



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

STATICKÉ POSOUZENÍ OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH PRVKŮ KONSTRUKCE PENZIONU V PASOHLÁVKÁCH

STATIC DESIGN OF STEEL AND TIMBER MEMBERS OF STRUCTURE OF A GUESTHOUSE IN
PASOHLÁVKY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Matěj Tomášek

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2024

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá posouzením nosných ocelových a dřevěných konstrukcí penzionu v Pasohlávkách za použití metody BIM zahrnující sdílení dat a spolupráci s ostatními profesemi. Součástí práce jsou dvě oddělené konstrukce: zimní zahrada navržená z oceli S235JR a konstrukce krovu, kde dochází ke kombinaci oceli S235JR a konstrukčního řeziva C24. Rozsah práce pokrývá posouzení hlavních nosných prvků, dimenzaci vybraných styčnicků, stabilitní analýzu rámových konstrukcí, kotvení sloupů a výkresové řešení v kombinaci s modelem formátu IFC.

Klíčová slova: ocelová konstrukce, dřevěná konstrukce, návrh, posouzení, BIM, únosnost, použitelnost

ABSTRACT

The topic of this bachelor's thesis is assessment of the load-bearing steel and wooden structures of a guest house in the town of Pasohlávky using the BIM method, which includes data sharing and collaboration with other professions. The thesis includes two separate structures: a winter garden designed from steel S235JR and a roof structure that combines steel S235JR and structural timber C24. The content of the work covers the assessment of the main load-bearing elements, dimensioning of selected joints, stability analysis of frame structures, column anchoring and drawing solutions in combination with an IFC format model.

Key words: steel structure, wooden structure, design, assessment, BIM, load-bearing capacity, serviceability

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TOMÁŠEK, Matěj. *Statické posouzení ocelových a dřevěných prvků konstrukce penzionu v Pasohlávkách*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Statické posouzení ocelových a dřevěných prvků konstrukce penzionu v Pasohlávkách* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2024

Matěj Tomášek

autor

PODĚKOVÁNÍ

Touto formou bych rád poděkoval vedoucímu mé práce panu Ing. Ondřeji Peškovi, Ph.D. za jeho čas, trpělivost, cenné rady a zapůjčené podklady. Dále chci poděkovat mým blízkým, kteří mě po dobu studia podporovali.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV KOVOVÝCH A DŘEVĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF METAL AND TIMBER STRUCTURES

STATICKÉ POSOUZENÍ OCELOVÝCH A DŘEVĚNÝCH PRVKŮ KONSTRUKCE PENZIONU V PASOHLÁVKÁCH

STATIC DESIGN OF STEEL AND TIMBER MEMBERS OF STRUCTURE OF A GUESTHOUSE IN
PASOHLÁVKY

TECHNICKÁ ZPRÁVA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Matěj Tomášek

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. Ondřej Pešek, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2024

Obsah

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | POPIS KONSTRUKCE..... | 8 |
| 1.1 | Popis konstrukce zimní zahrady | 8 |
| 1.2 | Popis konstrukce krovu | 9 |
| 1.3 | Rozměry zimní zahrady | 10 |
| 1.4 | Rozměry krovu | 10 |
| 1.5 | Použitý materiál | 10 |
| 1.6 | Materiál spojovacích prostředků | 10 |
| 2 | VSTUPNÍ HODNOTY PRO NÁVRH..... | 11 |
| 2.1 | Zatížení | 11 |
| 2.2 | Zatěžovací stavy | 11 |
| 2.3 | Kombinace zatížení | 12 |
| 3 | KONSTRUKČNÍ PRVKY..... | 12 |
| 3.1 | Prvky konstrukce zimní zahrady | 12 |
| 3.1.1 | Rám zimní zahrady | 12 |
| 3.1.2 | Podélné prvky zimní zahrady | 12 |
| 3.1.3 | Stropnice | 12 |
| 3.2 | Prvky konstrukce krovu | 12 |
| 3.2.1 | Rám krovu | 12 |
| 3.2.2 | Sloupky krovu | 13 |
| 3.2.3 | Podélné prvky krovu | 13 |
| 3.2.4 | Krokve | 13 |
| 3.2.5 | Příčné ztužení | 13 |
| 4 | STATICÁ ANALÝZA..... | 13 |
| 4.1 | Software použitý pro statickou analýzu | 13 |
| 5 | VÝROBA A MONTÁŽ..... | 13 |
| 5.1 | Povrchová úprava..... | 14 |
| 5.2 | Postup montáže zimní zahrady | 14 |
| 5.3 | Postup montáže krovu | 14 |
| 6 | VÝKAZ MATERIÁLU | 15 |
| 6.1 | Výkaz materiálu zimní zahrady | 15 |
| 6.2 | Výkaz materiálu krovu..... | 15 |
| 7 | ZÁVĚR..... | 16 |
| 8 | ZDROJE..... | 16 |
| 8.1 | Normy..... | 16 |

| | |
|-------------------------|----|
| 8.2 Publikace..... | 17 |
| 8.3 Webové stránky..... | 17 |
| 9 SEZNAM OBRÁZKŮ..... | 17 |
| 10 SEZNAM PŘÍLOH..... | 17 |

1 POPIS KONSTRUKCE

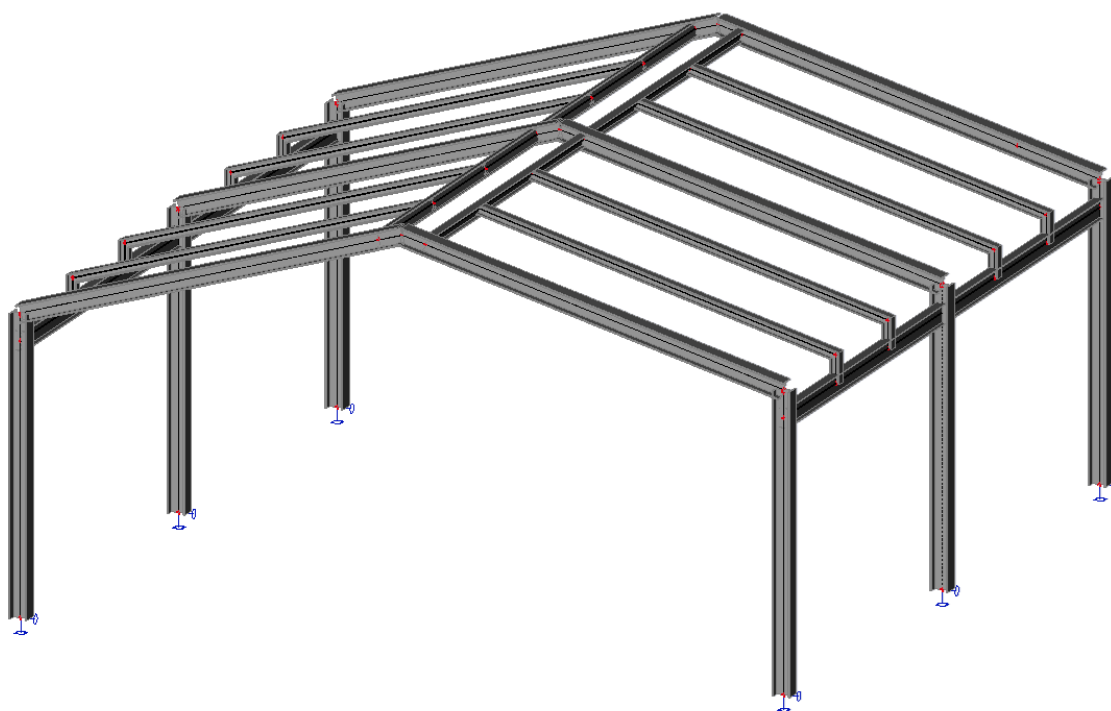
Konstrukce je rozdělena na dvě části, zimní zahradu a krov. Zimní zahrada bude fungovat jako vysazená část restaurace, která se nachází v 1.NP. Krov slouží k zastřešení pokojů pro hosty penzionu.



[1] Izometrický pohled na obě konstrukce

1.1 Popis konstrukce zimní zahrady

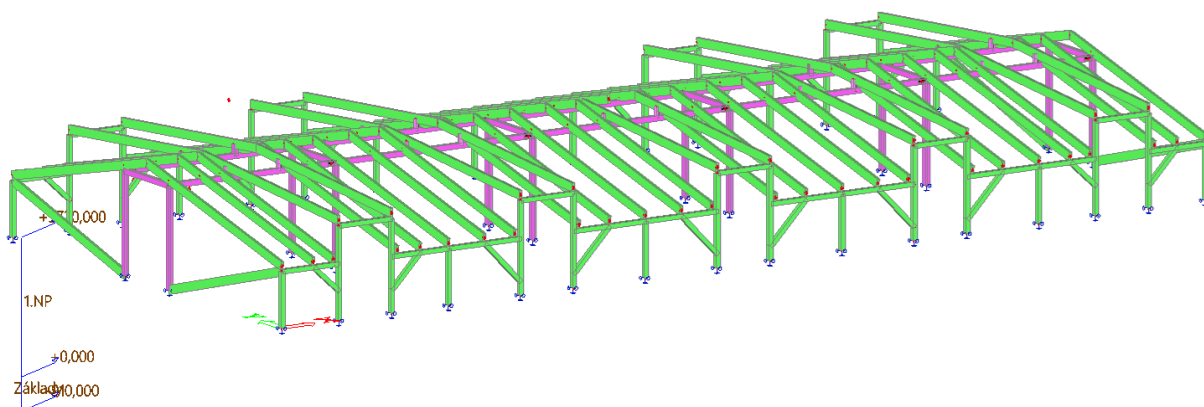
Zimní zahrada je tvořena třemi příčnými vazbami staticky uvažovanými jako tuhé polo rámy uloženy na kloubech. Příčné vazby jsou tuze spojeny horními a dolními vaznicemi, tedy konstrukce se chová jako tuhý polo rám v obou směrech. Toto řešení ztužení konstrukce bylo zvoleno za účelem minimalizovat prostorový záběr a vyvarovat se použití klasických ztužidel s ohledem na účel konstrukce. Mezi horními a dolními vaznicemi jsou uloženy stropnice nesoucí střešní plášť. Sloupy polo rámu jsou kotveny do základových patek.



[2] Izometrický pohled na konstrukci zimní zahrady

1.2 Popis konstrukce krovu

Konstrukce krovu je tvořena ocelovým jádrem, uvažovaném též jako tuhý polo rám v obou směrech zajišťující ztužení. Dřevěná část konstrukce je tvořená z krokví, sloupků, podélných vaznic a prvků zajišťující obvodové ztužení.



[3] Izometrický pohled na konstrukci krovu. Části jsou barevně rozlišeny.

1.3 Rozměry zimní zahrady

| | | |
|--------------------|-------------|---|
| Půdorysné rozměry: | 8,32 x 7,82 | m |
| Výška sloupů: | 2,98 | m |
| Výška ve vrcholu: | 4,27 | m |
| Sklon střechy: | 16 | ° |

1.4 Rozměry krovu

| | | |
|--------------------------|---------------|---|
| Půdorysné rozměry: | 29,11 x 13,32 | m |
| Výška obvodových sloupů: | 1,59 | m |
| Výška sloupů rámu: | 2,82 | m |
| Výška ve vrcholu: | 3,19 | m |
| Sklon střechy: | 13 | ° |
| Sklon střechy ve vikýři: | 3 | ° |

1.5 Použitý materiál

| | |
|-------|--|
| Ocel | S235JR |
| Dřevo | C24 |
| Beton | C16/20, XC2 – základové patky, podlití |

1.6 Materiál spojovacích prostředků

| | |
|----------------|----------------------|
| Šrouby | M12 (5.6, 8.8, 10.9) |
| | M16 (8.8) |
| | M18 (8.8) |
| Svorníky | M16 (8.8) |
| | M24 (8.8) |
| Kotevní šrouby | HILTI-V-5.8 M12 |
| | HILTI-V-5.8 M8 |

2 VSTUPNÍ HODNOTY PRO NÁVRH

2.1 Zatížení

Veškerá zatížení ve výpočetním modelu v programu SCIA Engineer byla uvažována jako plošná a jsou nanášena na objekty zatěžovacích panelů, software následně automaticky přepočte zatížení na prvky, dle jejich přisouzených zatěžovacích ploch. Klimatické zatížení je určeno pomocí normy ČSN EN 1991-1-3 pro sníh a ČSN EN 1991-1-4 pro vítr.

Stálé zatížení

Spadá sem vlastní tíha konstrukce automaticky uvažovaná programem a tíha opláštění konstrukce. Zimní zahrada i krov mají stejný střešní plášť, skladba byla dodána studentem POS v rámci meziprofesionální spolupráce a vyvolá účinky zatížení $0,37 \text{ kN/m}^2$. Svislé opláštění konstrukcí nebylo v rámci projektu řešeno, proto jsem paušálně uvažoval $0,5 \text{ kN/m}^2$ jako simulaci sloupko-příčkové soustavy na konstrukci zimní zahrady.

Zatížení sněhem

Objekt se nachází ve sněhové oblasti I, pro tuto oblast připadá charakteristická hodnota sněhu $0,75 \text{ kN/m}^2$.

Zatížení větrem

Objekt spadá do větrné oblasti II se základní rychlostí větru 25 m/s , kategorii terénu uvažují III. Po provedení výpočtu byl zjištěn dynamický tlak větru v hodnotě $0,571 \text{ kN/m}^2$.

2.2 Zatěžovací stavy

ZS1 – vlastní tíha

ZS2 – plášť

ZS3 – sníh PLNÝ

ZS4 – sníh LEVÝ

ZS5 – sníh PRAVÝ

ZS6 – vítr +Y

ZS7 – vítr -Y

ZS8 – vítr +X

ZS9 – vítr -X

2.3 Kombinace zatížení

Kombinace pro MSÚ a MSP byly automaticky vygenerovány softwarem SCIA Engineer dle normy ČSN EN 1990, kapitola 6 (příloha A1 a A2).

MSÚ – kombinace 6.10a, 6.10b

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10a)$$

$$\left\{ \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \right. \quad (6.10b)$$

MSP – kombinace 6.14b

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6.14b)$$

3 KONSTRUKČNÍ PRVKY

3.1 Prvky konstrukce zimní zahrady

3.1.1 Rám zimní zahrady

Konstrukce zimní zahrady je tvořena třemi příčnými polo rámy, každý se skládá ze tří montážních dílců – 2 sloupů a jedné příčle. Příčle jsou tvořeny profilem HEB180, sbíhají se ve vrcholu rámu ve výšce 4,27m. Sloupy rámu jsou uloženy kloubově a příčle se do nich napojuje pod úhlem 16°, jsou taktéž tvořeny profilem HEB180. Styčníky sloupů a příčlí jsou opatřeny rámovými rohy, které zajišťují požadovanou tuhost konstrukce. Spoj příčle sloupu a rámu je realizovaný pomocí čelní desky.

3.1.2 Podélné prvky zimní zahrady

Jednotlivé příčné vazby jsou propojeny vaznicemi profilů IPE200 v úrovni vrcholů sloupů a vaznicemi z profilů IPE140 ve vrcholu rámu, vaznice jsou tuze připojeny, čímž zaručují podélnou tuhost konstrukce. Horní vaznice jsou připojeny v příčli rámu pomocí předsazené čelní desky, dolní vaznice jsou montovány na zárodek přivařený ke stojině sloupu.

3.1.3 Stropnice

Stropnice kopírují sklon příčlí rámu, jejich dolní část je svisle zalomená z důvodu vhodného napojení na dolní vaznici, kde uvažují polotuhý spoj. K horní vaznici jsou připojeny kloubově. Stropnice jsou tvořeny profilem HEB100.

3.2 Prvky konstrukce krovu

3.2.1 Rám krovu

Rámová konstrukce krovu je tvořena šesti příčnými vazbami, sloupy a příčle jsou z krabicového profilu 2xUPE140 a jsou svařeny do jednoho montážního dílce. Výška příčné vazby je 2,84m. Příčle a sloup svírají pravý úhel. Příčné polo rámy jsou tuze spojeny vaznicemi profilu 2xUPE140. Vaznice jsou po obou stranách zakončeny navařeným profilem HEB140, který se napojuje na stejný navařený profil na příčné vazbě. Spoj těchto profilů tvoří montážní přípoj

vaznice k příčné vazbě. V místech vikýřů krovu jsou na vaznice rámu připojeny návarky z profilu 2xUPE100, které zajišťují požadovanou polohu a sklon krokví ve vikýři.

3.2.2 Sloupky krovu

Jsou rozděleny na nízké sloupky výšky 1,59m, které nesou podélné vaznice krovu a slouží jako dolní podpora krokví. Vysoké sloupky výšky 2,74m jsou použity v místech vikýřů a jsou propojeny vaznicemi, které tvoří nadpraží vikýřů. Slouží jako podpora pro vaznice nad vikýřem. Všechny dřevěné sloupky mají průřez 120x120.

3.2.3 Podélné prvky krovu

Jedná se o vaznice o rozměrech 120x120 spojující sloupky v podélném směru, na vaznicích jsou uloženy krokve. Vaznice jsou v místech napojení sloupků ztuženy pásky v podélném směru. Ty jsou také průřezu 120x120.

3.2.4. Krokve

Slouží jako úložný prvek střešní skladby a jsou rozděleny na krokve střechy, které leží pod sklonem 23° a krokve vikýřů, které svírají úhel 13°. Všechny krokve jsou průřezu 80x240.

3.2.5. Příčné ztužení

Ztužení dřevěným prvkem o průřezu 80x240 se nachází v průčelí konstrukce krovu a je tvořeno dvěma pruty v každém průčelí. Na jednom konci je ukotveno do stropní desky v místě sloupu příčné vazby, na druhém konci se napojuje do rohového styčnicku sloupku a vaznice.

4 STATICKÁ ANALÝZA

4.1 Software použitý pro statickou analýzu

Globální model konstrukce byl vymodelován ve studentské verzi programu SCIA Engineer 22.1, který byl použit pro získání vnitřních sil a deformací na prostorové konstrukci a k následnému posouzení vybraných prvků. Dále vznikly sekundární modely rámových konstrukcí, které byly použity pro stabilitní analýzu.

Styčnický byly vytvořeny ve studentské verzi softwaru IDEA StatiCa, kde jsem ověřil únosnost přípojů a jejich požadovanou tuhost.

5 VÝROBA A MONTÁŽ

Konstrukce zimní zahrady i krovu jsou rozděleny do montážních celků, které budou samostatně převáženy silniční dopravou na místo stavby a následně smontovány montážními šroubovými spoji. Na místě stavby nedojde ke sváření. Největší montážní dílec je příčel rámu zimní zahrady o délce 7,64m. Prvek tohoto rozměru lze pozinkovat v zinkovací vaně a nebude komplikovat přepravu.

5.1 Povrchová úprava

Dřevěné prvky budou opatřeny fungicidní a herbicidní impregnací. Ocelové prvky budou žárově zinkovány. Bylo ověřeno, že montážní dílce se vejdou do zinkovací vany. V uzavřených průřezech je nutné vytvořit otvory pro výtok zinku a průchod vzduchu.

5.2 Postup montáže zimní zahrady

1. Úprava terénu a výkopové práce – výkopy základových patek
2. Betonáž základových patek
3. Vztyčení a ukotvení sloupů
4. Osazení příčlí rámu
5. Podélné zajištění konstrukce pomocí vaznic
6. Podlití sloupů
7. Montáž stropnic
8. Uložení skladeb

5.3 Postup montáže krovu

1. Vyvrtání kapes pro kotvení sloupů do betonové desky
2. Vztyčení příčných vazeb ocelového rámu a osazení vaznic
3. Osazení dřevěných sloupků
4. Propojení dřevěných sloupků vaznicemi
5. Osazení krokví
6. Montáž podélného a příčného ztužení
7. Uložení skladeb

6 VÝKAZ MATERIÁLU

6.1 Výkaz materiálu zimní zahrady

Výkaz oceli:

| PRVEK | PROFIL | DÉLKA [mm] | KUSY | HMOTNOST [kg/m] | HMOTNOST [kg] | PLOCHA [m2/m] | PLOCHA [m2] |
|-----------|--------|------------|------|-----------------|-----------------------|---------------|-------------|
| PŘÍČEL | HEB180 | 3955 | 6 | 51,2 | 1214,98 | 1,04 | 24,68 |
| SLOUP | HEB180 | 3156 | 6 | 51,2 | 969,52 | 1,04 | 19,69 |
| VAZNICE | IPE200 | 3732 | 4 | 22,4 | 334,39 | 0,77 | 11,49 |
| VAZNICE | IPE140 | 3940 | 4 | 12,9 | 203,30 | 0,55 | 8,67 |
| STROPNICE | HEB100 | 4095 | 8 | 20,4 | 668,30 | 0,57 | 18,67 |
| | | | | | 3390,49 | | 83,21 |
| | | | | | + 5% (svary a plechy) | | |
| | | | | | 3560,02 | | 87,37 |

6.2 Výkaz materiálu krovu

Výkaz oceli:

| PRVEK | PROFIL | DÉLKA [mm] | KUSY | HMOTNOST [kg/m] | HMOTNOST [kg] | PLOCHA [m2/m] | PLOCHA [m2] |
|---------|----------|------------|------|-----------------|-----------------------|---------------|-------------|
| SLOUP | 2XUPE140 | 2818 | 12 | 29 | 980,66 | 1,04 | 35,17 |
| PŘÍČEL | 2XUPE140 | 2050 | 6 | 29 | 356,70 | 1,04 | 12,79 |
| VAZNICE | 2XUPE140 | 5438 | 6 | 29 | 946,21 | 1,04 | 33,93 |
| VAZNICE | 2XUPE140 | 4368 | 4 | 29 | 506,69 | 1,04 | 18,17 |
| ZÁRODEK | HEB140 | 294 | 20 | 33,7 | 198,16 | 0,81 | 4,76 |
| NÁVAREK | 2XUPE100 | 200 | 20 | 19,64 | 78,56 | 0,8 | 3,20 |
| | | | | | 3066,98 | | 108,03 |
| | | | | | + 5% (svary a plechy) | | |
| | | | | | 3220,33 | | 113,43 |

Výkaz dřeva:

| OZNAČENÍ | PRVEK | DIMENZE [mm] | DÉLKA [mm] | KUSY | OBJEM [m ³] |
|----------|-----------------|--------------|------------|------|-------------------------|
| 1 | SLOUPEK | 120x120 | 1588 | 13 | 0,30 |
| 2 | VAZNICE | 120x120 | 29110 | 2 | 0,84 |
| 3 | PŘÍČNÉ ZTUŽENÍ | 80x240 | 5714 | 4 | 0,33 |
| 4 | KROKEV | 80x240 | 6670 | 72 | 6,92 |
| 5 | PODÉLNÉ ZTUŽENÍ | 120x120 | 1688 | 10 | 0,24 |
| 6 | PODÉLNÉ ZTUŽENÍ | 120x120 | 1272 | 8 | 0,15 |
| 7 | SLOUPEK | 120x120 | 2738 | 20 | 0,79 |
| | | | | | 9,56 |

7 ZÁVĚR

Náplní mé bakalářské práce je návrh a posouzení nosných konstrukcí novostavby penzionu v obci Pasohlávky. Vytvořil jsem globální a sekundární modely v programu SCIA Engineer, které jsem použil pro statickou a stabilitní analýzu konstrukcí a posouzení nosných prvků na MSÚ. V programu IDEA StatiCa jsem navrhl styčníky ocelových profilů, posoudil je na únosnost a zjistil jejich rotační tuhost. Rotační tuhosti styčnicků jsem následně implementoval do globálního modelu a získal jsem upravené výsledky. Dále jsem se zabýval návrhem kotvení sloupů a dimenzací prosté betonové patky. Veškeré postupy jsou v souladu s platnými normami ČSN EN.

Tyto dílčí informace jsem následně zkompletoval v konstruktérském programu Tekla Structures, kde jsem vytvořil 3D model, který jsem použil pro sdílení dat s ostatními profesemi pomocí formátu IFC. V rámci meziprofesionální spolupráce jsem komunikoval a sdílel data s kolegy z POS, a kolegyněmi z BZK a TZB.

8 ZDROJE

8.1 Normy

ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. 2004. 76 s. Praha: Český normalizační institut, 2004.

ČSN EN 1991-1-1: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení. 2004. 44 s. Praha: Český normalizační institut, 2004.

ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení sněhem. 2004. 56 s. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-3: Obecná zatížení - Zatížení větrem. 129 s. Praha: Český normalizační institut, 2007.

ČSN EN 1993-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 94 s. Praha: Český normalizační institut, 2011.

ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 114 s. Praha: Český normalizační institut, 2006.

8.2 Publikace

BÁRTLOVÁ, A. Vzpěr prutových soustav. 1vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1977

Katalog pro projektanty. Praha: Hilti ČR s.r.o., 2020

8.3 Webové stránky

Ústav betonových a zděných konstrukcí. Online. Fakulta stavební ČVUT. Dostupné z:
https://people.fsv.cvut.cz/~tipkamar/vyuka_soubory/BK01/pomucky_BK01_soubory/12_navod.pdf

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

[1] Izometrický pohled na obě konstrukce

[2] Izometrický pohled na konstrukci zimní zahrady

[3] Izometrický pohled na konstrukci krovu. Části jsou barevně rozlišeny.

10 SEZNAM PŘÍLOH

B – Statický výpočet

C – Výkresová dokumentace

D – Plán realizace BIM (BEP)

E – Soubory formátu IFC