rovinu
Generování celkových zatížení ve směru	$\Sigma P$ Plochy	X : 0.000 kN
		Y : 0.000 kN
		Z : 172.394 kN
	$\Sigma P$ Pruty	X : 0.000 kN
		Y : 0.000 kN
		Z : 172.394 kN
Celkový moment k počátku	$\Sigma M$ Plochy	X : 103.437 kNm
		Y : 0.000 kNm
		Z : 0.000 kNm
	$\Sigma M$ Pruty	X : 103.437 kNm
		Y : 0.000 kNm
		Z : 0.000 kNm
Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk : 14	
	$\Sigma$ plocha buněk : 168.189 m <sup>2</sup>	
Konvertovat zatížení na pruty č.	: 2,3,19,20,26,27,41,42, 48,49,58,59,72,73,79, 80	

ZS2  
Sníh 1+1

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS2: Sníh 1+1

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení sněhem (sedlová střecha)</b>	
Parametry pro zatížení sněhem	Podle normy	: EN 1991-1-3
	Národní příloha	: Česká republika
	Oblast zatížení sněhem	Z : I
	Zatížení sněhem na zemi	s <sub>k</sub> : 0.70 kN/m <sup>2</sup>
	Typ krajiny	: Normální
Koeficienty	Expozice	C <sub>e</sub> : 1.00
	Teplotní součinitel	C <sub>t</sub> : 1.00
Geometrie střechy	Uzel	A : 85
		B : 38
		C : 39
		D : 37
		E : 84
		F : 86
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,a	: ZS2
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,b	: ZS3
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,c	: ZS4
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
Generovat zatížení sněhem na pruty č.	: 2,3,19,20,26,27,41,42, 48,49,58,59,72,73,79,8	



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS2: Sníh 1+1

č.	Popis zatížení	
		80
Parametry	$A_R$	: 168.189 m <sup>2</sup>
	$\alpha_1$	: 35.4 °
	$\alpha_2$	: 35.4 °
	$S_k$	: 0.70 kN/m <sup>2</sup>
Strana s $\alpha_1$	$\mu_1$	: 0.656
	$s_1$	: 0.46 kN/m <sup>2</sup>
Strana s $\alpha_2$	$\mu_1$	: 0.656
	$s_1$	: 0.46 kN/m <sup>2</sup>
Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$	: 62.939 kN
	$\Sigma P$	: 62.939 kN
Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$	: 37.763 kNm
	$\Sigma M$	: 37.763 kNm
Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk	: 14
	$\Sigma$ plocha buněk	: 137.088 m <sup>2</sup>

ZS3  
Sníh 1/2+1

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS3: Sníh 1/2+1

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení sněhem (sedlová střecha)</b>	
Parametry pro zatížení sněhem	Podle normy	: EN 1991-1-3
	Národní příloha	: Česká republika
	Oblast zatížení sněhem	Z : I
	Zatížení sněhem na zemi	$S_k$ : 0.70 kN/m <sup>2</sup>
	Typ krajiny	: Normální
Koefficienty	Expozice	$C_e$ : 1.00
	Teplotní součinitel	$C_t$ : 1.00
Geometrie střechy	Uzel	A : 85
		B : 38
		C : 39
		D : 37
		E : 84
		F : 86
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,a	: ZS2
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,b	: ZS3
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,c	: ZS4
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
Generovat zatížení sněhem na pruty č.		: 2,3,19,20,26,27,41,42,48,49,58,59,72,73,79,80
Parametry	$A_R$	: 168.189 m <sup>2</sup>
	$\alpha_1$	: 35.4 °
	$\alpha_2$	: 35.4 °



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS3: Sníh 1/2+1

č.	Popis zatížení		
		$S_k$	: 0.70 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_1$	$\mu_1$	: 0.656
		$s_1$	: 0.23 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_2$	$\mu_1$	: 0.656
		$s_1$	: 0.46 kN/m <sup>2</sup>
	Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$	: 47.204 kN
		$\Sigma P$	: 47.204 kN
	Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$	: 70.168 kNm
		$\Sigma M$	: 70.168 kNm
	Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk	: 14
		$\Sigma$ plocha buněk	: 137.088 m <sup>2</sup>

ZS4  
Sníh 1+1/2

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS4: Sníh 1+1/2

č.	Popis zatížení		
1	<b>Ze zatížení sněhem (sedlová střecha)</b>		
	Parametry pro zatížení sněhem	Podle normy	: EN 1991-1-3
		Národní příloha	: Česká republika
		Oblast zatížení sněhem	Z : I
		Zatížení sněhem na zemi	$S_k$ : 0.70 kN/m <sup>2</sup>
		Typ krajiny	: Normální
	Koeficienty	Expozice	$C_e$ : 1.00
		Teplotní součinitel	$C_t$ : 1.00
	Geometrie střechy	Uzel	A : 85
			B : 38
			C : 39
			D : 37
			E : 84
			F : 86
	Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,a	: ZS2
		<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,b	: ZS3
		<input checked="" type="checkbox"/> ZS s1,c	: ZS4
	Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
	Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
	Generovat zatížení sněhem na pruty č.		: 2,3,19,20,26,27,41,42,48,49,58,59,72,73,79,80
	Parametry	$A_R$	: 168.189 m <sup>2</sup>
		$\alpha_1$	: 35.4 °
		$\alpha_2$	: 35.4 °
		$S_k$	: 0.70 kN/m <sup>2</sup>
	Strana s $\alpha_1$	$\mu_1$	: 0.656
		$s_1$	: 0.46 kN/m <sup>2</sup>



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS4: Sníh 1+1/2

č.	Popis zatížení	
	Strana s $\alpha_2$	$\mu_1$ : 0.656 $s_1$ : 0.23 kN/m <sup>2</sup>
	Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$ : 47.204 kN $\Sigma P$ : 47.204 kN
	Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$ : 70.168 kNm $\Sigma M$ : 70.168 kNm
	Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk : 14 $\Sigma$ plocha buněk : 137.088 m <sup>2</sup>

ZS5  
Vítr X+

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS5: Vítr X+

č.	Popis zatížení																			
1	<b>Ze zatížení větrem (sedlová/korýtková střecha)</b>																			
	Dynamický tlak	Podle normy : EN 1991-1-4 Národní příloha : Česká republika Větrová oblast : I Kategorie terénu : Kategorie IV Výška konstrukce h : 20.600 m Základní rychlost větru $v_{b,0}$ : 22.5 m/s																		
	Geometrie střechy	Uzel : A : 85 B : 38 C : 39 D : 37 E : 84 F : 86																		
	Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w+ : ZS5 <input checked="" type="checkbox"/> ZS w- : ZS6																		
	Zadat vítr na stranu	<input checked="" type="radio"/> A - B																		
	Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut																		
	Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované																		
	Generovat zatížení větrem na pruty č.	: 2,3,19,20,26,27,41,42,48,49,58,59,72,73,79,80																		
	Rozměry sedlové/korýtkové střechy	h : 20.600 m b : 8.400 m d : 16.320 m e : 8.400 m A : 168.189 m <sup>2</sup> $\alpha_1$ : 35.4 ° $\alpha_2$ : 35.4 ° $b_F$ : 2.100 m $d_F$ : 0.840 m $d_H$ : 7.320 m $d_I$ : 7.320 m $d_J$ : 0.840 m $\vartheta$ : 0.0 °																		
	Oblast	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Součinitel vnějšího tlaku <math>c_{pe,10}</math></th> <th>Vnější tlak <math>w_e</math> [kN/m<sup>2</sup>]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F</td> <td>0.700</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>0.700</td> <td>0.37</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>0.472</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>I</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>0.000</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>		Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$	Vnější tlak $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]	F	0.700	0.37	G	0.700	0.37	H	0.472	0.25	I	0.000	0.00	J	0.000	0.00
	Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$	Vnější tlak $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]																		
F	0.700	0.37																		
G	0.700	0.37																		
H	0.472	0.25																		
I	0.000	0.00																		
J	0.000	0.00																		
	Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$ : 21.958 kN $\Sigma P$ : 21.958 kN																		
	Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$ : 42.874 kNm $\Sigma M$ : 42.874 kNm																		
	Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk : 44 $\Sigma$ plocha buněk : 244.864 m <sup>2</sup>																		



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

ZS6  
Vítr X-

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS6: Vítr X-

č.	Popis zatížení	
1	<b>Ze zatížení větrem (sedlová/korýtková střecha)</b>	
Dynamický tlak	Podle normy	: EN 1991-1-4
	Národní příloha	: Česká republika
	Větrová oblast	: I
	Kategorie terénu	: Kategorie IV
	Výška konstrukce	h : 20,600 m
	Základní rychlost větru	v <sub>b,0</sub> : 22,5 m/s
Geometrie střechy	Uzel	A : 85 B : 38 C : 39 D : 37 E : 84 F : 86
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w+	: ZS5
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w-	: ZS6
Zadat vítr na stranu	<input checked="" type="radio"/> A - B	
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
Generovat zatížení větrem na pruty č.		: 2,3,19,20,26,27,41,42, 48,49,58,59,72,73,79, 80
Rozměry sedlové/korýtkové střechy	h	: 20,600 m
	b	: 8,400 m
	d	: 16,320 m
	e	: 8,400 m
	A	: 168,189 m <sup>2</sup>
	α <sub>1</sub>	: 35,4 °
	α <sub>2</sub>	: 35,4 °
	b <sub>F</sub>	: 2,100 m
	d <sub>F</sub>	: 0,840 m
	d <sub>H</sub>	: 7,320 m
	d <sub>I</sub>	: 7,320 m
	d <sub>J</sub>	: 0,840 m
	θ	: 0,0 °
Oblast	Součinitel vnějšího tlaku c <sub>pe, 10</sub>	Vnější tlak w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
F	-0,320	-0,17
G	-0,320	-0,17
H	-0,128	-0,07
I	-0,328	-0,17
J	-0,428	-0,23
Vygenerovaná celková zatížení	Σ P <sub>Plochy</sub>	: 18,220 kN
	Σ P	: 18,220 kN
Celkový moment k počátku	Σ M <sub>Plochy</sub>	: 13,496 kNm
	Σ M	: 13,496 kNm
Buňky vybrané pro generování	Σ počet buněk	: 44
	Σ plocha buněk	: 244,864 m <sup>2</sup>

ZS7  
Vítr Y+

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS7: Vítr Y+

č.	Popis zatížení
1	<b>Ze zatížení větrem (sedlová/korýtková střecha)</b>



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS7: Vítr Y+

č.	Popis zatížení	
Dynamický tlak	Podle normy	: EN 1991-1-4
	Národní příloha	: Česká republika
	Větrová oblast	: I
	Kategorie terénu	: Kategorie IV
	Výška konstrukce	h : 20,600 m
	Základní rychlost větru	v <sub>b,0</sub> : 22,5 m/s
Geometrie střechy	Uzel	A : 85
		B : 38
		C : 39
		D : 37
		E : 84
		F : 86
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w+	: ZS7
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w-	: ZS8
Zadat vítr na stranu	<input checked="" type="radio"/> E - F - A	
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
Generovat zatížení větrem na pruty č.		: 2,3,19,20,26,27,41,42, 48,49,58,59,72,73,79, 80
Rozměry sedlové/korýtkové střechy	h	: 20,600 m
	b	: 16,320 m
	d	: 8,400 m
	e	: 16,320 m
	A	: 168,189 m <sup>2</sup>
	α <sub>1</sub>	: 35,4 °
	α <sub>2</sub>	: 35,4 °
	b <sub>F</sub>	: 4,080 m
	d <sub>F</sub>	: 1,632 m
	d <sub>H</sub>	: 6,528 m
	d <sub>I</sub>	: 0,240 m
	θ	: 90,0 °
Oblast	Součinitel vnějšího tlaku c <sub>pe,10</sub>	Vnější tlak w <sub>e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
F	0,000	0,00
G	0,000	0,00
H	0,000	0,00
I	0,000	0,00
Vygenerovaná celková zatížení	Σ P <sub>Plochy</sub>	: 0,000 kN
	Σ P	: 0,000 kN
Celkový moment k počátku	Σ M <sub>Plochy</sub>	: 0,000 kNm
	Σ M	: 0,000 kNm
Buňky vybrané pro generování	Σ počet buněk	: 70
	Σ plocha buněk	: 672,758 m <sup>2</sup>

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS8: Vítr Y-

č.	Popis zatížení
1	Ze zatížení větrem (sedlová/korýtková střecha)

ZS8  
Vítr Y-



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

**3.15 VYGENEROVANÁ ZATÍŽENÍ**

ZS8: Větr Y-

č.	Popis zatížení	
Dynamický tlak	Podle normy	: EN 1991-1-4
	Národní příloha	: Česká republika
	Větrová oblast	: I
	Kategorie terénu	: Kategorie IV
	Výška konstrukce h	: 20,600 m
	Základní rychlost větru $v_{b,0}$	: 22,5 m/s
Geometrie střechy	Uzel	A : 85 B : 38 C : 39 D : 37 E : 84 F : 86
Vygenerovat ZS	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w+	: ZS7
	<input checked="" type="checkbox"/> ZS w-	: ZS8
Zadat vítr na stranu	<input checked="" type="radio"/> E - F - A	
Vytvořit typ zatížení	<input checked="" type="radio"/> Zatížení na prut	
Typ průběhu zatížení	<input checked="" type="radio"/> Kombinované	
Generovat zatížení větrem na pruty č.		: 2,3,19,20,26,27,41,42, 48,49,58,59,72,73,79, 80
Rozměry sedlové/korýtkové střechy	h	: 20,600 m
	b	: 16,320 m
	d	: 8,400 m
	e	: 16,320 m
	A	: 168,189 m <sup>2</sup>
	$\alpha_1$	: 35,4 °
	$\alpha_2$	: 35,4 °
	$b_F$	: 4,080 m
	$d_F$	: 1,632 m
	$d_H$	: 6,528 m
	$d_I$	: 0,240 m
	$\theta$	: 90,0 °
Oblast	Součinitel vnějšího tlaku $c_{pe,10}$	Vnější tlak $w_e$ [kN/m <sup>2</sup> ]
F	-1.100	-0.58
G	-1.400	-0.74
H	-0.836	-0.44
I	-0.500	-0.26
Vygenerovaná celková zatížení	$\Sigma P_{\text{plochy}}$	: 65,509 kN
	$\Sigma P$	: 65,509 kN
Celkový moment k počátku	$\Sigma M_{\text{plochy}}$	: 16,815 kNm
	$\Sigma M$	: 16,815 kNm
Buňky vybrané pro generování	$\Sigma$ počet buněk	: 70
	$\Sigma$ plocha buněk	: 672,758 m <sup>2</sup>





## 1.1.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Pruty k posouzení:	1-24,56	
Posouzení podle normy:	ČSN EN 1995-1-1/NA:2007-09	
Posouzení mezního stavu únosnosti		
Kombinace zatížení k posouzení:	KZ1	1.35*ZS1
	KZ2	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2
	KZ3	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3
	KZ4	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4
	KZ5	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS5
	KZ6	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS6
	KZ7	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS7
	KZ8	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2 + 0.9*ZS8
	KZ9	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS5
	KZ10	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS6
	KZ11	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS7
	KZ12	1.35*ZS1 + 1.5*ZS3 + 0.9*ZS8
	KZ13	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS5
	KZ14	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS6
	KZ15	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS7
	KZ16	1.35*ZS1 + 1.5*ZS4 + 0.9*ZS8
Posouzení mezního stavu použitelnosti		
Kombinace zatížení k posouzení:	KZ17	ZS1
	KZ18	ZS1 + ZS2
	KZ19	ZS1 + ZS3
	KZ20	ZS1 + ZS4
	KZ21	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5
	KZ22	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6
	KZ23	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7
	KZ24	ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS8
	KZ25	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS5
	KZ26	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS6
	KZ27	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS7
	KZ28	ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS8
	KZ29	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS5
	KZ30	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS6
	KZ31	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS7
	KZ32	ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS8
	KZ33	1.8*ZS1
	KZ34	1.8*ZS1 + ZS2
	KZ35	1.8*ZS1 + ZS3
	KZ36	1.8*ZS1 + ZS4
	KZ37	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS5
	KZ38	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS6
	KZ39	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS7
	KZ40	1.8*ZS1 + ZS2 + 0.6*ZS8
	KZ41	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS5
	KZ42	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS6
	KZ43	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS7
	KZ44	1.8*ZS1 + ZS3 + 0.6*ZS8
	KZ45	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS5
	KZ46	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS6
	KZ47	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS7
	KZ48	1.8*ZS1 + ZS4 + 0.6*ZS8

## 1.1.4 POUŽITÉ NORMY

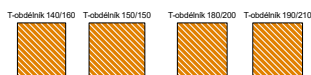
č.	Standard	Standard Description
[1]	ČSN EN 1995-1-1/NP: 2007-09	Část 1-1: Obecné - Obecná pravidla a směrnice pro budovy
[2]	ČSN EN 1995-1-2/NP:2007-09	Část 1-2: Obecné - Posuzování požární odolnosti staveb
[3]	ČSN EN 14080:2013-08	Dřevěné konstrukce- Lepené lamelové dřevo a rostlé dřevo - Požadavky
[4]	ČSN EN 338:2010-05	Konstrukční dřevo

## 1.2 MATERIÁLY

Mat. č.	Označení	Kategorie součinitele	Komentář
1	Topolové a jehličnaté dřevo C24   CSN EN 1995-1-1-10	Rostlé dřevo	

## 1.3.1 PRŮŘEZY

Průř. č.	Mat. č.	Průřez Označení [mm]	Max. návrhové využití	Komentář
1	1	T-obdélník 230/270	1.40	Vazný trám, kráčata, výměny
2	1	T-obdélník 180/180	0.51	Svislý sloupek
3	1	T-obdélník 160/190	1.09	Krokev
4	1	T-obdélník 180/190	0.36	Vrcholová vaznice
5	1	T-obdélník 140/160	0.04	Vzpěra
6	1	T-obdélník 150/150	0.25	Pásek
7	1	T-obdélník 180/200	0.75	Šikmý sloupek
8	1	T-obdélník 190/210	1.57	Středová vaznice



T-obdélník 230/270 T-obdélník 180/180



T-obdélník 160/190 T-obdélník 180/190





Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

## 2.2 POSOUZENÍ PO PRŮŘEZECH

Průř. č.	Prut č.	Místo x [m]	ZS/KZ/KV	Posouzení	Posouzení č.	Označení
1	<b>T-obdélník 230/270 - Vazný trám, kráčata, výměny</b>					
	1	4.587	KZ13	0.19 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	1	8.160	KZ5	0.61 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	56	0.000	KZ2	0.21 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
	56	0.000	KZ13	0.01 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	1	4.587	KZ13	0.42 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3
	56	0.000	KZ2	0.34 ≤ 1	162)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tah podle 6.2.3
	1	8.160	KZ5	1.40 > 1	163)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tah podle 6.2.3
	1	8.160	KZ5	1.22 > 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	1	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
1	11.733	KZ29	0.37 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z	
1	11.733	KZ45	0.38 ≤ 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z	
2	<b>T-obdélník 180/180 - Svislý sloupek</b>					
	6	0.020	KZ1	0.00 ≤ 1	100)	Únosnost průřezu - Zanedbatelné vnitřní síly
	6	5.600	KZ5	0.29 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	6	0.020	KZ13	0.13 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	6	0.020	KZ5	0.01 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
	6	0.020	KZ9	0.02 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
6	0.220	KZ13	0.22 ≤ 1	153)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb podle 6.1.6	
6	0.220	KZ5	0.51 ≤ 1	163)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tah podle 6.2.3	
3	<b>T-obdélník 160/190 - Krokev</b>					
	2	0.000	KZ5	0.24 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	3	4.724	KZ5	0.21 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	3	4.724	KZ5	0.00 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	3	8.249	KZ5	0.45 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	2	0.000	KZ5	0.06 ≤ 1	172)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tlak podle 6.2.4
	20	8.249	KZ13	0.41 ≤ 1	173)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tlak podle 6.2.4
	19	10.011	KZ5	0.08 ≤ 1	301)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo osy y
	3	8.249	KZ5	1.09 > 1	321)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo osy y
	2	0.000	KZ5	0.73 ≤ 1	326)	Prut s ohybem okolo osy z a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo osy y
	2	5.287	KZ5	1.02 > 1	331)	Prut s dvouosým ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo osy y
	2	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
	20	6.486	KZ29	0.59 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
20	6.486	KZ45	0.60 ≤ 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z	
4	<b>T-obdélník 180/190 - Vrcholová vaznice</b>					
	4	0.000	KZ8	0.00 ≤ 1	100)	Únosnost průřezu - Zanedbatelné vnitřní síly
	4	5.300	KZ5	0.09 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	4	5.300	KZ5	0.04 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
	4	10.100	KZ13	0.04 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	4	1.700	KZ9	0.02 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
	4	1.700	KZ14	0.01 ≤ 1	152)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z podle 6.1.6
	4	4.100	KZ5	0.19 ≤ 1	153)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb podle 6.1.6
	4	4.100	KZ5	0.17 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	4	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
	4	4.100	KZ21	0.33 ≤ 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
	4	4.100	KZ37	0.36 ≤ 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
5	<b>T-obdélník 140/160 - Vzpěra</b>					
	15	0.000	KZ1	0.00 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	10	0.000	KZ1	0.01 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	15	0.000	KZ5	0.00 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
	10	0.000	KZ13	0.02 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	15	4.325	KZ5	0.02 ≤ 1	152)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z podle 6.1.6
	15	2.883	KZ5	0.03 ≤ 1	153)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb podle 6.1.6
	15	0.000	KZ1	0.03 ≤ 1	162)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tah podle 6.2.3
	15	1.442	KZ1	0.04 ≤ 1	163)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tah podle 6.2.3
	10	1.442	KZ1	0.03 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
6	<b>T-obdélník 150/150 - Pásek</b>					
	11	0.000	KZ5	0.11 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	12	0.000	KZ1	0.00 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
11	0.000	KZ13	0.03 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6	



Projekt: Příklady

Model: BP\_3d\_prvorep

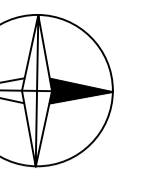
Datum: 07.05.2021

Ukázkové úlohy

## 2.2 POSOUZENÍ PO PRŮŘEZÍCH

Průř. č.	Prut č.	Místo x [m]	ZS/KZ/KV	Posouzení	Posouzení č.	Označení
	17	0.000	KZ5	0.01 ≤ 1	121)	6.1.7 Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	12	0.706	KZ2	0.01 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	11	0.000	KZ13	0.14 ≤ 1	172)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tlak podle 6.2.4
	11	0.706	KZ5	0.09 ≤ 1	173)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tlak podle 6.2.4
	17	0.000	KZ5	0.09 ≤ 1	303)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	12	0.706	KZ2	0.09 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	11	0.000	KZ13	0.25 ≤ 1	328)	Prut s ohybem okolo osy z a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	11	0.706	KZ5	0.20 ≤ 1	333)	Prut s dvouosým ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
7	<b>T-obdélník 180/200 - Šikmý sloupek</b>					
	8	3.514	KZ5	0.11 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	8	0.000	KZ13	0.09 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	8	0.425	KZ13	0.07 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
	14	3.089	KZ5	0.05 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	8	3.514	KZ13	0.59 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	8	1.031	KZ13	0.38 ≤ 1	173)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tlak podle 6.2.4
	14	3.514	KZ5	0.02 ≤ 1	303)	Tlačený prut s osovým tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	8	3.514	KZ13	0.75 ≤ 1	323)	Prut s ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	8	1.031	KZ13	0.53 ≤ 1	333)	Prut s dvouosým ohybem a tlakem podle 6.3.2 - vzpěr okolo obou os
	8	3.514	KZ13	0.47 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
8	<b>T-obdélník 190/210 - Středová vaznice</b>					
	13	6.965	KZ5	0.05 ≤ 1	101)	Únosnost průřezu - Tah podél vláken podle 6.1.2
	13	6.965	KZ3	0.01 ≤ 1	102)	Únosnost průřezu - Tlak podél vláken podle 6.1.4
	7	5.535	KZ5	0.49 ≤ 1	111)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vz podle 6.1.7
	7	1.700	KZ8	0.04 ≤ 1	112)	Únosnost průřezu - Smyk od posouvající síly Vy podle 6.1.7
	7	0.735	KZ13	0.11 ≤ 1	121)	Únosnost průřezu - Smyk od kroucení podle 6.1.8
	13	11.765	KZ5	0.12 ≤ 1	151)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb podle 6.1.6
	7	0.735	KZ5	0.11 ≤ 1	153)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb podle 6.1.6
	13	6.965	KZ5	0.20 ≤ 1	161)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tah podle 6.2.3
	13	9.835	KZ4	0.06 ≤ 1	162)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tah podle 6.2.3
	7	5.535	KZ5	0.21 ≤ 1	163)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tah podle 6.2.3
	13	6.965	KZ5	0.16 ≤ 1	171)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy y a tlak podle 6.2.4
	13	9.835	KZ13	0.03 ≤ 1	172)	Únosnost průřezu - Jednoosý ohyb okolo osy z a tlak podle 6.2.4
	7	4.100	KZ13	0.61 ≤ 1	173)	Únosnost průřezu - Dvouosý ohyb a tlak podle 6.2.4
	13	5.035	KZ5	0.15 ≤ 1	311)	Ohybaný prut bez tlakové síly podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	7	4.100	KZ13	0.32 ≤ 1	341)	Ohybaný prut s tlakovou silou podle 6.3.3 - ohyb okolo osy y
	7	0.000	KZ17	0.00 ≤ 1	400)	Použitelnost - Zanedbatelné deformace
	7	4.100	KZ29	1.54 > 1	401)	Použitelnost - Charakteristická návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z
	7	4.100	KZ45	1.57 > 1	402)	Použitelnost - Kvazistálá návrhová situace podle 7.2 - vnitřní pole, směr z

# PŮDORYS KROVU - STÁVAJÍCÍ STAV; M 1:100



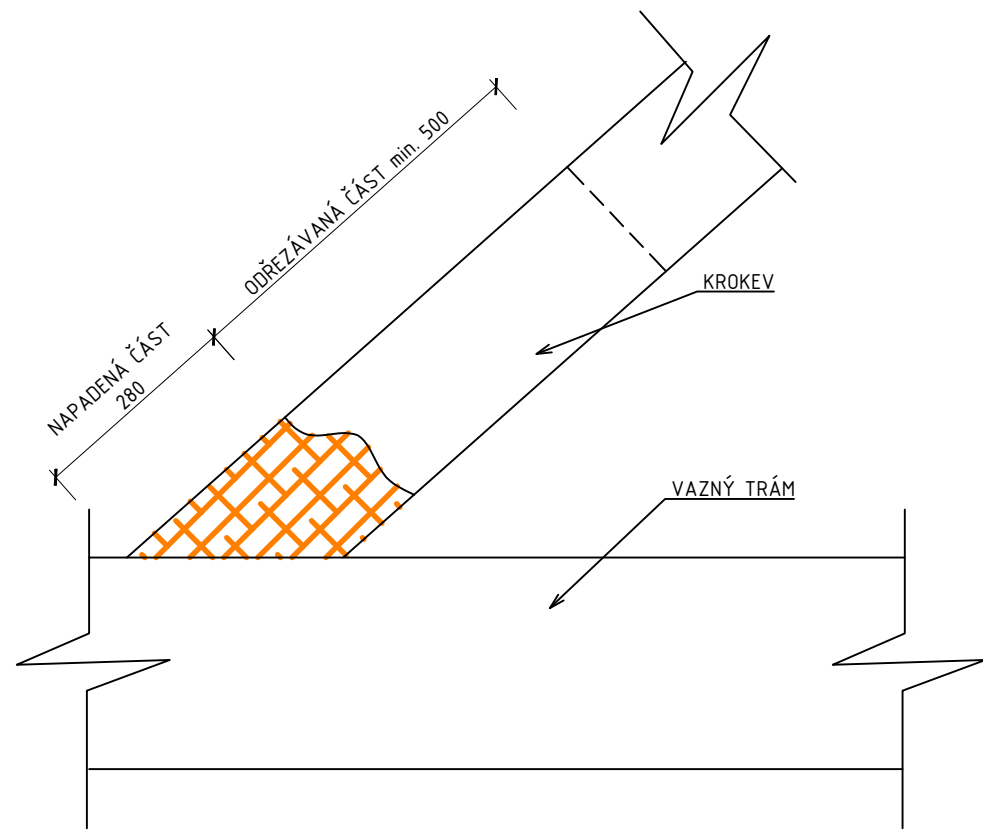
- LEGENDA**
- HNILOBA
  - ROZVLÁKNĚNÍ - PŮSOBENÍ SOLI
  - CHYBĚJÍCÍ PRVKY
  - DŘEVOKAZNÝ HMYZ
  - DŘEVOKAZNÉ HOUBY, PLÍSNĚ
  - PLNĚ VAZBY BAROKNÍHO KROVU
  - PLNĚ VAZBY PRVOREPUBLIKOVÉHO KROVU

- POZNÁMKY**
- VZDÁLENOST PLNÝCH VAZEB SE POHYBUJE PŘÍBLÍŽNĚ MEZI 2600 - 5000 mm
  - BAROKNÍ KROV JEVI LOKÁLNÍ ZNÁMKY NAPADENÍ DŘEVOKAZNÝMI ŠKŮDCI
  - V PRVOREPUBLIKOVÉM KROVU SE OBJEVUJE ZHRUBA U 20 % PRVKŮ ROZSAHLÉ NAPADENÍ POUVRCHU (ROZVLÁKNĚNÍ DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ V DŮSLEDKU NEVHODNÉHO PROTIPOŽÁRNÍHO NÁTĚRU)

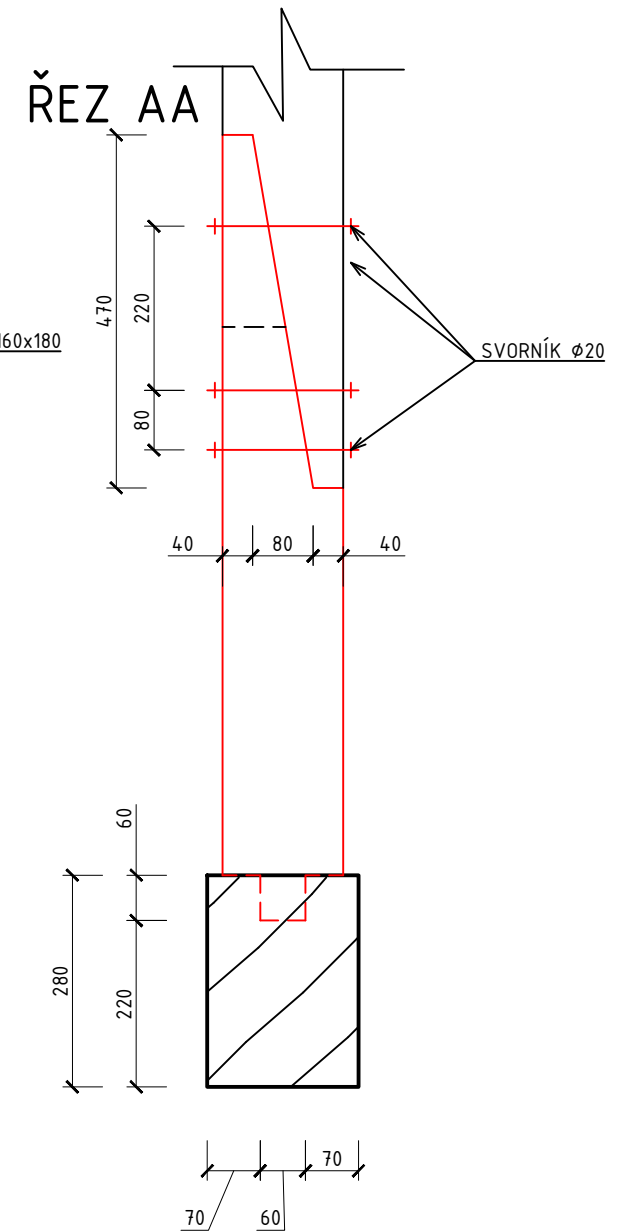
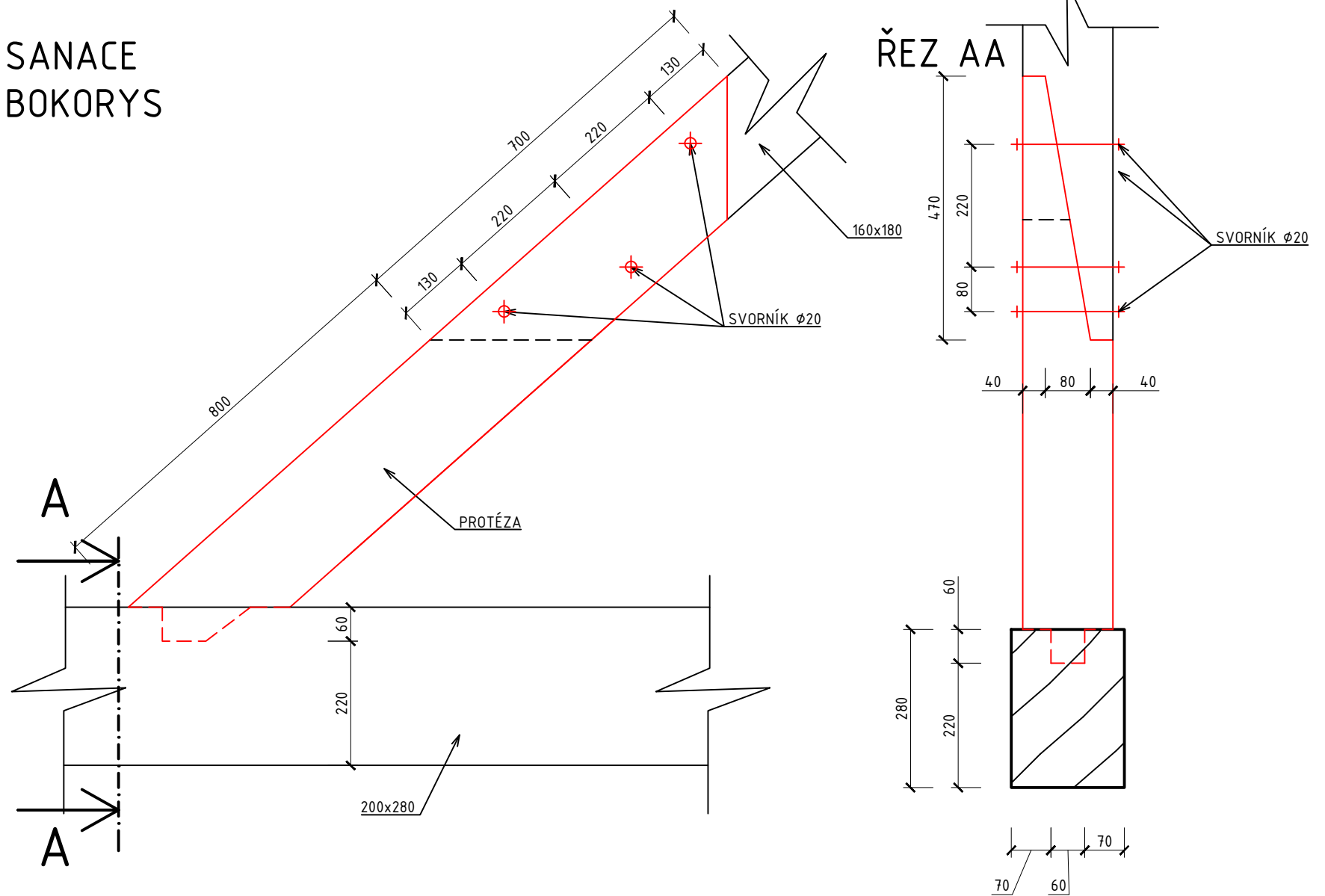
OBOR STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	KATEDRA K124	JMÉNO STUDENTA LUBOŠ HAVLÍK	
ROČNÍK 4. ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ ING. A. LIBEČAJTOVÁ, Ph.D.		
AKCE : BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce			
OBSAH : SCHEMATICKÝ PŮDORYS KROVU - stávající stav, poruchy			
FORMÁT A1	MĚŘÍTKO 1:100	DATUM 29. 11. 2021	Č. VÝKR. 01

# DETAIL A

## STÁVAJÍCÍ STAV



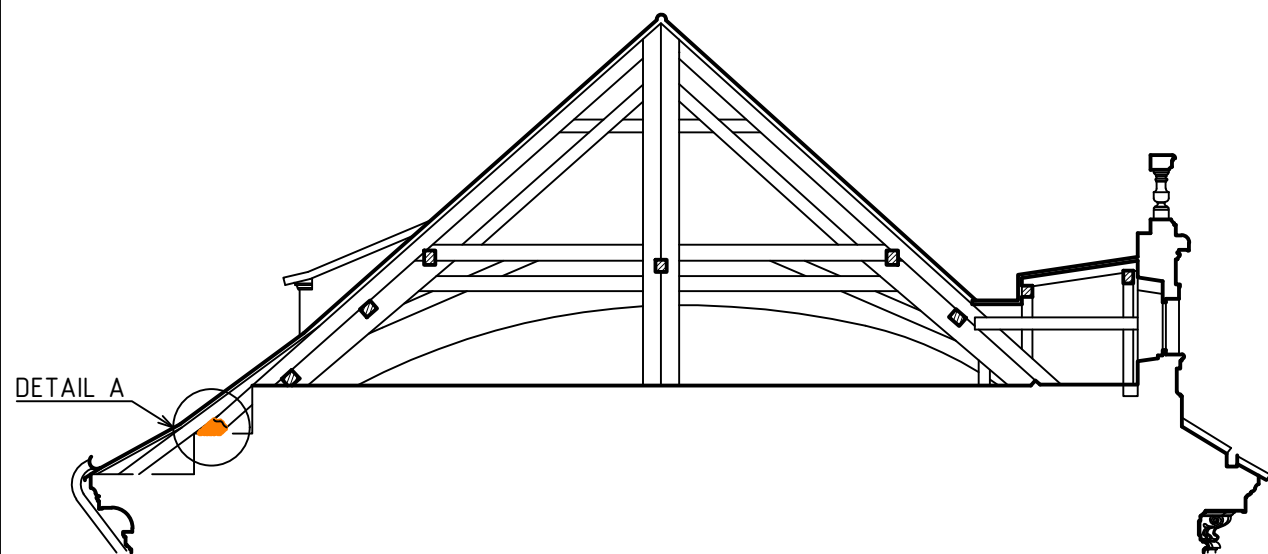
# SANACE BOKORYS

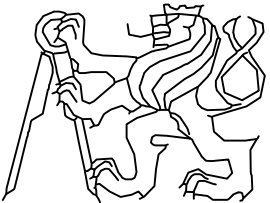


### LEGENDA

-  DEGRADOVANÁ ČÁST
-  NOVÉ KONSTUKCE
-  DŘEVO C24

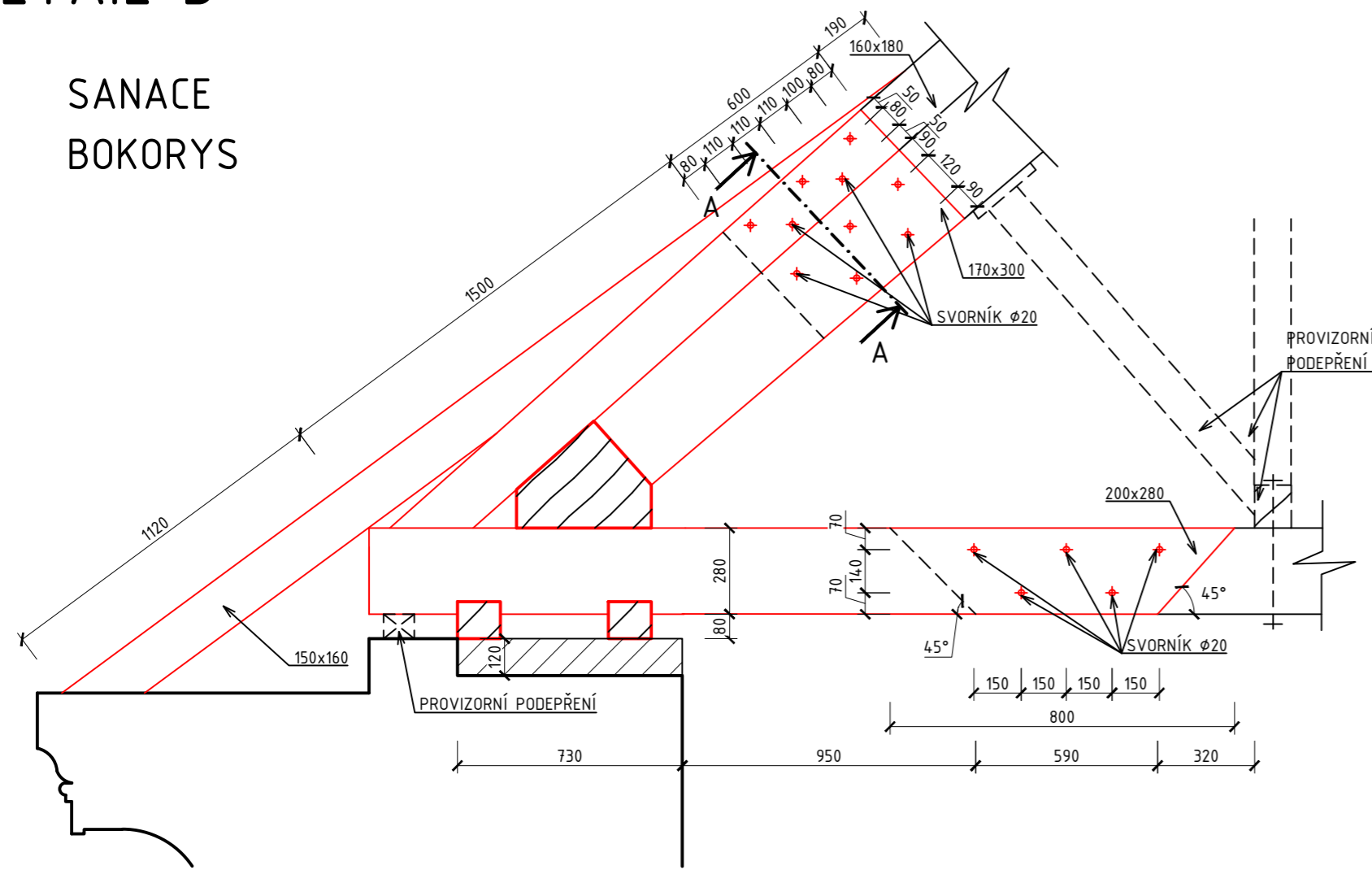
**DŘEVO C24**  
**OCEL S235**



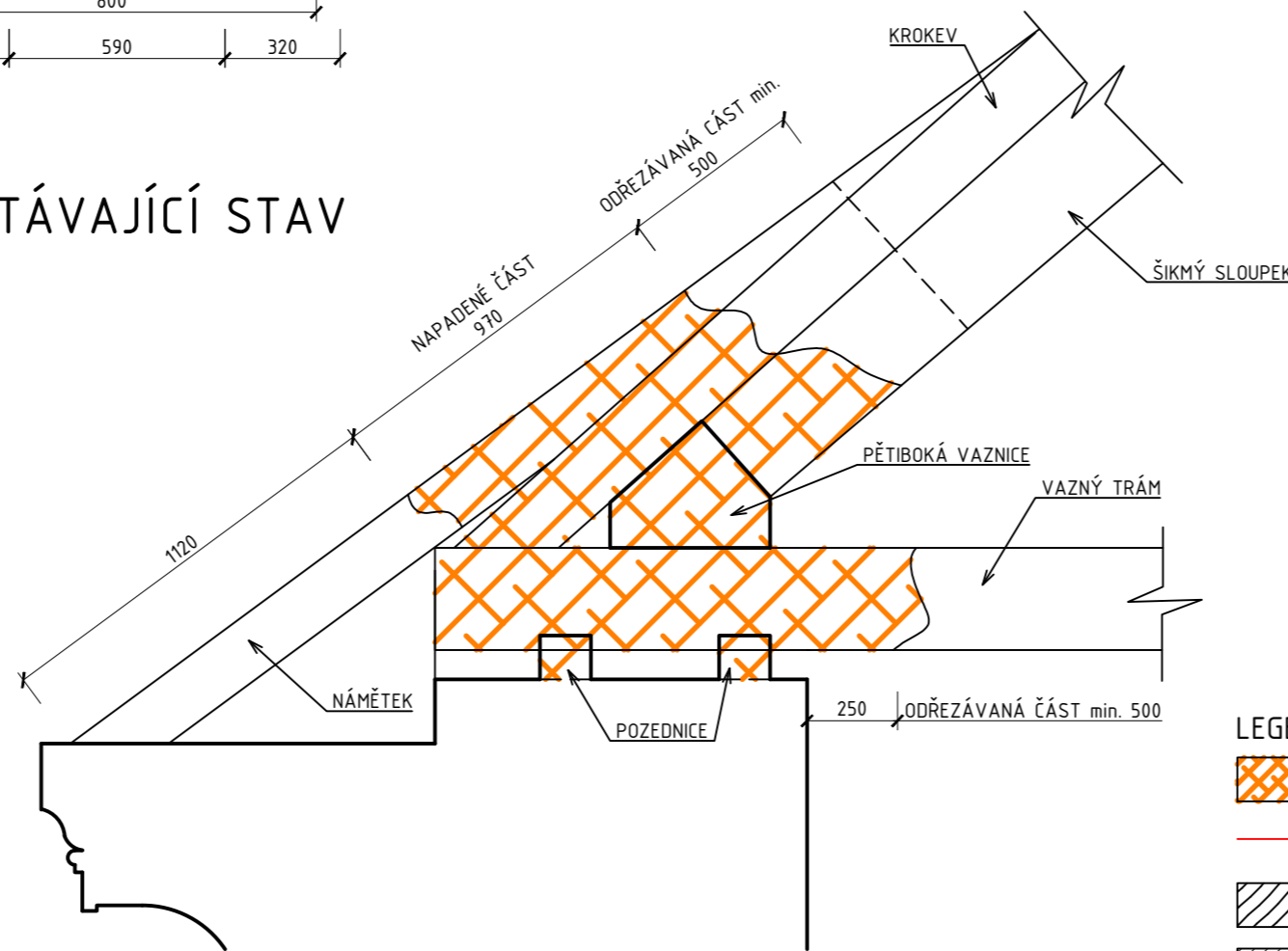
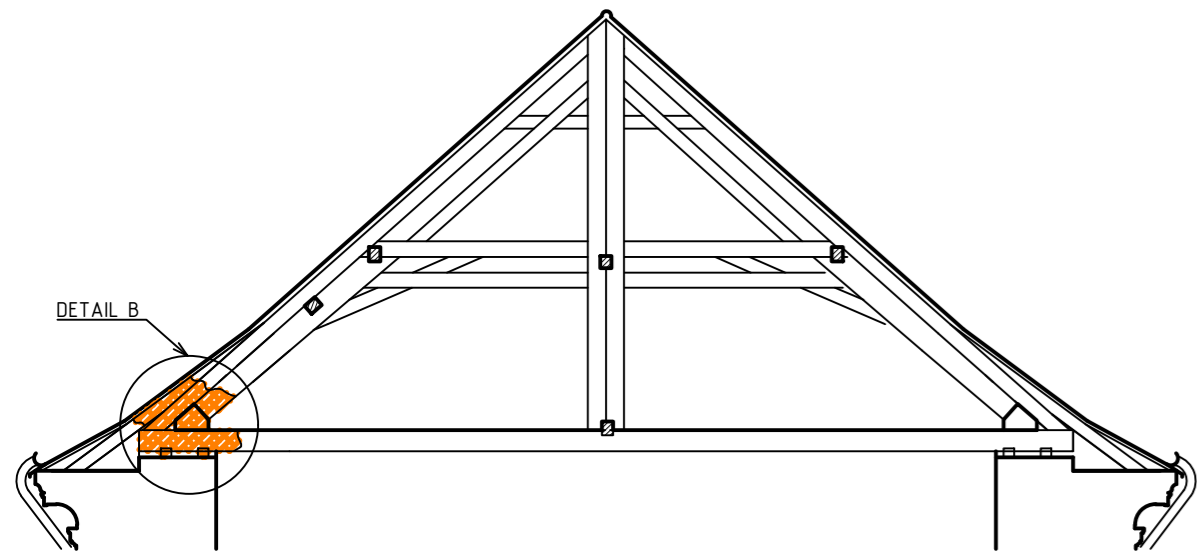
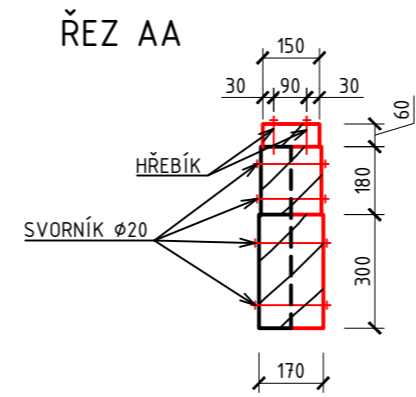
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	K124	LUBOŠ HAVLÍK	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ		
4. ROČNÍK	ING. A. LIBECAJTOVÁ, Ph.D.		
AKCE : BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce			FORMÁT A3 MĚŘITKO 1:10 DATUM 18. 04. 2021
OBSAH : DETAIL A - sanace krokve pomocí protězy			Č. VÝKR. 02

# DETAIL B

## SANACE BOKORYS

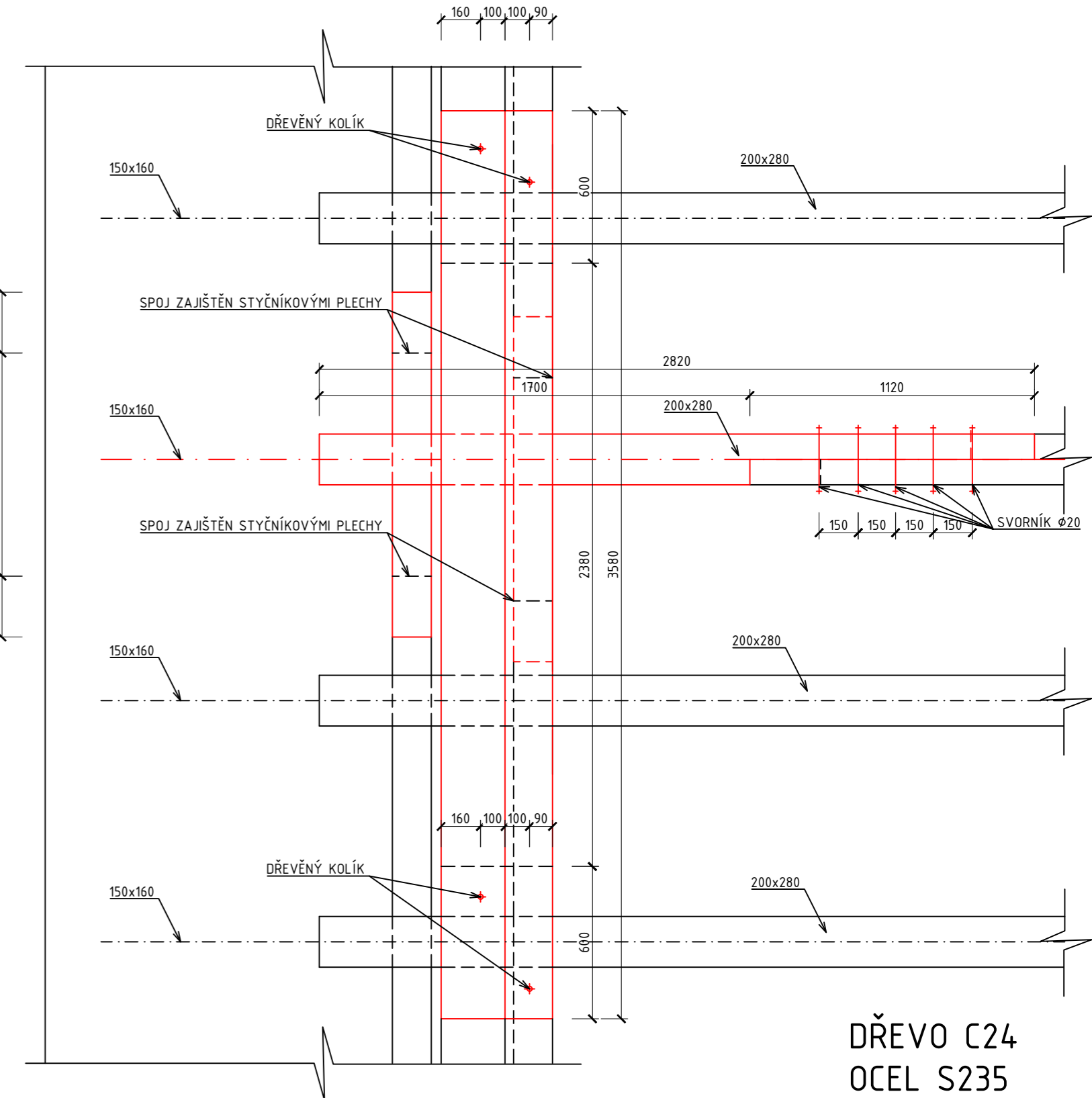
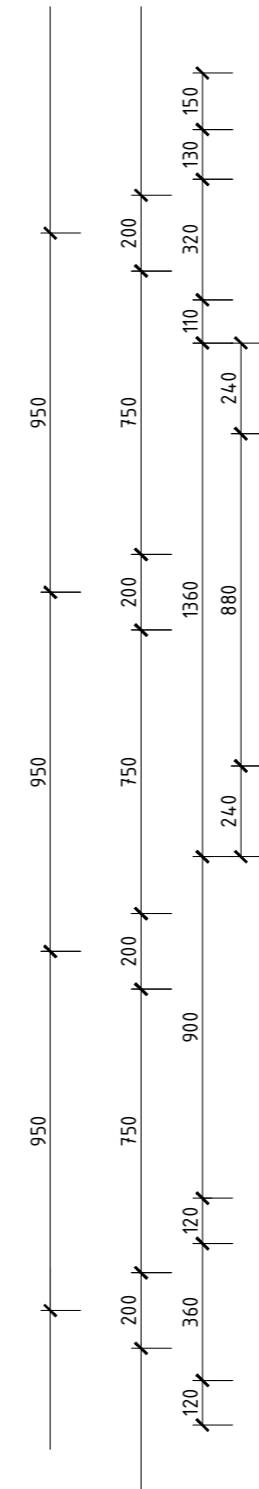


### STÁVAJÍCÍ STAV

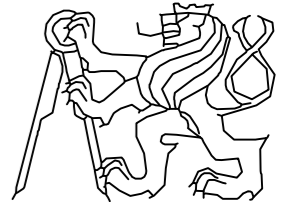


#### LEGENDA

-  DEGRADOVANÁ ČÁST
-  NOVÉ KONSTUKCE
-  DŘEVO C24
-  DOZDĚNÁ/DOBETONOVANÁ ČÁST

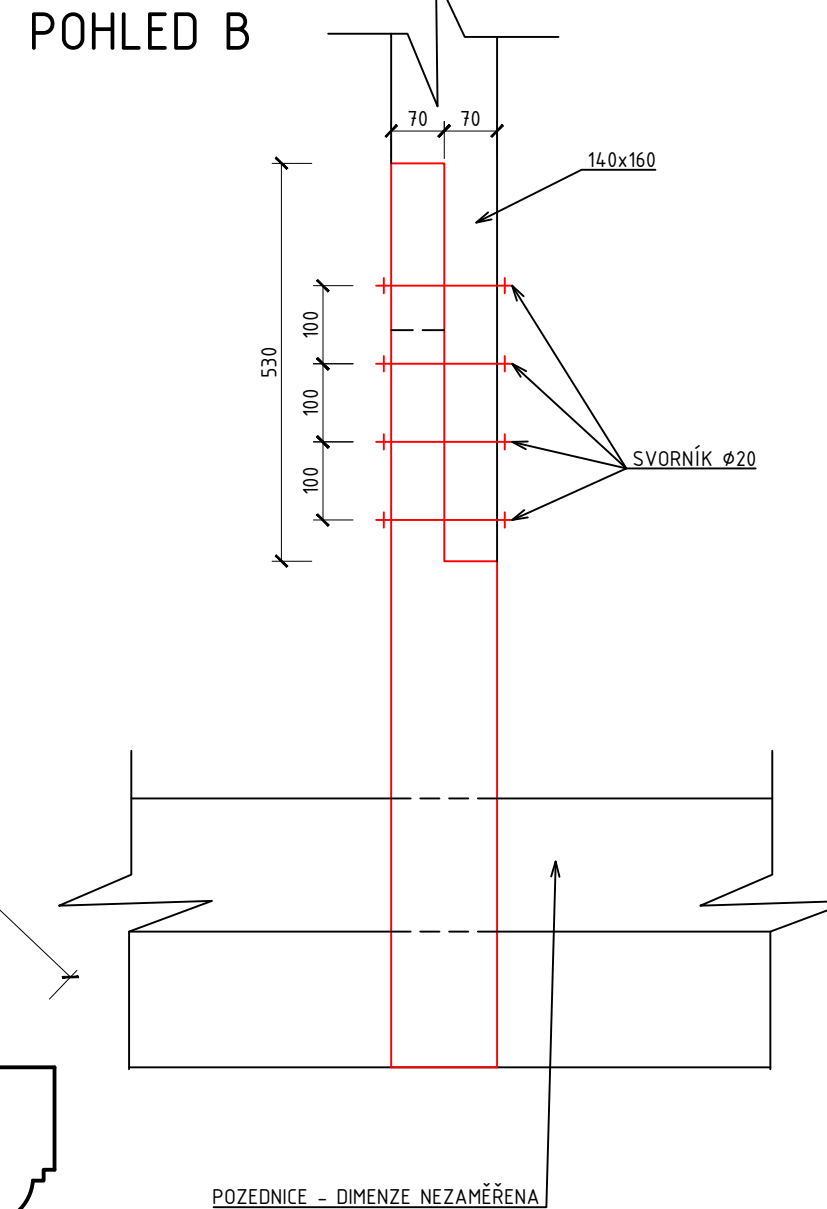
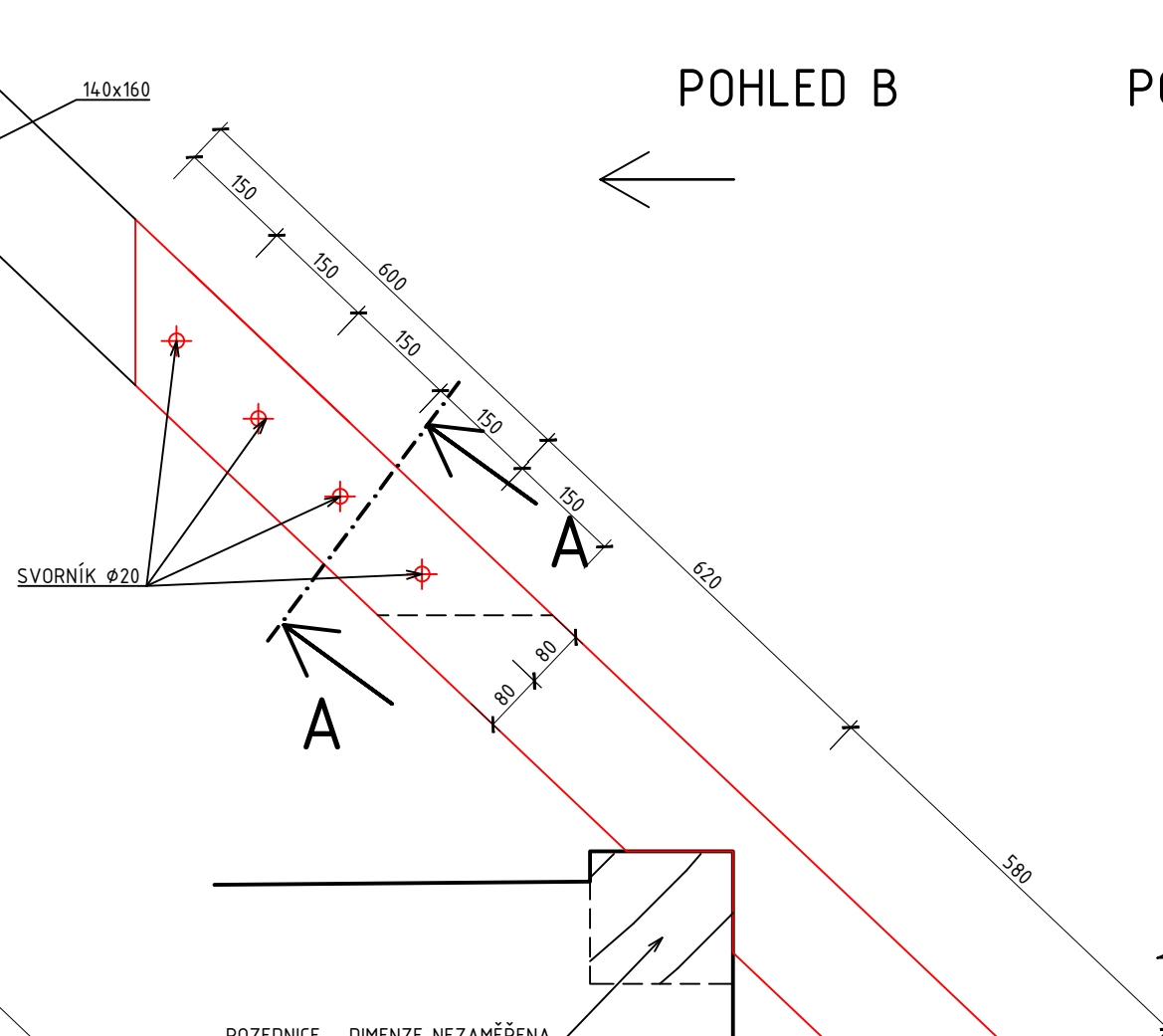
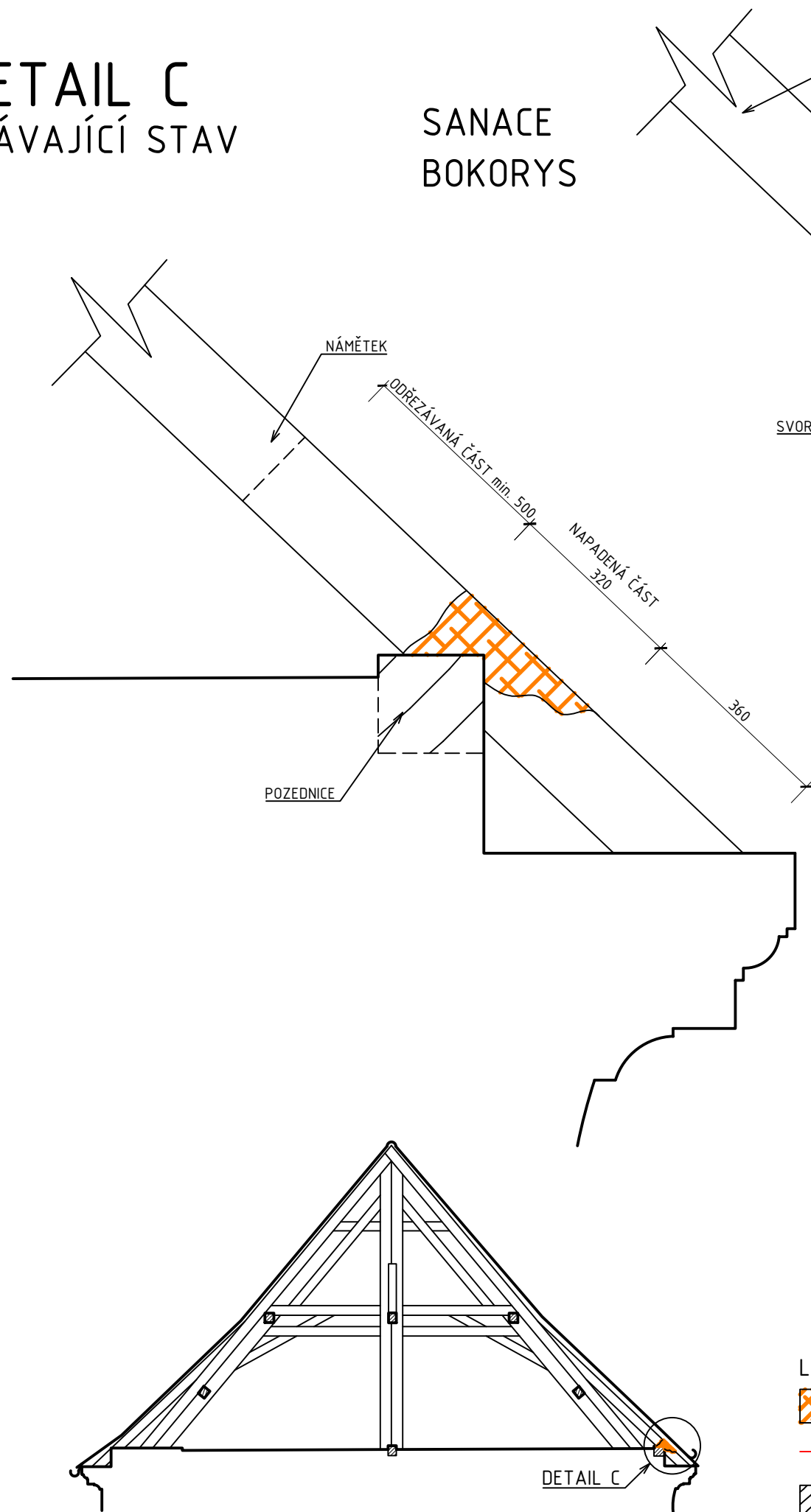


### DŘEVO C24 OCEL S235

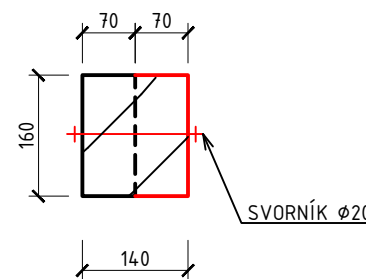
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	K124	LUBOŠ HAVLÍK		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
4. ROČNÍK	ING. A. LIBEČAJTOVÁ, Ph.D.			
AKCE :			FORMÁT	630x297
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			MĚŘITKO	1:20
Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce			DATUM	18. 04. 2021
OBSAH :			Č. VÝKR.	03
DETAIL B - výměna dřeva spodní části ležaté stolice				

# DETAIL C STÁVAJÍCÍ STAV

## SANACE BOKORYS



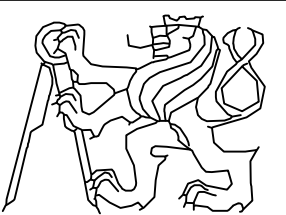
### ŘEZ AA



#### LEGENDA

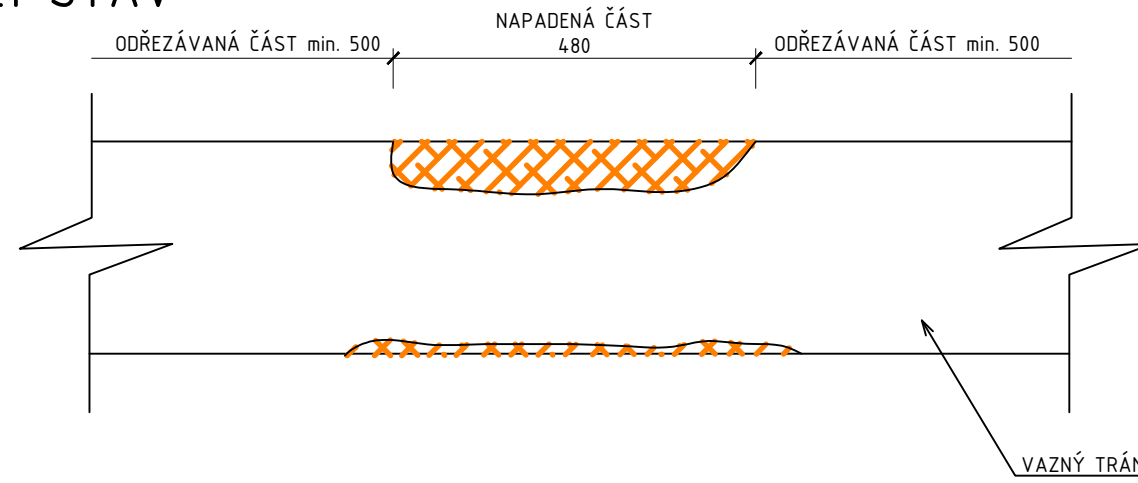
- DEGRADOVANÁ ČÁST
- NOVÉ KONSTUKCE
- DŘEVO C24

**DŘEVO C24  
OCEL S235**

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA		
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	K124	LUBOŠ HAVLÍK		
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ			
4. ROČNÍK	ING. A. LIBEČAJTOVÁ, Ph.D.			
AKCE :			FORMÁT	A3
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE			MĚŘÍTKO	1:10
Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce			DATUM	18. 04. 2021
OBSAH :			Č. VÝKR.	04
DETAIL C - sanace námětku pomocí protězy				

# DETAIL D

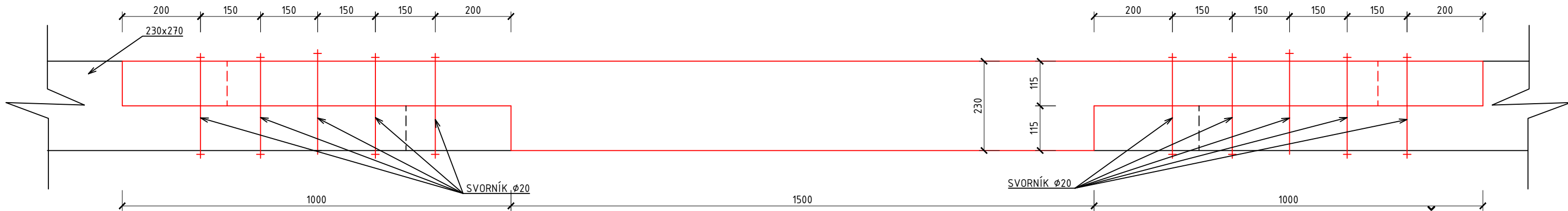
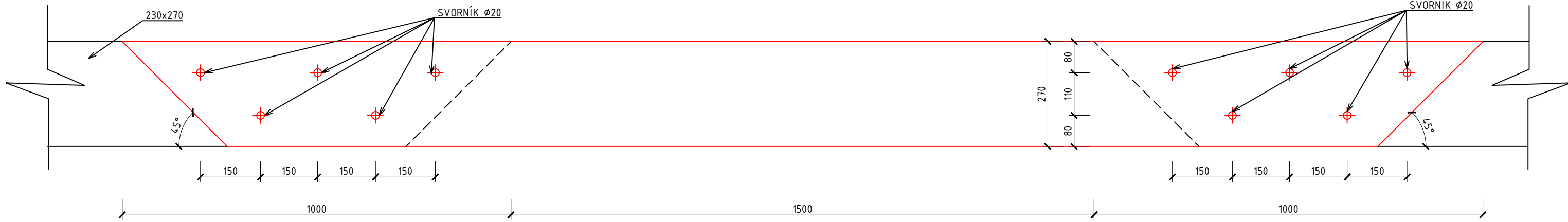
## STÁVAJÍCÍ STAV



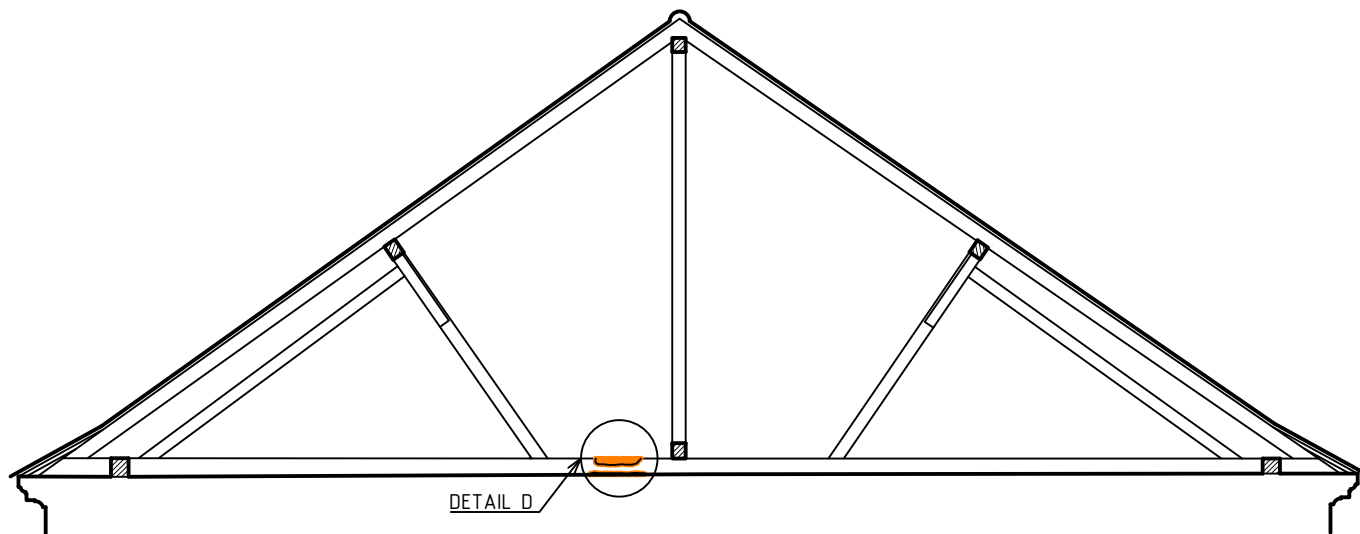
### LEGENDA

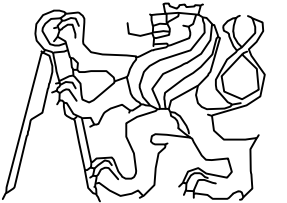
-  DEGRADOVANÁ ČÁST
-  NOVÉ KONSTUKCE
-  DŘEVO C24

## SANACE BOKORYS



**DŘEVO C24**  
**OCEL S235**



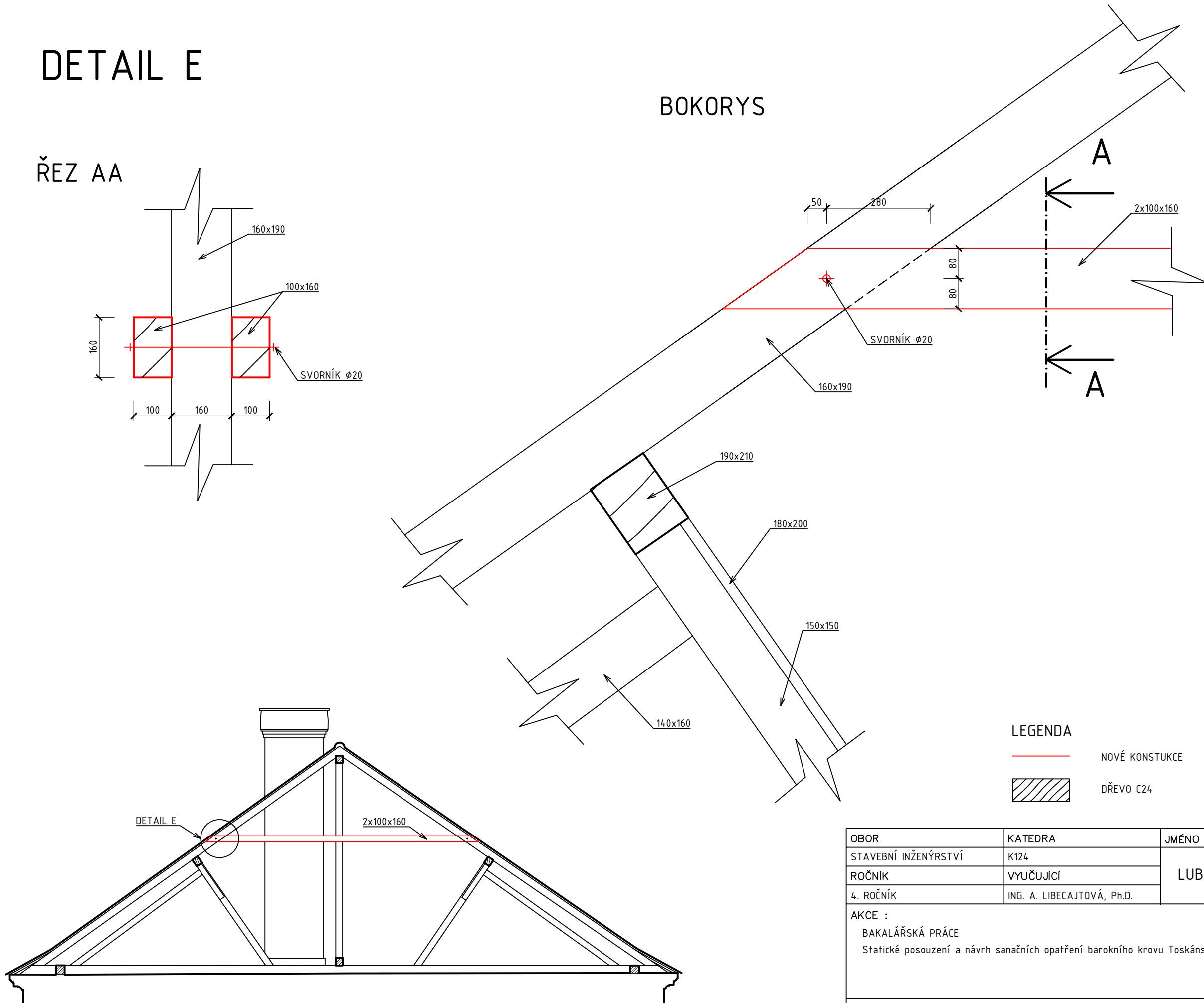
OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA	
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	K124	LUBOŠ HAVLÍK	
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ		
4. ROČNÍK	ING. A. LIBEČAJTOVÁ, Ph.D.		
AKCE : BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce			FORMÁT A3 MĚŘÍTKO 1:10 DATUM 20. 04. 2021
OBSAH : DETAIL D - sanace pomocí rovného plátu			Č. VÝKR. 05



# DETAIL E

## BOKORYS

### ŘEZ AA

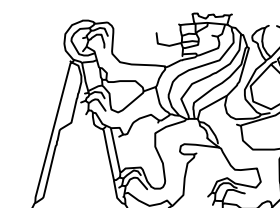


#### LEGENDA

- NOVÉ KONSTUKCE
- DŘEVO C24

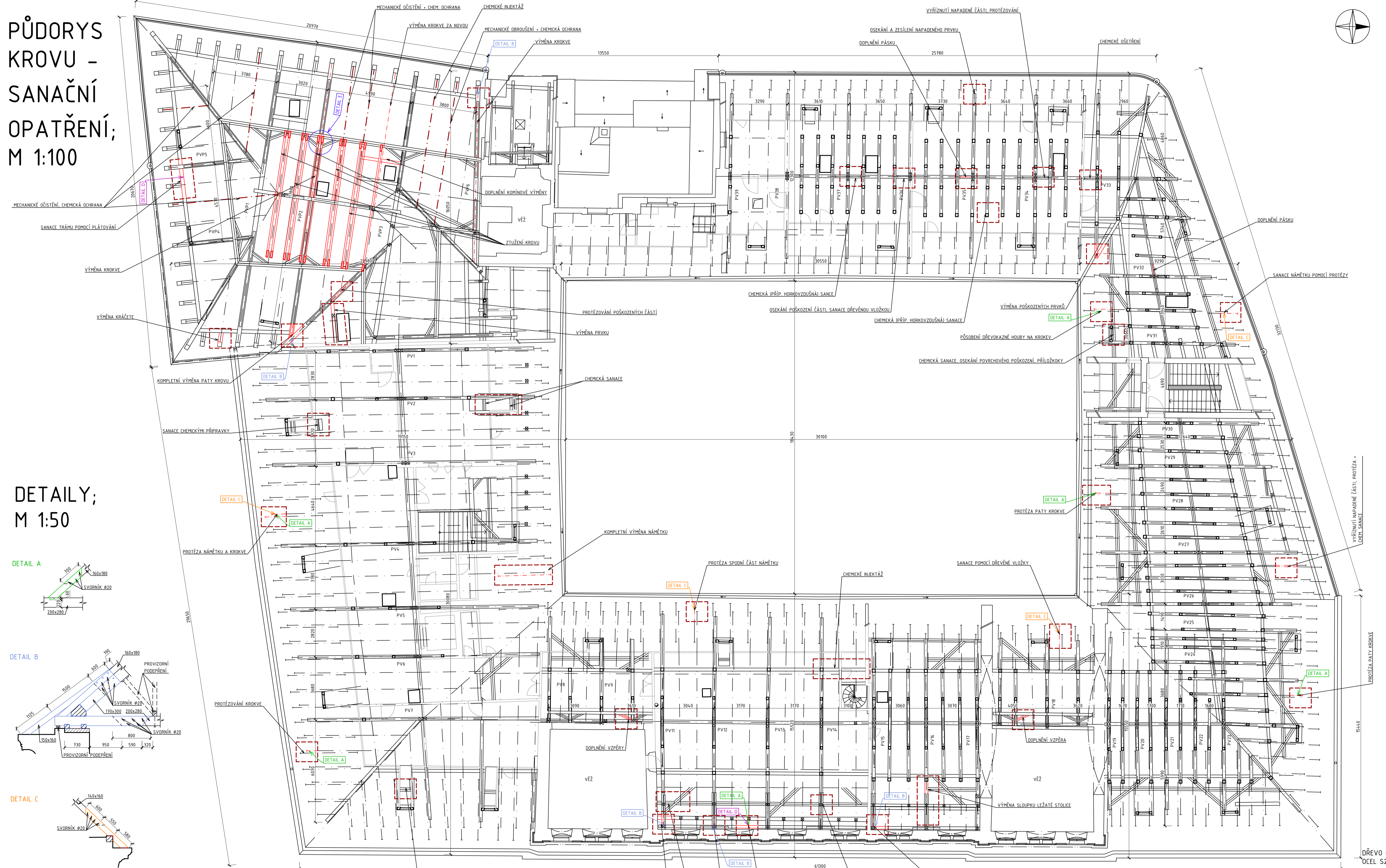
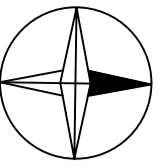
**DŘEVO C24**  
**OCEL S235**

OBOR	KATEDRA	JMÉNO STUDENTA
STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	K124	LUBOŠ HAVLÍK
ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ	
4. ROČNÍK	ING. A. LIBECAJTOVÁ, Ph.D.	
AKCE :		
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE		
Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce		
OBSAH :		
DETAIL E - doplnění hambalku		

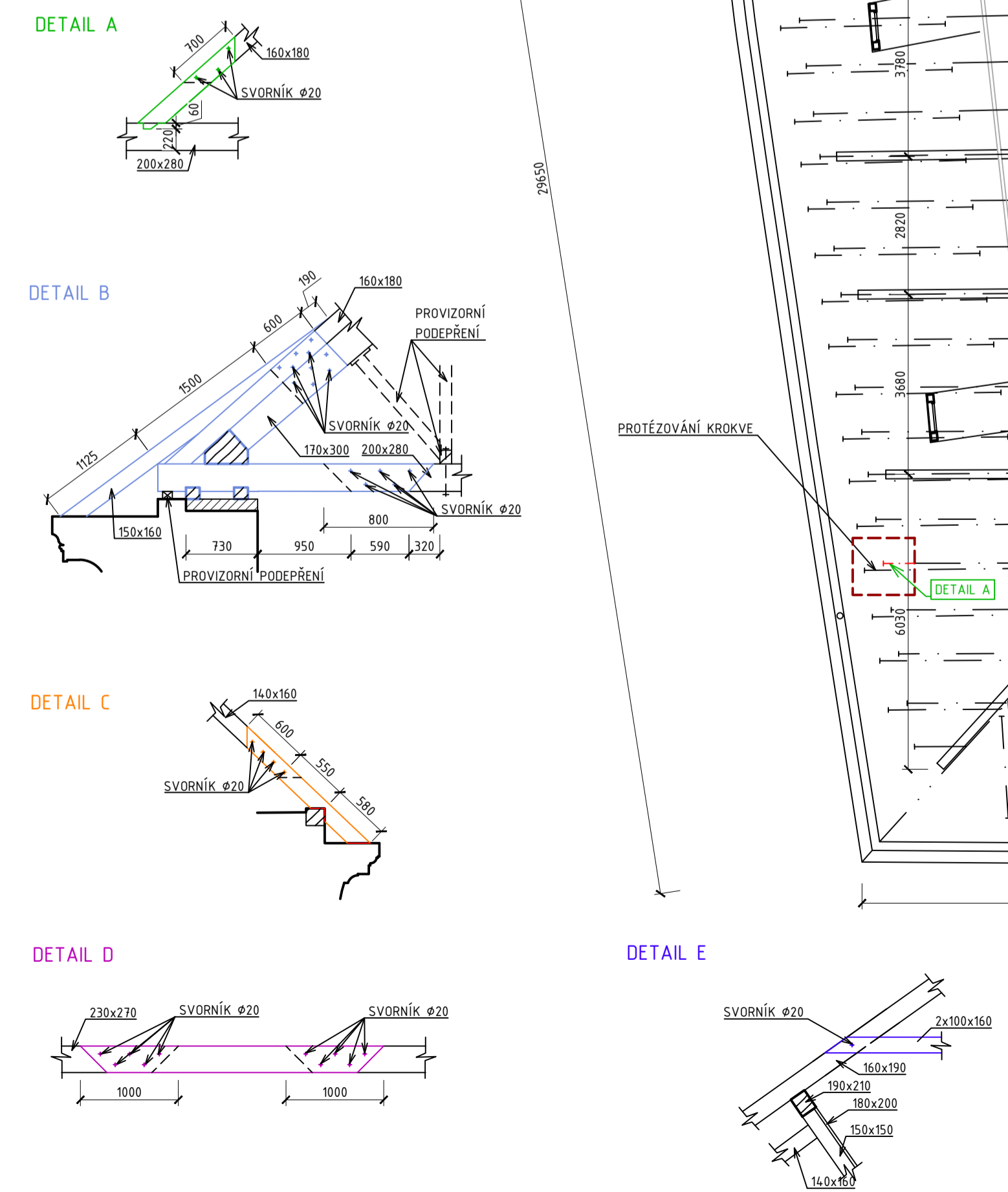


FORMÁT	A3
MĚŘÍTKO	1:10
DATUM	24. 04. 2021
Č. VÝKR.	06

# PŮDORYS KROVU - SANAČNÍ OPATŘENÍ; M 1:100



## DETAILY; M 1:50



**POZNÁMKY**

- KE KAŽDÉMU SANOVANÉMU MÍSTU A PRVKU SE MUŠÍ PŘÍSTUPOVAT INDIVIDUÁLNĚ NA ZÁKLADĚ ROZSAHU POŠKOZENÍ A POKUD JE PRVKY POŠKOZENY VÍCE JAK 1/3 PRŮŘEZU MUŠÍ BÝT VŽDY ODSTRANĚNO MINIMÁLNĚ 500 mm ZDRAVÉHO DŘEVA
- VYBRANÉ DETAILY JSOU Z VELKÉ ČÁSTI INFORMATIVNÍ A ODPOVÍDAJÍ POŠKOZENÍ JEDNOHO KONKRÉTNÍHO MÍSTA S OHLEDEM NA OBDOBŇNÝ TYP SANACE U KONSTRUKCÍ S PODOBNÝM PROBLÉMEM, NUTNĚ POSTUPOVAT DLE TEXTOVÉ ČÁSTI
- VEŠKERÉ DOSTUPNÉ DŘEVO CHEMICKY OŠETŘIT PŘÍPRAVKEM BOCHENIT OB
- NOVĚ DODÁVANÉ DŘEVO VLHKOST MAX 18 %

**LEGENDA**

- SANOVANÁ MÍSTA
- NOVÉ KONSTRUKCE
- PLNĚ VAZBY BAROKNÍHO KROVU
- PLNĚ VAZBY PRVOREPUBLIKOVÉHO KROVU

OBOR STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ	KATEDRA K124	JMÉNO STUDENTA LUBOŠ HAVLÍK	
ROČNÍK 4. ROČNÍK	VYUČUJÍCÍ ING. A. LIBEJTOVÁ, Ph.D.		
AKCE : BAKALÁŘSKÁ PRÁCE Statické posouzení a návrh sanačních opatření barokního krovu Toskánského paláce			FORMÁT A1
OBSAH : SCHEMATICKÝ PŮDORYS KROVU - sanační opatření			MĚŘITKO 1:100, 1:50
			DATUM 01.05.2021
			Č. VÝKR. 07