



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

VÍCEÚČELOVÝ OBJEKT V PARDUBICÍCH
THE MULTIPURPOSE BUILDING IN PARDUBICE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Eliška Tunková

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Eliška Tunková
Název	Víceúčelový objekt v Pardubicích
Vedoucí práce	Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2018
Datum odevzdání	11. 1. 2019

V Brně dne 31. 3. 2018

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu

ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí"

ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení"

ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby"

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracujte návrh nosné konstrukce víceúčelového vícepodlažního objektu v Pardubicích. Při návrhu konstrukce respektujte požadavky na tvarové a dispoziční uspořádání objektu. Nosné konstrukční prvky navrhnete s využitím lepeného lamelového dřeva, rostlého dřeva, materiálů na bázi dřeva nebo oceli. Volba materiálu, základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí diplomové práce. Půdorysné rozměry objektu uvažujte nejvýše 35x45m.

Požadované výstupy:

1. Technická zpráva
2. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
3. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího diplomové práce
4. Výkaz výměr

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Milan Šmak, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce



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

VÍCEÚČELOVÝ OBJEKT V PARDUBICÍCH

THE MULTIPURPOSE BUILDING IN PARDUBICE

PRŮVODNÍ DOKUMENT

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Eliška Tunková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2019

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je návrh nosné konstrukce víceúčelového objektu. Půdorysné uspořádání je nepravidelného tvaru s největším rozpětím 35 m. Jedná se o dvě budovy ve tvaru 6ti úhelníku, ke kterým je připojena budova ve tvaru poloviny 6ti úhelníku. Část objektu je navržena jako dvoupodlažní a všechny části jsou vůči sobě výškově rozdílné. Výška celkového objektu dosahuje v nejvyšším bodě 13,5 m.

Nosná konstrukce je tvořena prvky z lepeného lamelového dřeva a rostlého konstrukčního dřeva s použitím ocelových prvků jako spojovacích prostředků. Konstrukce je navržena variantně ze dřeva a oceli. Statické řešení bylo provedeno pomocí softwaru RFEM.

KLÍČOVÁ SLOVA

Víceúčelový objekt, lepené lamelové dřevo, rostlé dřevo, nosná konstrukce, plnostěnná konstrukce, příhradová konstrukce, nosník, paždíky, sloupy, detaily přípojů, ocelové spojovací prvky

ABSTRACT

The topic of my diploma thesis is a design of a construction of a multipurpose building. The floor plan is of irregular shape with a maximal span of 35 metres. There are two buildings in shape of a hexagon, to which another building in shape of a half of a hexagon is connected. Part of the building is designed as a two-storey building and all parts are different in height. The height of the designed building in its highest point is 13,5 metres.

The load-bearing structure consists of glued laminated wood elements and raised wood with steel elements used as fasteners. The construction is designed alternatively from wood and steel. The static solution was made using the RFEM software.

KEYWORDS

Multipurpose building, glue laminated timber, raised wood, load-bearing structure, solid-wall construction, truss, beam, girts, columns, connection details, steel fasteners

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bc. Eliška Tunková *Víceúčelový objekt v Pardubicích*. Brno, 2018. 30 s., 202 s. příl.
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových
a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Milan Šmak, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce s názvem *Víceúčelový objekt v Pardubicích* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 12. 2018

Bc. Eliška Tunková
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

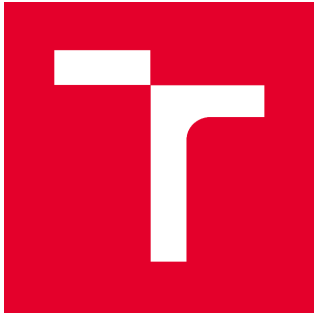
Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem *Víceúčelový objekt v Pardubicích* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 12. 2018

Bc. Eliška Tunková
autor práce

Poděkování

Velmi ráda bych poděkovala panu Ing. Milanu Šmakovi, Ph.D. za věnovaný čas, odbornou pomoc, cenné rady a vstřícnost při konzultacích mé diplomové práce. Velké poděkování také patří mé rodině i blízkým za poskytnutí zázemí a všestrannou podporu během celého studia.



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

VÍCEÚČELOVÝ OBJEKT V PARDUBICÍCH

THE MULTIPURPOSE BUILDING IN PARDUBICE

TECHNICKÁ ZPRÁVA – VYBRANÁ VARIANTA

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Eliška Tunková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2019

Obsah

1	ZADÁNÍ.....	3
2	OBECNÉ ÚDAJE	3
2.1	Geometrie konstrukce:	4
3	PŘEDPOKLADY NÁVRHU KONSTRUKCE.....	7
4	STATICKE ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE.....	7
5	DŘEVĚNÁ PLNOSTĚNNÁ KONSTRUKCE	8
6	VÝKAZ MATERIÁLU VYBRANÉ VARIANTY	10
6.1	DŘEVĚNÁ PLNOSTĚNNÁ KONSTRUKCE.....	10
7	POPIS VYBRANÉ VARIANTY	11
7.1	MATERIÁLY.....	11
7.1.1	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY.....	11
7.2	STŘEŠNÍ PLÁŠŤ	13
7.3	OBVODOVÝ PLÁŠŤ	13
7.4	SKLADBA PODLAHY	13
7.5	STŘEŠNÍ VAZNICE.....	14
7.6	STROPNÍ NOSNÍKY – 1NP	14
7.7	STŘEŠNÍ NOSNÍK – PRŮBĚŽNÝ.....	15
7.8	STŘEŠNÍ NOSNÍK - POLOVIČNÍ.....	15
7.9	STROPNÍ TRÁM – 1NP	16
7.10	VNITŘNÍ A OBVODOVÉ NOSNÍKY	16
7.11	PAŽDÍKY	17
7.12	SLOUP - GALERIE.....	17
7.13	OBVODOVÉ SLOUPY.....	18
7.14	ZTUŽENÍ	18
8	POVRCHOVÁ ÚPRAVA	19
9	VÝROBA.....	19
10	OCHRANA KONSTRUKCE.....	20
11	DOPRAVA.....	20
12	MONTÁŽ	20
13	ZÁVĚR.....	21

DIPLOMOVÁ PRÁCE – VÍCEÚČELOVÝ OBJEKT V PARDUBICÍCH
Technická zpráva – vybraná varianta

14 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	22
------------------------------------	----

1 ZADÁNÍ

Předmětem diplomové práce je návrh a statické posouzení nosné konstrukce víceúčelového objektu. Půdorysné uspořádání je nepravidelného tvaru s největším rozpětím 35 m. Jedná se o dvě budovy ve tvaru 6ti úhelníku, ke kterým je připojena budova ve tvaru poloviny 6ti úhelníku. Část objektu je navržena jako dvoupodlažní a všechny části jsou vůči sobě výškově rozdílné. Objekt je navržen jako skeletový systém s 6ti úhelníkovými sloupy, ke kterým je připojen systém příčlív v úrovni druhého nadzemního podlaží a v úrovni zastřešení. Střešní konstrukci pak tvoří systém průvlaků, na které jsou připojeny vaznice a vnitřní prstenec. Celá nosná konstrukce je modelována jako kloubově uložená. Ztužení konstrukce je zajištěno příčnými ztužidly. Celková výška objektu dosahuje v nejvyšším bodě 13,5 m.

Konstrukce je navržena z různých materiálových variant – plnostěnná konstrukce z lepeného lamelového dřeva, příhradová konstrukce z lepeného lamelového dřeva a příhradová konstrukce z oceli. Celkem byly uvažovány 3 varianty.

Závěrem práce je srovnání výhod a nevýhod jednotlivých variant.

2 OBECNÉ ÚDAJE

Cílem statické části diplomové práce je návrh a posouzení nosných prvků u dřevěných a ocelových variant konstrukcí víceúčelového objektu.

Konstrukce se nachází v Pardubicích, ve výšce 221 m n. m. Z tohoto parametru vyplývají údaje o klimatických zatíženích na konstrukci.



Obr.1: Lokalita

Daná lokalita je řazena do sněhové oblasti I. s charakteristickou hodnotou zatížení $s_k = 0,56 \text{ KN/m}^2$ a větrné oblasti II. s typem terénu III. a základní rychlostí větru $v_{b,0} = 25,0 \text{ m/s}$. Užité zatížení na podlaze v 1.NP bylo uvažováno v charakteristické hodnotě $q_k = 3,0 \text{ KN/m}^2$. Podrobný výpočet zatížení je uveden ve statické části. Konstrukce je navržena a posouzena dle příslušných norem.

DIPLOMOVÁ PRÁCE – VÍCEÚČELOVÝ OBJEKT V PARDUBICÍCH

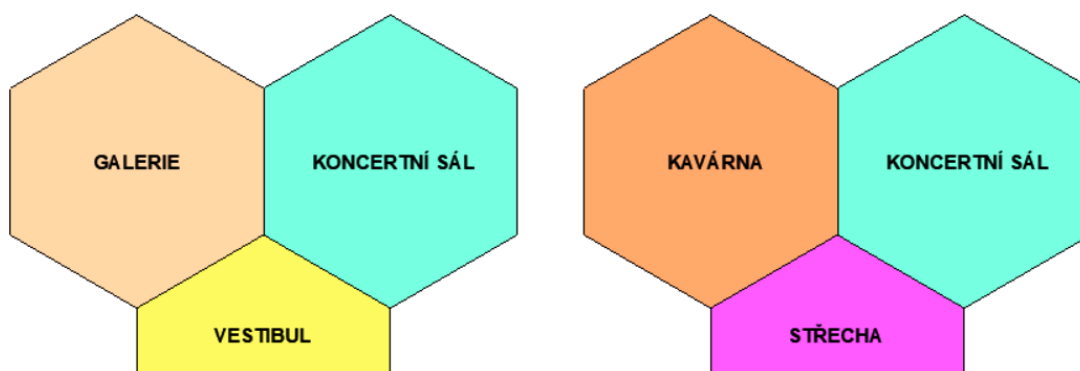
Technická zpráva – vybraná varianta

Nosná konstrukce víceúčelového objektu je navržena z lepeného lamelového dřeva, rostlého smrkového dřeva a ocelových příčných ztužidel. Půdorysné rozměry jsou 35 x 25 m. Výška objektu je 13,5 m.

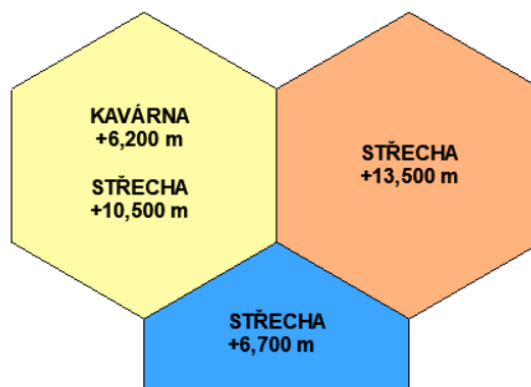
2.1 Geometrie konstrukce:



Obr.2: Axonometrický pohled na konstrukci

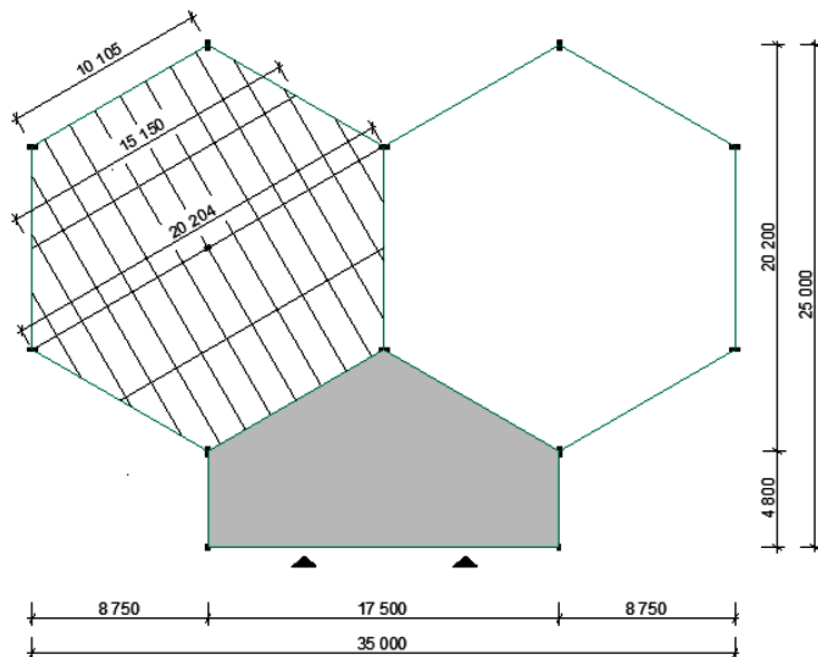


Obr.3: Schéma vnitřního využití objektu

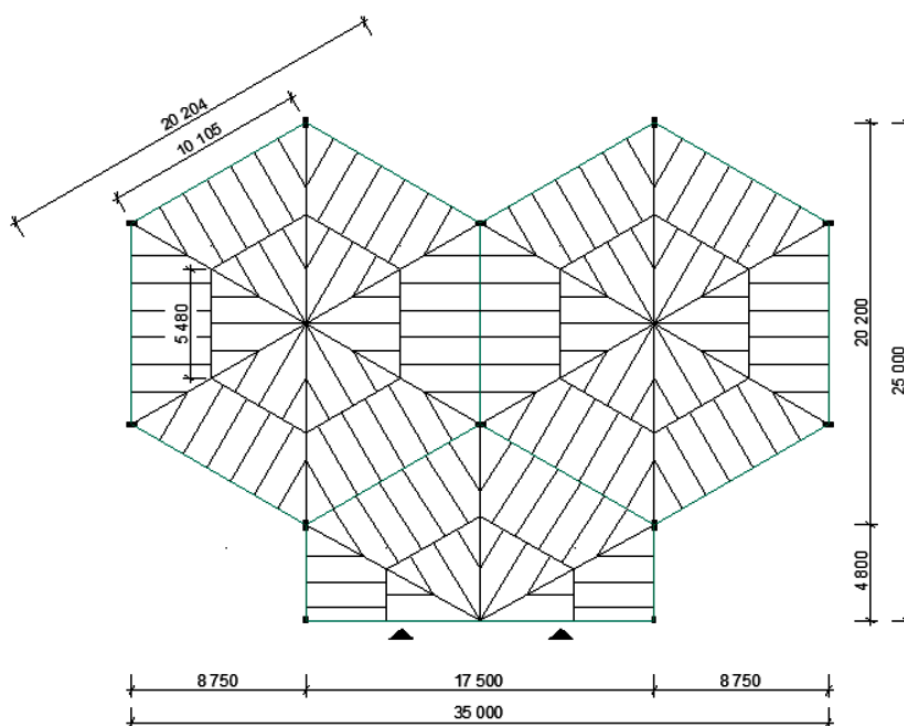


Obr.4: Výškové uspořádání objektu

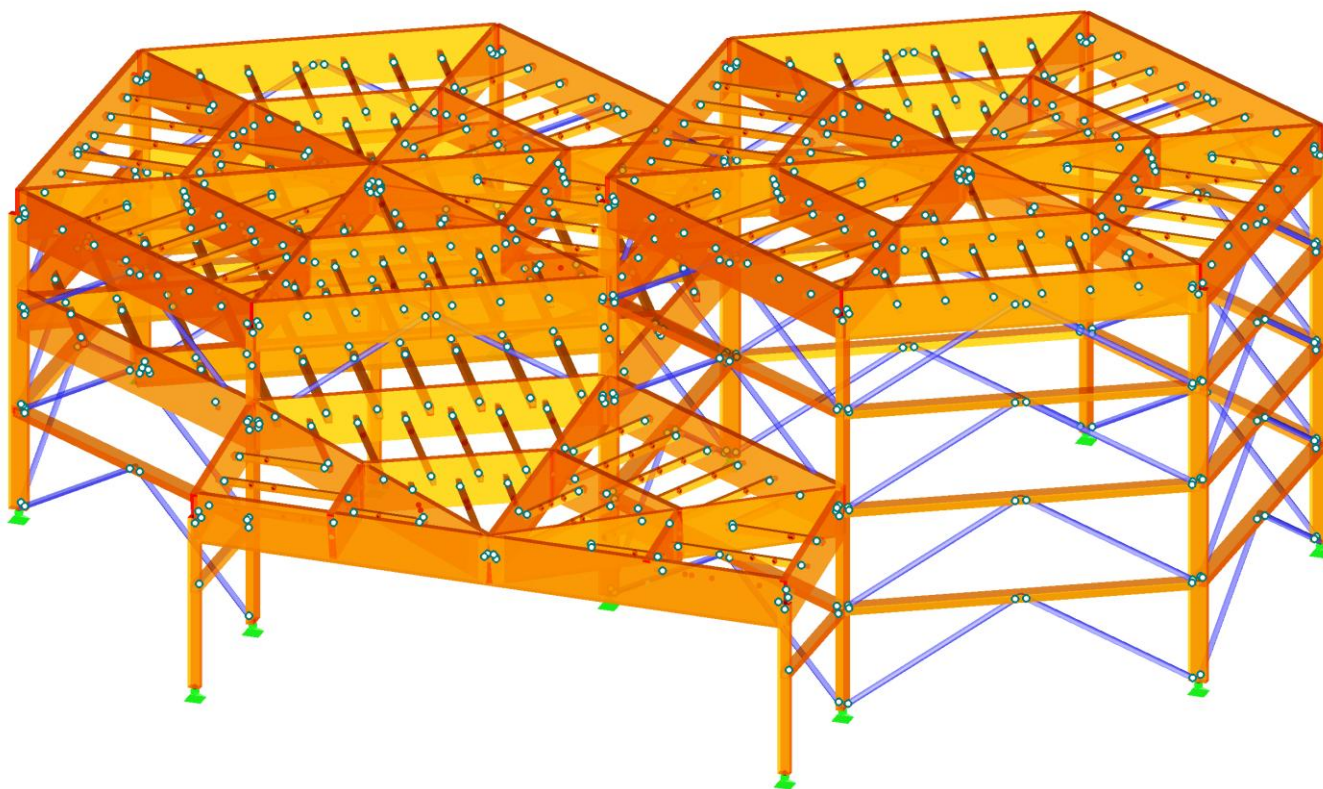
DIPLOMOVÁ PRÁCE – VÍCEÚČELOVÝ OBJEKT V PARDUBICÍCH
Technická zpráva – vybraná varianta



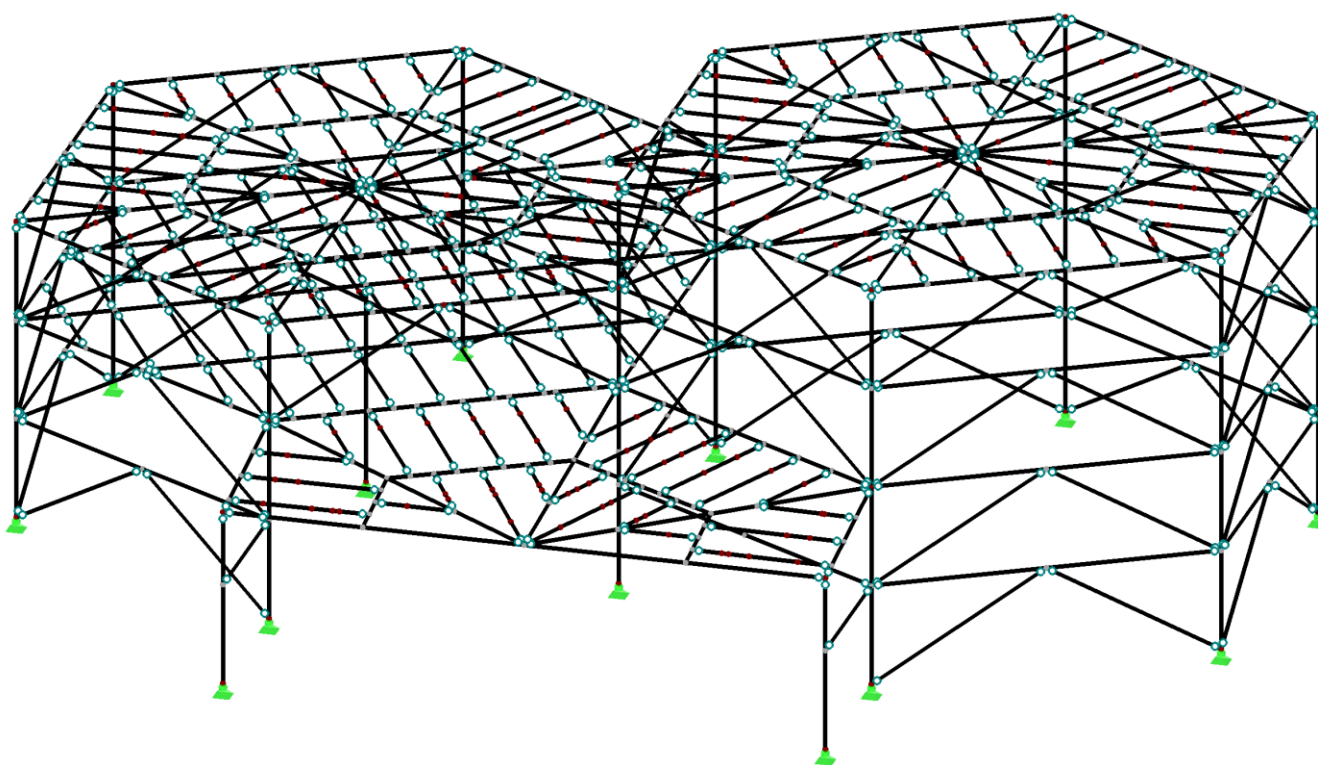
Obr.5: Schéma uspořádání 1.NP



Obr.6: Schéma uspořádání jednotlivých střech



Obr.7: Axonometrický pohled na konstrukci



Obr.8: Axonometrický pohled na konstrukci – výpočtový model

3 PŘEDPOKLADY NÁVRHU KONSTRUKCE

Statické posouzení nosných konstrukcí víceúčelového objektu, který se nachází v Pardubicích, bylo provedeno na:

○ MEZNÍ STAV ÚNOSNOSTI

Mezní stav únosnosti byl uvážen s vlivem ztráty stability prvků na nejnepříznivější kombinaci z hodnot zatížení. Mezní hodnoty pro nosné dřevěné konstrukce byly brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL24h a GL32h a konstrukční dřevo třídy pevnosti C24.

Mezní hodnoty pro nosné ocelové konstrukce byly brány z norem pro navrhování ocelových konstrukcí pro ocel pevnosti S235 a S355.

○ MEZNÍ STAV POUŽITELNOSTI

Mezní stav použitelnosti byl uvážen na nejnepříznivější kombinaci z hodnot zatížení. Mezní hodnoty přetvoření pro nosné dřevěné konstrukce byly brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL24h a GL32h a konstrukční dřevo třídy pevnosti C24.

Mezní hodnoty pro nosné ocelové konstrukce byly brány z norem pro navrhování ocelových konstrukcí pro ocel pevnosti S235 a S355

4 STATICKÉ ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE

Statické řešení nosných dřevěných a ocelových konstrukcí bylo provedeno metodou konečných prvků výpočetním programem RFEM od firmy Dlubal. Prostorový model nosné dřevěné a ocelové konstrukce byl analyzován výpočtem na účinky stálých a proměnných zatížení, přičemž statický výpočet byl proveden jako lineární.

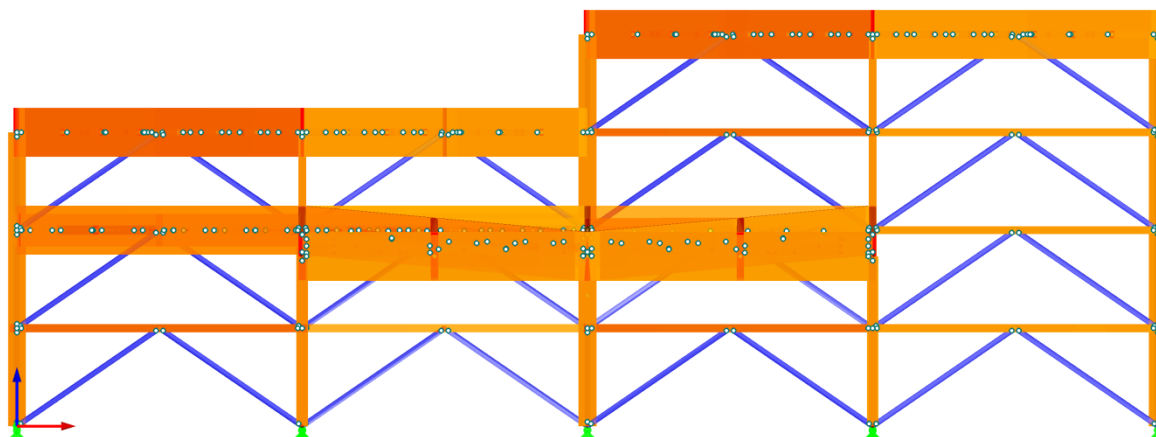
Posouzení mezních stavů bylo provedeno v souladu s normami ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí a ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí.

5 DŘEVĚNÁ PLNOSTĚNNÁ KONSTRUKCE

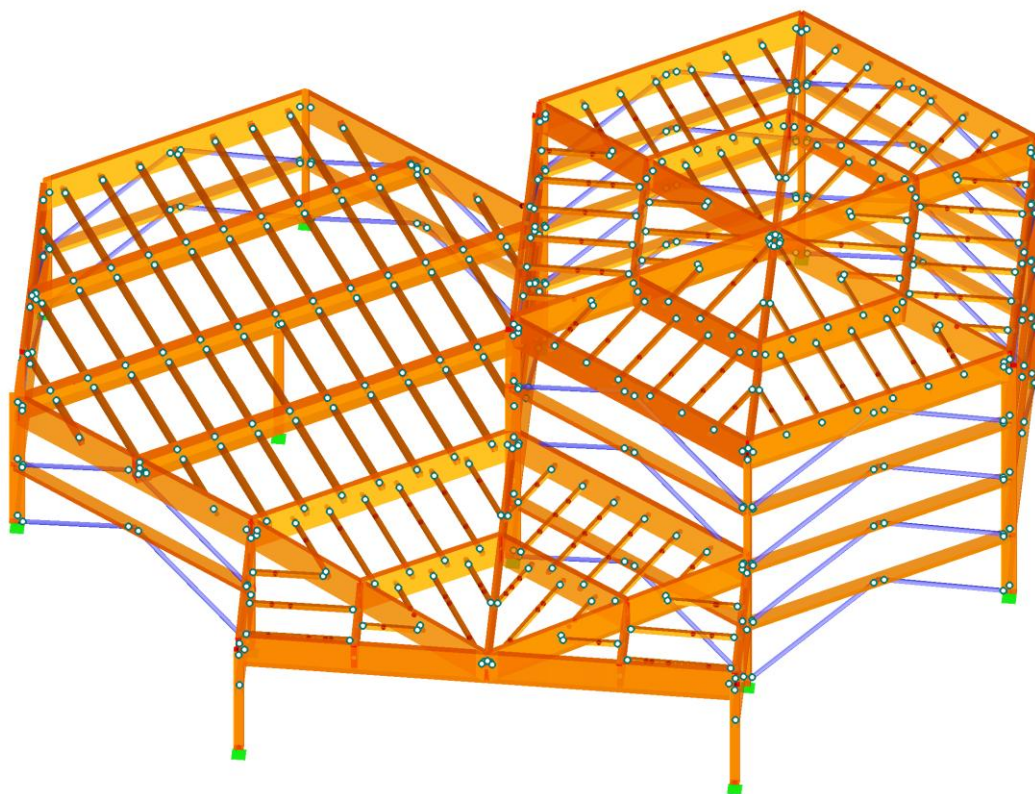
PRVEK	PRŮŘEZ [mm]	MATERIÁL	VYUŽITÍ
VAZNICE - STŘECHA	140 x 220	C24	42%
STROPNÍ NOSNÍKY - 1NP	200 x 280	C24	63%
STŘEŠNÍ NOSNÍK - PRŮBĚŽNÝ	260 x 1 500	GL32h	92%
STŘEŠNÍ NOSNÍK - POLOVIČNÍ	180 x 1 500	GL24h	24%
PRŮBĚŽNÝ NOSNÍK - 1NP	420 x 1 000	GL32h	64%
VNITŘNÍ A OBVODOVÉ NOSNÍKY	220 x 1 500	GL24h	67%
PAŽDÍKY VESTIBUL	240 x 300	GL24h	39%
PAŽDÍKY - HLAVNÍ BUDOVY	240 x 450	GL24h	79%
SLOUPY - VESTIBUL	240 x 350	GL24h	37%
OBVODOVÉ SLOUPY	240 x 550	GL24h	51%
SLOUP - GALERIE	240 x 350	GL24h	67%
PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO	TR 168.3 x 6.3	S235	63%

V této variantě je průběžný nosník v 1.NP navržen průřezu 420 x 1 000 mm z mezního stavu únosnosti využit na 64%. Důvodem takového průřezu prvku je také posouzení na mezní stav použitelnosti, který je v tomto případě rozhodující. Prvky, jako střešní nosník a sloupy u vestibulu, jsou navrženy na relativně malé využití mezního stavu únosnosti. Důvodem navržení těchto průřezů je následné řešení přípojů. Tato varianta bude podrobněji uvedena a posouzena dále.

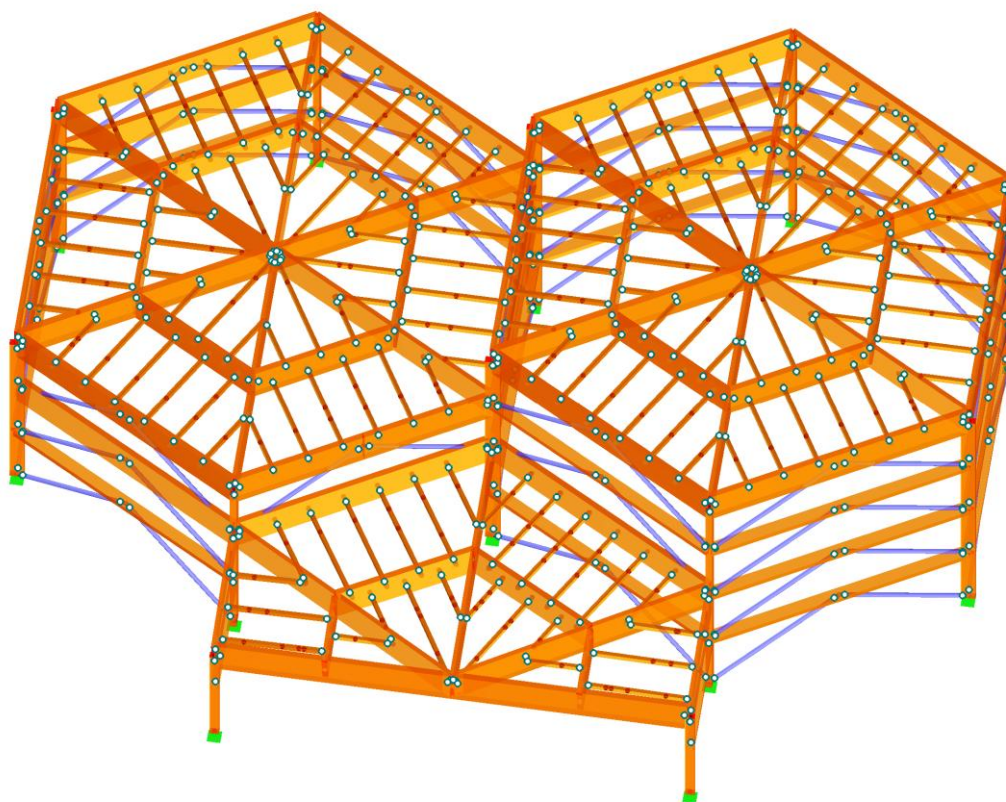
GLOBÁLNÍ DEFORMACE	
ux	5,2 mm
uy	3,0 mm
uz	49,1 mm



Obr.9: Dřevěná plnostěnná konstrukce z lepeného lamelového dřeva – čelní pohled



Obr.10: Dřevěná plnostěnná konstrukce z lepeného lamelového dřeva – axonometrie 1.NP



Obr.11: Dřevěná plnostěnná konstrukce z lepeného lamelového dřeva – axonometrie bez 1.NP

6 VÝKAZ MATERIÁLU VYBRANÉ VARIANTY

6.1 DŘEVĚNÁ PLNOSTĚNNÁ KONSTRUKCE

PRVEK	PRŮŘEZ [mm]	MATERIÁL	DÉLKA	HMOTNOST	OBJEM	HMOTNOST
	[mm]	[-]	[m]	[kg/m ³]	[m ³]	[kg]
VAZNICE - STŘECHA	140 x 220	C24	461,8	350	14,22	4 978
STROPNÍ NOSNÍKY - 1NP	200 x 280	C24	181,7	350	10,17	3 561
STŘEŠNÍ NOSNÍK - PRŮBĚŽNÝ	260 x 1 500	GL32h	40,4	440	15,76	6 934
STŘEŠNÍ NOSNÍK - POLOVIČNÍ	180 x 1 500	GL24h	110,7	385	29,90	11 512
PRŮBĚŽNÝ NOSNÍK - 1NP	420 x 1 000	GL32h	50,5	440	21,22	9 337
VNITŘNÍ A OBVODOVÉ NOSNÍKY	220 x 1 500	GL24h	301,0	385	99,33	38 242
PAŽDÍKY VESTIBUL	240 x 300	GL24h	9,6	385	0,69	266
PAŽDÍKY - HLAVNÍ BUDOVY	240 x 450	GL24h	191,9	385	20,73	7 981
SLOUPY - VESTIBUL	240 x 350	GL24h	10,4	385	0,87	335
OBVODOVÉ SLOUPY	240 x 550	GL24h	108,0	385	14,26	5 490
SLOUP - GALERIE	240 x 350	GL24h	6,0	385	0,50	193
PŘÍČNÉ ZTUŽIDLO	TR 168.3 x 6.3	S235	399,5	7 850	1,29	10 127
CELKOVÝ OBJEM A HMOTNOST KONSTRUKCE					228,94	98 956

7 POPIS VYBRANÉ VARIANTY

7.1 MATERIÁLY

Konstrukce víceúčelového objektu je vytvořena z různých materiálů. Lze tedy označit stavbu jako hybridní. Průběžný střešní nosník a průběžný nosník ve 2NP jsou zhotoveny z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h. Vaznice a stropní nosníky jsou vyrobeny z konstrukčního dřeva třídy pevnosti C24. Příčná ztužidla jsou z oceli S235. Všechny ostatní prvky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h. Bednění, které je součástí střešního pláště, je navrženo z prken tl. 24 mm a třídy pevnosti C24. Spodní stavba je tvořena ŽB patkami. Prosvětlení je řešeno izolačními trojskly.

7.1.1 MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

Třída pevnosti		C24
Hustota [kg/m^3]	ρ_k	350
Charakteristické hodnoty pevnosti [MPa]		
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	24
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	14
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,4
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	21
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,5
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	4
Charakteristické hodnoty tuhosti [GPa]		
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,\text{mean}}$	11
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{0,05}$	7,4
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,\text{mean}}$	0,37
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	G_{mean}	0,69

Třída pevnosti		GL24h
Hustota [kg/m^3]	ρ_k	385
Charakteristické hodnoty pevnosti [MPa]		
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	24
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	19,2
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,5
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	24
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,5
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	3,5
Charakteristické hodnoty tuhosti [GPa]		
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,\text{mean}}$	11,5
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{0,05}$	9,6
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,\text{mean}}$	0,3
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	G_{mean}	0,65

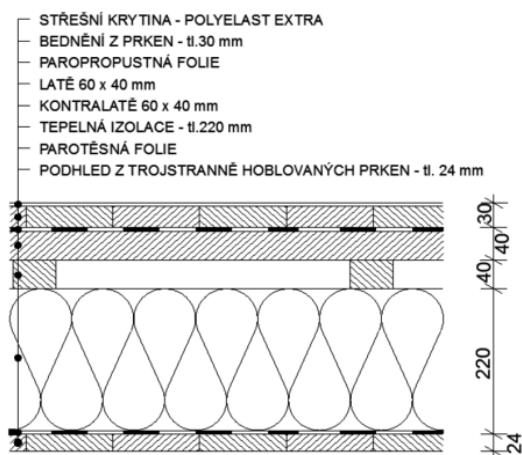
DIPLOMOVÁ PRÁCE – VÍCEÚČELOVÝ OBJEKT V PARDUBICÍCH
Technická zpráva – vybraná varianta

Třída pevnosti		GL32h
Hustota [kg/m ³]	ρ_k	440
Charakteristické hodnoty pevnosti [MPa]		
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	32
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny	$f_{t,0,k}$	25,6
Pevnost v tahu kolmo k vláknům	$f_{t,90,k}$	0,5
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny	$f_{c,0,k}$	32
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům	$f_{c,90,k}$	2,5
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	3,5
Charakteristické hodnoty tuhosti [GPa]		
Průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny	$E_{0,mean}$	14,2
5% kvantil modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{0,05}$	11,8
Průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům	$E_{90,mean}$	0,3
Průměrná hodnota modulu pružnosti ve smyku	G_{mean}	0,65

Třída pevnosti		S235
Hustota [kg/m ³]	ρ_k	7 850
Charakteristické hodnoty pevnosti [MPa]		
Mez kluzu	f_y	235
Mez pevnosti	f_u	360
Modul pružnosti	E	210 000
Smykový modul	G	81 000
Poissonův součinitel	μ	0,3

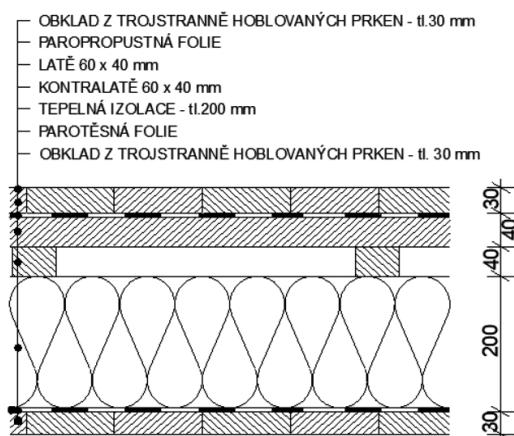
Třída pevnosti		S355
Hustota [kg/m ³]	ρ_k	7 850
Charakteristické hodnoty pevnosti [MPa]		
Mez kluzu	f_y	355
Mez pevnosti	f_u	490
Modul pružnosti	E	210 000
Smykový modul	G	81 000
Poissonův součinitel	μ	0,3

7.2 STŘEŠNÍ PLÁŠŤ



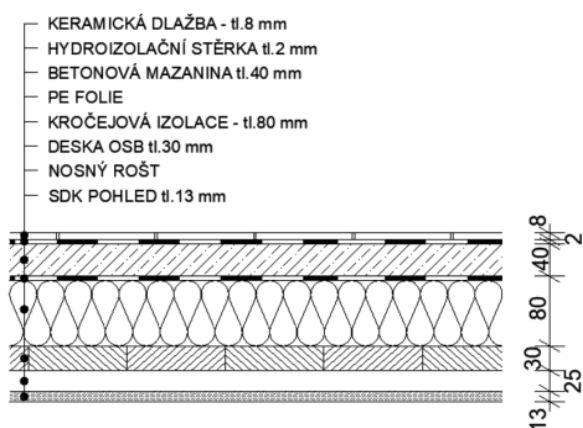
Střešní plášť je tvořen typickou skladbou střešních panelů TESKO. Střešní krytinu tvoří asfaltový pás v šedé barvě tl. 5,2 mm. Tepelná izolace je zde navržena z kamenných izolačních desek Isover ORSIK tl. 220 mm s vysokou protipožární odolností. Střešní plášť je upevněn na vaznicích z konstrukčního dřeva C24.

7.3 OBVODOVÝ PLÁŠŤ



Obvodový plášť koncertního sálu je řešen typickou skladbou panelů TESKO. Pohledovou konstrukci tvoří dřevěný obklad. Tepelná izolace je zde navržena z kamenných izolačních desek Isover ORSIK tl. 200 mm s vysokou protipožární odolností. Střešní plášť střechy nad atriem a obvodový plášť je tvořen skleněnými tabulemi vsazenými do kovového rámu.

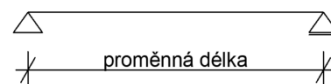
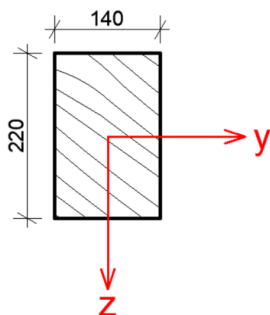
7.4 SKLADBA PODLAHY



Z důvodu vysokého namáhání od provozu kavárny je zde navržena jako nášlapná vrstva keramická dlažba. Aby byla podlahová konstrukce schopná zvukově izolovat, a tím snížit kročejový hluk, je zde navržena izolace z kamenné vlny.

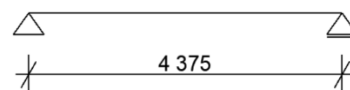
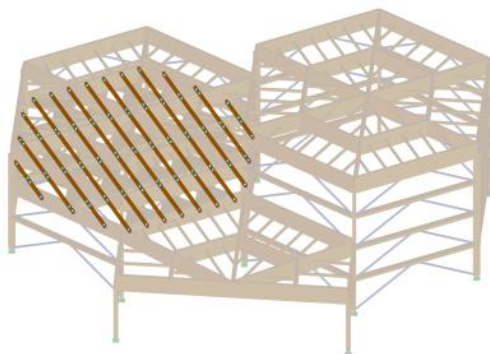
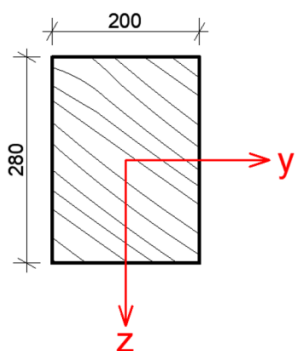
7.5 STŘEŠNÍ VAZNICE

Vaznice jsou navrženy z konstrukčního dřeva třídy pevnosti C24, průřezu 140x220 mm a proměnné délky. Nejdelší vaznice mají délku 4,75 m. Na tuto délku jsou také nadimenzovány. Jsou zapařeny do konstrukce tak, aby horní hrany lícovaly, a jsou rozmístěny rovnoměrně po vzdálenosti 1,37 m. Vaznice jsou připojeny kloubově a působí tedy jako prostý nosník. Vaznice budou vzhledem ke své malé výšce zcela schované pod podhledem.



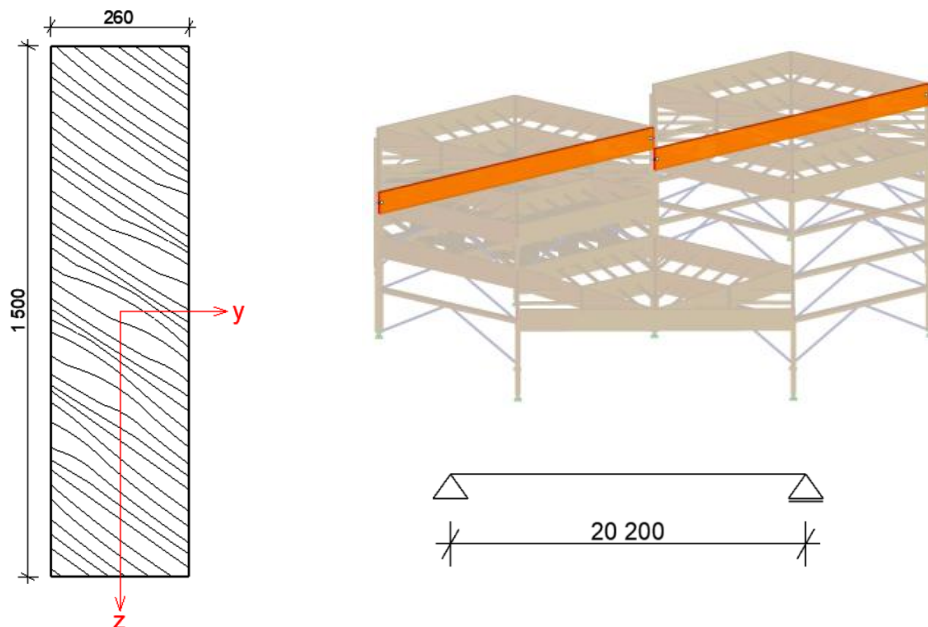
7.6 STROPNÍ NOSNÍKY – 1NP

Stropní nosníky jsou navrženy z konstrukčního dřeva třídy pevnosti C24, průřezu 200x280 mm, délky 4,375 m. Jsou vsazeny mezi trámy a k nim jsou kloubově připojeny. Působí tedy jako prosté nosníky o délce 4,375 m. Nosníky jsou rovnoměrně rozmístěny po vzdálenosti 1,45 m. Tyto prvky roznášejí plošné zatížení přenesené z nosné stropní konstrukce do průběžných trámů a obvodových nosníků.



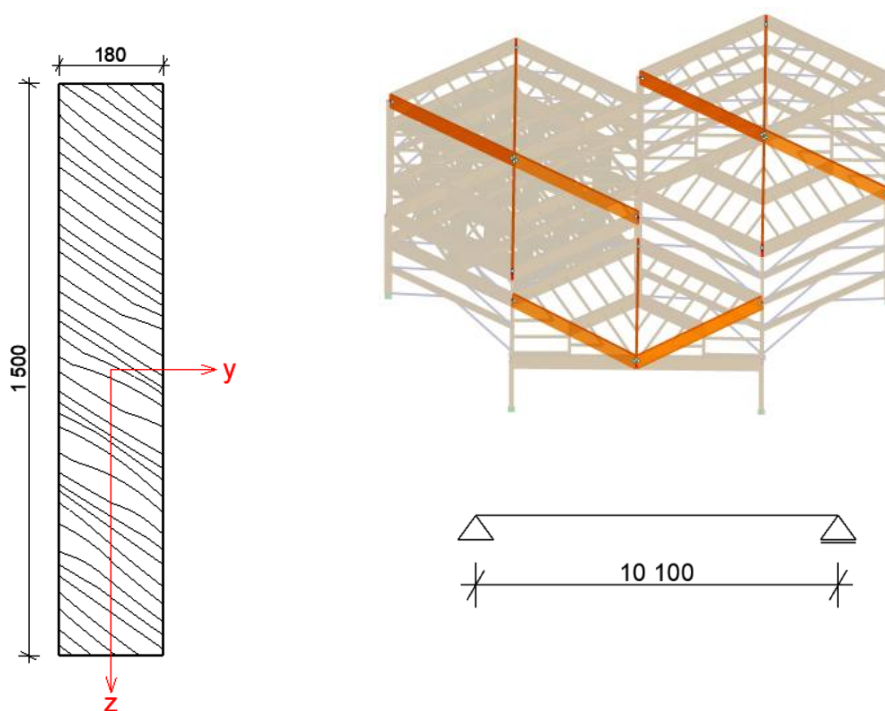
7.7 STŘEŠNÍ NOSNÍK – PRŮBĚŽNÝ

Plnostěnný střešní nosník je navržen z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h, průřezu 260x1500 mm. Jedná se o hlavní prvek střešní konstrukce a rozpětí nosníku činí 20,2 m. Nosník je kloubově uložen na obvodové sloupy, působí tedy jako prostý nosník. Maximální délky nepřesahují 22m, proto by neměl být problém s převozem prvku na stavbu.



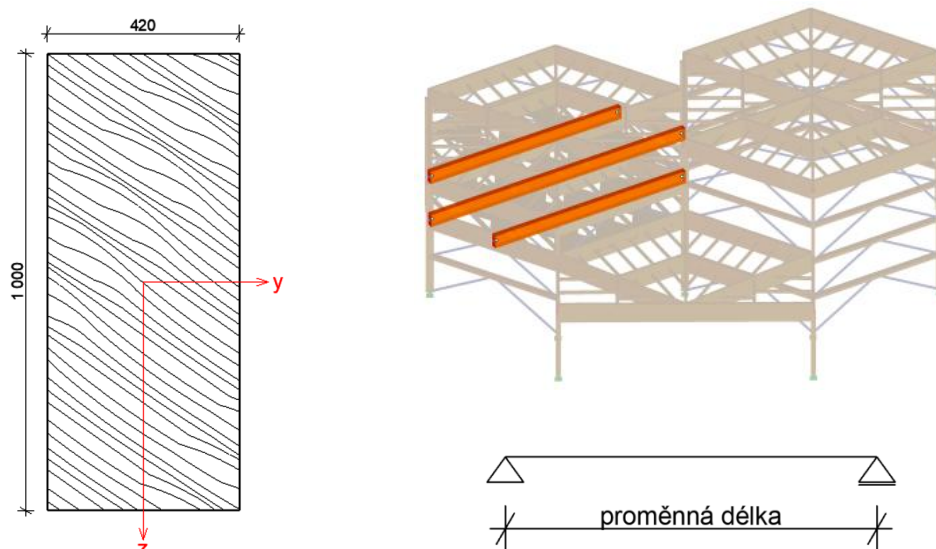
7.8 STŘEŠNÍ NOSNÍK - POLOVIČNÍ

Plnostěnný střešní nosník je navržen z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h, průřezu 180x1500 mm, délky 10,1 m. Prvek rozděluje střechu na zbývající trojúhelníkové části. Je kloubově přichycen na obvodové sloupy a na průběžný střešní nosník a vynáší vnitřní prstenec. Prvek je využit na mezní stav únosnosti pouze na 24%. Průřez je navržen z důvodu lepšího připojení prvku a snadnějšího provedení podhledu.



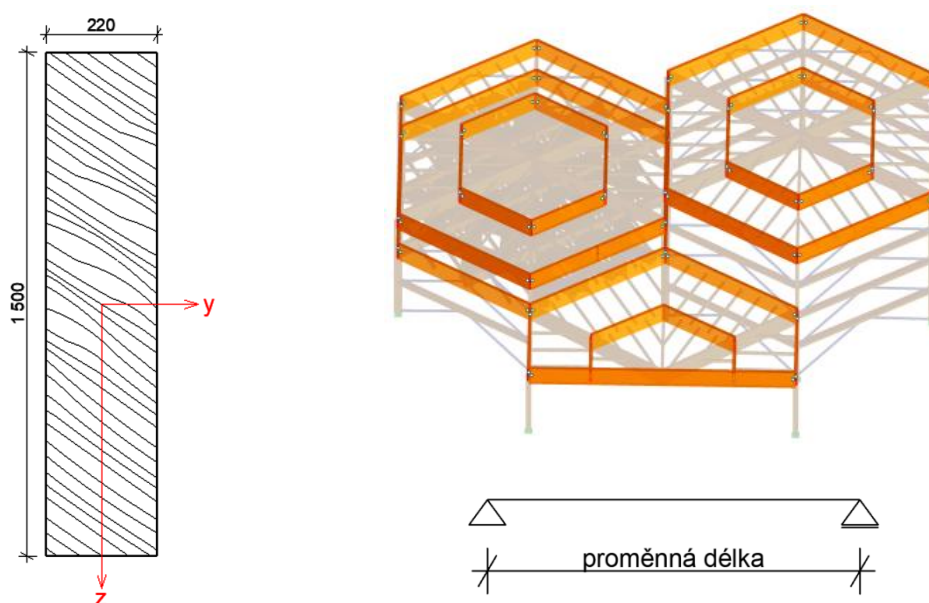
7.9 STROPNÍ TRÁM – 1NP

Z důvodu velkého zatížení v patře je nosník navržen z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL32h, průřezu 420x1000 mm, délky 20,2 m a 15,155 m. Nosník bude nutné vyrobit v zahraničí a převést na stavbu. Jelikož délka nepřesahuje 22 m, neměl by být problém s převozem. Jedná se o hlavní prvek 2NP. Trámy vynášejí hustě rozmístěné nosníky a jsou kloubově připojeny k obvodovému sloupu a k obvodovému prstenci.



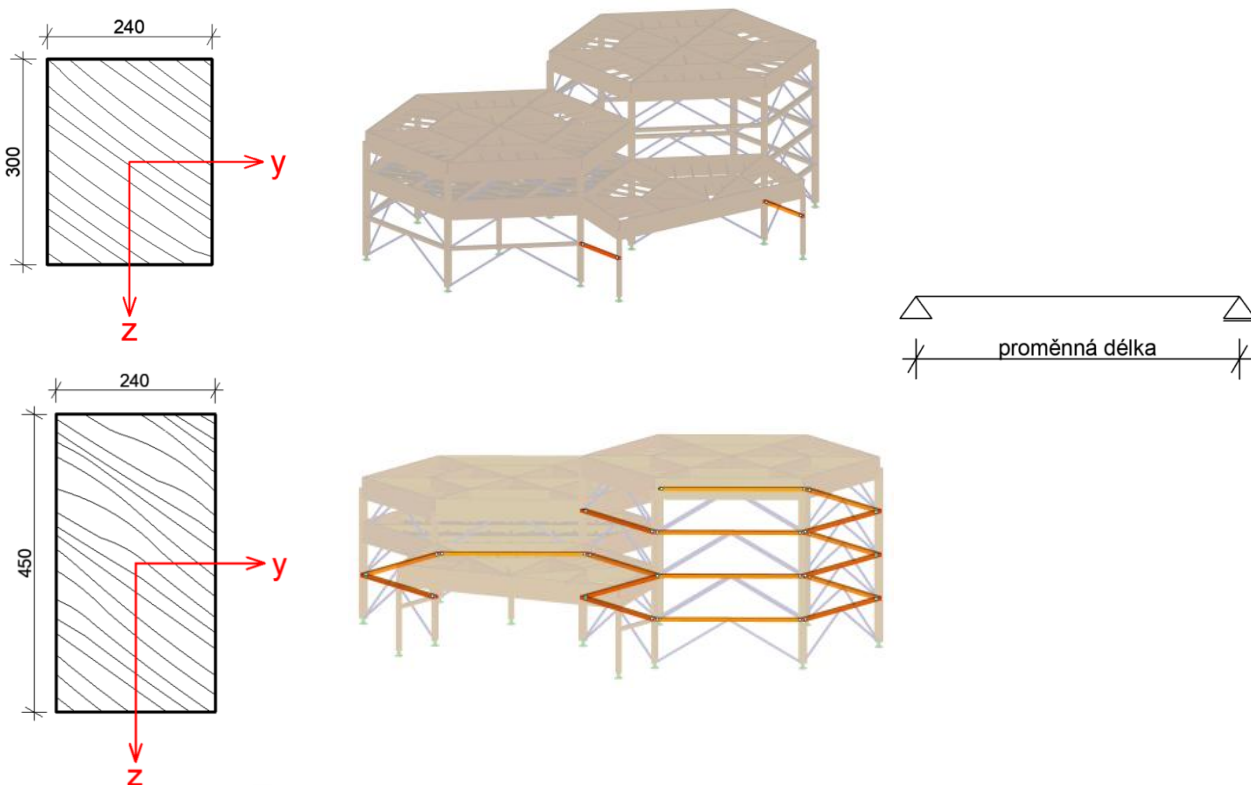
7.10 VNITŘNÍ A OBVODOVÉ NOSNÍKY

Plnostěnné vnitřní a obvodové nosníky jsou navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h, průřezu 220x1500mm, proměnné délky. V konstrukci jsou uloženy kloubově, tedy působí jako prostý nosník. Prostorově propojují celou konstrukci a přes stropnice a vaznice vynášejí zatížení podlahy a střech.



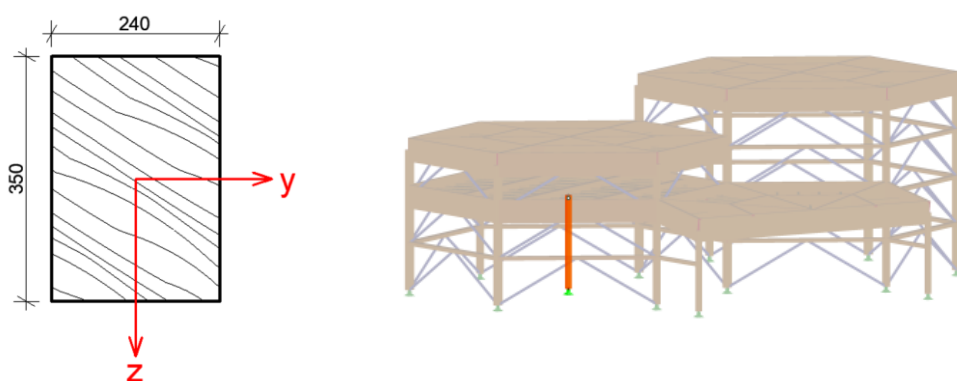
7.11 PAŽDÍKY

Paždíky byly navrženy z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h. S ohledem na umístění v konstrukci byly navrženy 2 průřezy. U vestibulu je průřez 240x300 mm, délky 4,8 m. U hlavních budov je průřez z důvodu velkého zatížení větrem navržen 240x450 mm, délky 10,1m. Ke sloupům jsou připojeny kloubově, působí tedy jako prostý nosník.



7.12 SLOUP - GALERIE

Sloupek umístěný v galerii je navržen z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h, průřezu 240x350 mm, délky 6 m. Důvodem umístění sloupku jsou velké vnitřní síly ve stropním trámu v 1NP. Sloupek je kloubově připojen a na konci je kotven do ŽB patky.

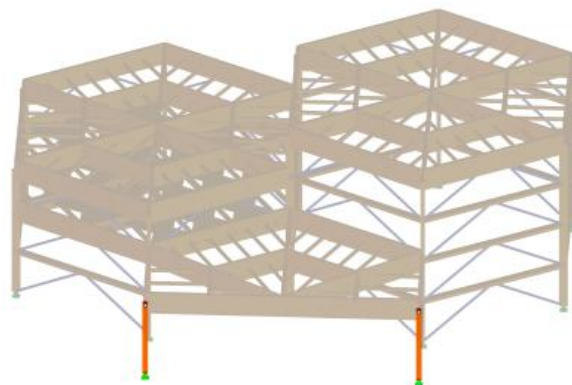
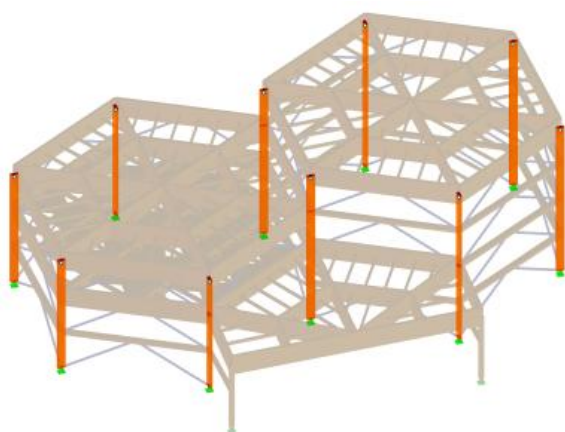


7.13 OBVODOVÉ SLOUPY

Sloupy jsou modelovány jako kloubově uložené. Jsou vyrobeny z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h. I přes větší náročnost při výrobě, byl průřez sloupu navržen jako 6ti úhelníkový, a to především kvůli uspořádání styčnicků, ve kterých se nosníky u každého sloupu potkávají pod různými

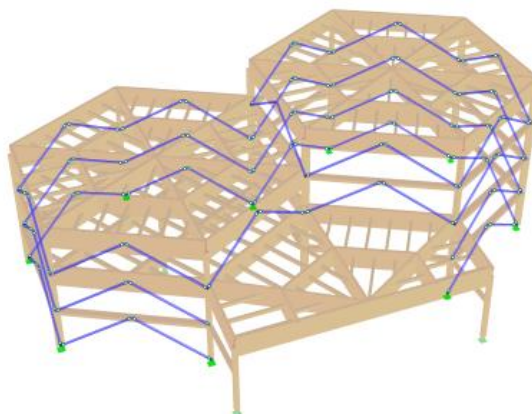
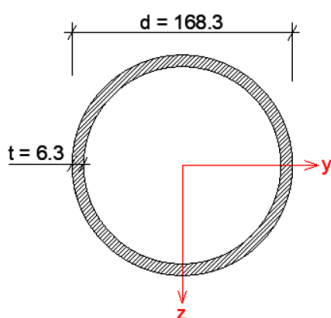
SLOUP	b_1 [m]	b_2 [m]	h [m]
Koncertní sál	240	550	12
Kavárna	240	550	9
Vestibul	240	350	5,2

úhly. V modelu jsou pro zjednodušení uvažovány obdélníkové průřezy. Vzpěrná délka sloupů je v daném směru dána vzdáleností styčnicků. Na koncích jsou sloupy kotveny do ŽB patek.



7.14 ZTUŽENÍ

Příčná ztužidla jsou navržena z dutých kruhových trubek průměru 168.3 mm s tloušťkou stěny 6.3 mm, délky 5,875 m vyrobená z oceli S235 a vedena do tvaru V. Připevnění je řešeno přivařeným vsazeným plechem v trubce, který je následně připojen pomocí svorníků k paždíku.



8 POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Konstrukce je zařazena do **třídy provozu 1**, která je charakterizována vlhkostí materiálu odpovídající teplotě 20°C a relativní vlhkosti okolního vzduchu přesahující 65% pouze několik týdnů v roce.

Z hlediska třídy ohrožení dřeva biotickými škůdci dle ČSN EN 335-1 A ČSN EN 335-2 spadá konstrukce do **třídy ohrožení 1**, kde dřevo nebo materiál na bázi dřeva je pod střechou, zcela chráněno před povětrností, bez rizika působení vlhkosti, mimo kontakt se zeminou nebo neizolovaným zdívkem. Vlhkost dřeva bude po dobu životnosti maximálně 20%. Napadení dřevokaznými houbami je vyloučeno. Předpoklad napadení dřevokazným hmyzem je zanedbatelný.

Dle požadavků na ochranu materiálu proti korozi pro spojovací prostředky (hřebíky, vruty, svorníky, kolíky a ocelové desky) se dle ČSN ISO 2081 pro třídu provozu 1 nepožaduje dodatečný ochranný povlak.

Prvky z lepeného lamelového dřeva musí vyhovět požadavkům uvedeným v normě ČSN EN 14080 – Dřevěné konstrukce – lepené lamelové dřevo – požadavky. Prvky z rostlého dřeva musí vyhovět normě ČSN EN 14081 – Dřevěné konstrukce – konstrukční dřevo obdélníkového průřezu tříděné podle pevnosti. Kovové spojovací prostředky musí odpovídat normě ČSN EN 14592 – Dřevěné konstrukce – kovové spojovací prostředky – požadavky.

9 VÝROBA

Nosné prvky konstrukce budou vyrobeny na CNC v obráběcím centru Hundegger K2. Na stavbu budou prvky přivezeny s již připravenými vyvrtanými otvory pro spojovací prostředky a styčnickové plechy. Při převozu musí být prvky uloženy tak, aby nedocházelo k jejich namáhání, a na stavbu musí být dodány neporušené.



10 OCHRANA KONSTRUKCE

Veškeré dřevěné prvky budou naimpregnovány bezbarvým nátěrem na ochranu proti dřevokaznému hmyzu, houbám a plísním. Dřevo bude současně napuštěno chemickým roztokem pro snížení hořlavosti dřeva a rychlosti šíření ohně. Povrch dřevěných prvků bude opatřen bezbarvou lazurou ve 3 vrstvách.

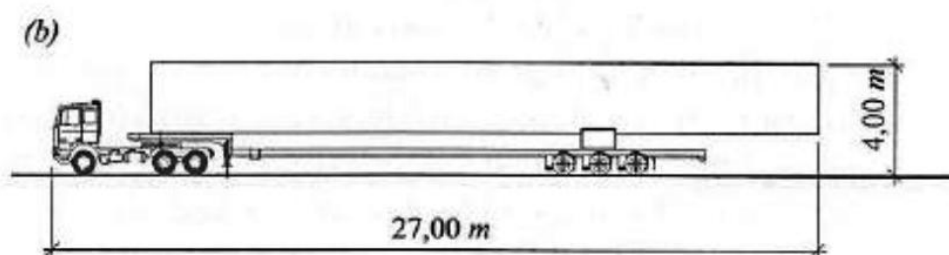
Veškeré ocelové prvky budou chráněny nátěrem z organických povlaků jako ochrana proti korozi. Déle budou ocelové prvky chráněny nástřikem pro zvýšení požární odolnosti.

11 DOPRAVA

Přeprava obvodového prstence, střešních a stropních nosníků, paždíků a sloupů na stavbu bude provedena pomocí tahače s plošinovým přívěsem. Ostatní prvky budou dopraveny nákladním automobilem s návěsem.

U přepravy prvků nebude potřeba policejní doprovod, protože rozměry vozidla s nákladem nebudou přesahovat délku 25 m ani šířku 3,5 m.

PRVEK	PRŮŘEZ	DÉLKA
	[mm]	[m]
PRŮBĚŽNÝ NOSNÍK - 1NP	420 x 1000	20,2
STŘEŠNÍ NOSNÍK - PRŮBĚŽNÝ	260 x 1500	20,2
STŘEŠNÍ NOSNÍK - POLOVIČNÍ	180 x 1500	10,1
VNITŘNÍ A OBVODOVÉ NOSNÍKY	220 x 1500	17,5
PAŽDÍKY - HLAVNÍ BUDOVY	240 x 450	10,1
OBVODOVÉ SLOUPY	240 x 550	12,0



12 MONTÁŽ

Prvním krokem před montáží dřevěné nosné konstrukce je zaměření a vybetonování základových patek do předem zhotovených výkopů. Základová spára musí ležet na únosné zhutněné zemině, která musí být bez jakýchkoliv známek podmáčení. Po uplynutí technologické pauzy, a tedy dostatečném vytvrdnutí betonu, se přesně zaměří poloha patního plechu pro kotvení sloupů. Do betonových patek se vyvrtají otvory a pomocí chemických kotev se patní plech připojí k betonové patce a volné prostory ve vrtu se utěsní. Styčnickový plech bude opatřen montážními otvory, pomocí kterých se bude provádět provrtání. Touto montáží je vytvořena spodní strana připojení sloupů, která je řádně připevněna k základové patce. Pro usazování jednotlivých částí konstrukce je pro realizaci využit autojeřáb. Montáž konstrukce začne ukotvením a stabilizováním dvou sousedních sloupů a přes

připravené ocelové styčníky osazením obvodového prstence v 1.NP. Tento rám bude dočasně podepřen. Montáž ostatních částí bude probíhat stejným způsobem. Následně se připojí vnitřní průběžné trámy, na které se osadí stropní nosníky. Před započítím následující části montáže se osadí příčná ztužidla.

Další podlaží bude pokračovat stejným způsobem. Na osazené sloupy se připojí obvodové prstence, které se dočasně podepřou. Následně se připojí průběžný střešní nosník, ke kterému se připojí ½ střešní nosník. Tyto prvky vytváří nosnou konstrukci pro vnitřní prsteneček, ke kterému se následně připojí střešní vaznice.

Po osazení všech střešních a stropních prvků se na sloupy připojí pomocí ocelových styčníků paždíky. Na závěr se celá konstrukce ztuží pomocí ocelových ztužidel.

V poslední fázi se provede osazení střešního a obvodového pláště.

13 ZÁVĚR

Výpočtový model pro získání vnitřních sil a posouzení prvků z hlediska mezního stavu únosnosti a mezního stavu použitelnosti byl řešen ve výpočtovém programu RFEM od firmy Dlubal. V této variantě byly následně jednotlivé prvky a spoje posouzeny ručně dle platných norem a použité literatury.

14 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČSN EN 1991-1-1 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb; Praha: Český normalizační institut, 2004
- [2] ČSN EN 1991-1-3 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem; Praha: Český normalizační institut, 2005
- [3] ČSN EN 1991-1-4 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem; Praha: Český normalizační institut, 2007
- [4] ČSN EN 1993-1-1 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby; Praha: Český normalizační institut, 2006
- [5] ČSN EN 1993-1-8 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-8: Navrhování styčníků; Praha: Český normalizační institut, 2004
- [6] ČSN EN 1995-1-1 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro navrhování pozemních staveb; Praha: Český normalizační institut, 2007
- [7] ČSN EN 14080: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Požadavky
- [8] ČSN EN 386: Lepené lamelové dřevo – Požadavky na užitné vlastnosti a minimální výrobní požadavky
- [9] ČSN EN 1194: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo – Třídy pevnosti a stanovení charakteristických hodnot
- [10] ČSN EN 1190: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí; Český normalizační institut, 2003
- [11] Petr Kuklík, Anna Kuklíková – Navrhování dřevěných konstrukcí – příručka k ČSN EN 1995-1; Pro ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, vydalo informační centrum ČKAIT, 2010
- [12] Navrhování ocelových konstrukcí – příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8
Navrhování hliníkových konstrukcí – příručka k ČSN EN 1999-1; Pro ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě, vydalo informační centrum ČKAIT, 2009
- [13] Doc. Ing. Bohumil Straka, CSc., Ing. Karel Sýkora – Dřevěné konstrukce, Studijní opory BO03, VUT – Fast Brno, 2005
- [14] Navrhování střešního pláště – dostupné z: <http://www.konstrukce-tesko.cz/>
- [15] Sněhová mapa – dostupné z: <http://www.snehovamapa.cz/>
- [16] Výroba konstrukce – dostupné z: <https://www.hundegger.de>
- [17] Izolační trojskla – dostupné z: <http://www.slavona.cz/izolacni-dvojskla-trojskla/>