

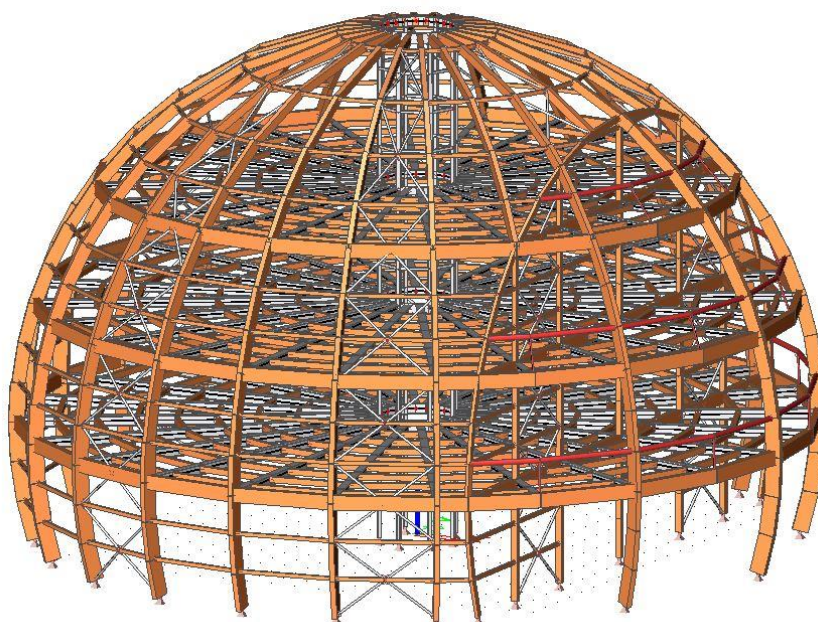


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ
Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

DIPLOMAVÁ PRÁCE

MULTIFUNKČNÍ OBJEKT V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

TECHNICKÁ ZPRÁVA



AUTOR PRÁCE: Bc. EVA ŠPAČKOVÁ

ROK 2016

OBSAH

1. ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA KONSTRUKCE	3
1.1. GEOMETRICKÉ A DISPOZIČNÍ USPOŘÁDÁNÍ KONSTRUKCE	3
1.2. UMÍSTĚNÍ KONSTRUKCE	3
2. NORMATIVNÍ DOKUMENTY	3
3. PŘEDPOKLADY NÁVRHU VÍCEPATROVÉ KONSTRUKCE	4
4. POPIS KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ VÍCEPATROVÉ KONSTRUKCE	5
4.1. OCELOVÉ PRVKY KONSTRUKCE	5
4.2. DŘEVĚNÉ PRVKY KONSTRUKCE	7
5. POPIS STATICKÉHO ŘEŠENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE	11
6. OCHRANA KONSTRUKCE	12
6.1. OCHRANA DŘEVA	12
6.2. OCHRANA OCELI	12
7. POŽÁRNĚ BEZPEČNOSTNÍ ŘEŠENÍ	12
8. MONTÁŽNÍ POSTUP	12
9. PLÁN KONTROLY SPOLEHLIVOSTI KONSTRUKCÍ	13
10. VÝKAZ VÝMĚR	13
11. DŮLEŽITÁ UPOZORNĚNÍ	13

1. Základní charakteristika konstrukce

1.1. Geometrické a dispoziční uspořádání konstrukce

Předmětem práce je návrh a statické posouzení objektu o více podlaží. Jednalo se o návrh multifunkčního objektu. Půdorysný tvar konstrukce je kruh o maximálním průměru 30 m. Tvar konstrukce vychází z koule o průměru 30 m, která je zespodu uříznutá, proto je výška konstrukce v nejvyšším bodě 19,5 m. Dále je koule v části rovně seříznutá a to tvoří svislou stěnu. Toto seříznutí jsem využila pro vytvoření balkónů a ponechala jsem tak konstrukci tvar koule.

Jedná se o čtyř-patrovou budovu s konstrukční výškou podlaží 4,5 m. Nosnou část vnější konstrukce tvoří zakřivená žebra, která jsou v horní části opřena o ocelový prstenec, který je součástí konstrukce pro výtahovou šachtu. Vnitřní nosná část je tvořena stropními nosníky.

1.2. Umístění konstrukce

Konstrukce se nachází v Českých Budějovicích, v nadmořské výšce 381 m.n.m. Z tohoto parametru vyplývají údaje o klimatických zatíženích konstrukce.

2. Normativní dokumenty

Dřevěná část multifunkčního objektu je navržena v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí.
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užitné zatížení pozemních staveb.
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem.
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem.
- ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- ČSN 73 2824-1: Třídění dřeva podle pevnosti. Část 1: Jehličnaté dřevo.
- ČSN EN 338: Konstrukční dřevo – Třídy pevnosti.
- ČSN 73 2810: Dřevěné stavební konstrukce. Provádění.
- ČSN EN 1194: Dřevěné konstrukce – Lepené lamelové dřevo
- ČSN EN 386: Lepené lamelové dřevo
- ČSN EN 1912: Konstrukční dřevo

Ocelová část multifunkčního objektu je navržena v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí.
- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – část 1-1: Obecná zatížení – objemové tíhy, vlastní tíha a užité zatížení pozemních staveb.
- ČSN EN 1991-1-3: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-3: Obecná zatížení – zatížení sněhem.
- ČSN EN 1991-1-4: Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – část 1-4: Obecná zatížení – zatížení větrem.
- ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- ČSN EN 10025: Výrobky válcované za tepla z konstrukčních ocelí
- ČSN EN 1090-2: Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí – část 2: Technické požadavky na ocelové konstrukce

3. Předpoklady návrhu vícepatrové konstrukce

Statické posouzení vícepatrové konstrukce multifunkčního objektu je provedeno na:

- Mezní stavy únosnosti s uvažováním vlivu ztráty stability prvků na nejnepriznivější z kombinací návrhových hodnot zatížení. Mezní hodnoty byly pro nosné dřevěné konstrukce brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro rostlé jehličnaté dřevo třídy pevnosti C24 a pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL28h. Mezní hodnoty pro nosné ocelové konstrukce byly brány z norem pro navrhování ocelových konstrukcí třídy pevnosti S355.
- Mezní stav použitelnosti na nejnepriznivější z kombinací charakteristických hodnot zatížení. Mezní hodnoty přetvoření byly pro nosné dřevěné konstrukce brány z norem pro navrhování dřevěných konstrukcí pro rostlé jehličnaté dřevo třídy pevnosti C24 a pro lepené lamelové dřevo třídy pevnosti GL28h. Mezní hodnoty pro nosné ocelové konstrukce byly brány z norem pro navrhování ocelových konstrukcí třídy pevnosti S355.

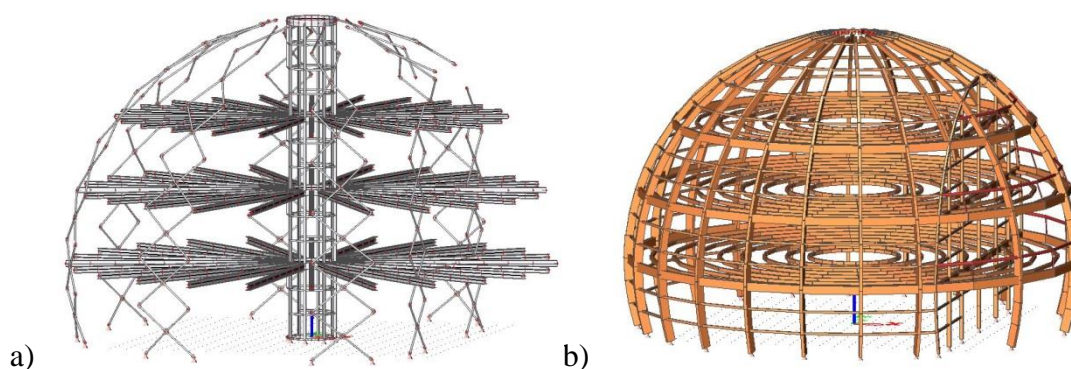
Konstrukce vícepatrového objektu byla dimenzována na následující proměnná zatížení:

- Klimatické zatížení větrem s výchozí základní rychlostí větru $v_{b,0} = 25$ m/s, odpovídající II. větrové oblasti a kategorií terénu III (podle ČSN EN 1991-1-4).
- Klimatické zatížení sněhem s charakteristickou hodnotou zatížení sněhem na zemi $s_{k,0} = 1,0$ kN/m², odpovídající II. sněhové oblasti (podle ČSN 1991-1-3).
- Užité zatížení na podlahách a na zábradlích. Charakteristická hodnota pro užité zatížení na podlahách byla uvažována s hodnotou $q_k = 3,0$ kN/m² a užité zatížení na zábradelní konstrukci bylo uvažováno s hodnotou $q_k = 1,0$ kN/m (podle ČSN 1991-1-1).

Žádná další proměnná zatížení nebyla ve statickém výpočtu uvažována a vícepatrová konstrukce tudíž není na jejich přenos dimenzována.

4. Popis konstrukčního řešení vícepatrové konstrukce

Nosná konstrukce je navržena z kombinace materiálu lepeného lamelového dřeva GL28h a oceli S355. Z lepeného lamelového dřeva je navržena vnější část konstrukce a vodorovné podlahové nosníky. Z oceli jsou navrženy podlahové nosníky, ztužidla a konstrukce výtahové šachty.

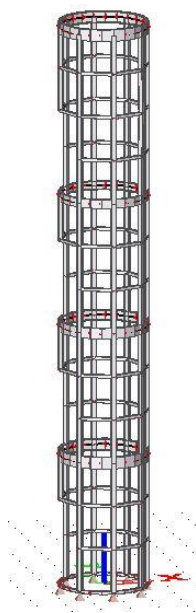


*Obr. 1 – Rozdělení konstrukce
a) Konstrukce z oceli; b) Konstrukce ze dřeva*

Nosná konstrukce je tvořena vnější konstrukcí z dřevěných profilů, konstrukcí výtahové šachty a konstrukcí podlah.

4.1. Ocelové prvky konstrukce

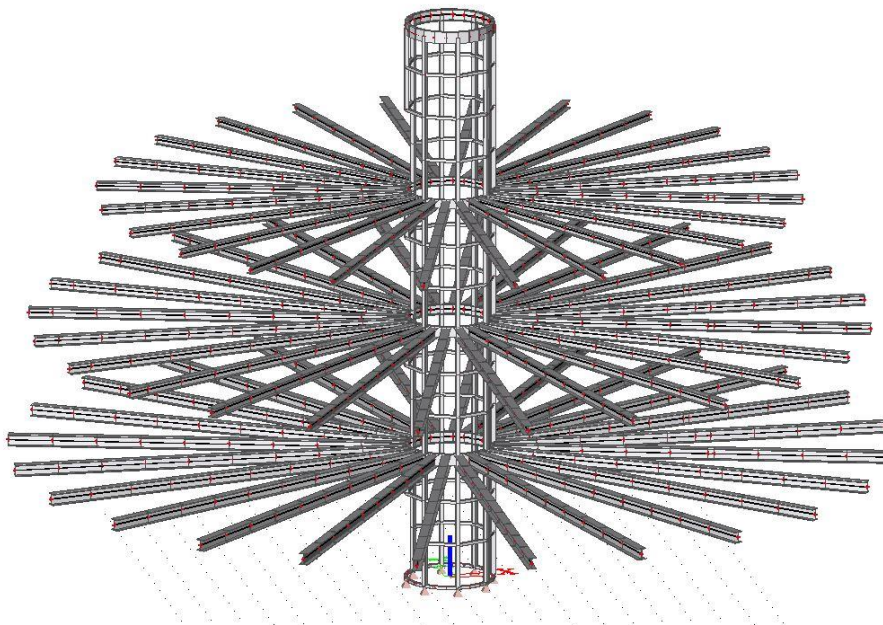
Výtahová šachta je navržena jako celosvařovaná. Sloupy jsou kotveny pomocí kotevních šroubů do betonové patky. Sloupy výtahové šachty jsou z uzavřených čtvercových profilů CFRHS 140x140. Tloušťka tohoto profilu je odstupňována po výšce a začíná na 8 mm a končí na 4 mm. Vodorovné paždíky jsou z uzavřených čtvercových profilů CFRHS 100x100 a jsou z tlouštěk 6 a 3 mm, podle namáhání konstrukce. Paždíky v místech, na kterých jsou uloženy stropní nosníky, jsou z profilů UPE. Tyto profily jsou závislé na výšce stropního nosníku. Použila jsem UPE400, UPE340 a UPE280.



Obr. 2 – Svařovaná konstrukce výtahové šachty

Stropní nosníky jsou z profilů HEA400 pro strop nad 1.NP, HEA 340 pro strop nad 2.NP a HEA 280 pro strop nad 3.NP. Na mezní stav únosnosti by vyhověli i menší profily, ale jelikož jsou stropní nosníky v celku přes celou délku konstrukce a nejsou nikde podporovány, tak jsem s přihlédnutím na mezní stav použitelnosti použila takové profily, které na tento stav vyhověly.

Stropní nosníky jsou ke konstrukci výtahové šachty uchyceny kloubově a to pomocí příložky se šroubovým spojem. Na druhé straně jsou stropní nosníky kloubově uchyceny do dřevěného žebra.



Obr. 3 – Stropní nosníky a konstrukce výtahové šachty

Ztužidla jsou z trubek CFCHS 88,9x3. Jsou rozmístěny po obvodu konstrukce a to v úhlu 30°. Ztužidla budou do konstrukce žebra uchycena pomocí šroubového spoje přes vložený plech v žebře.

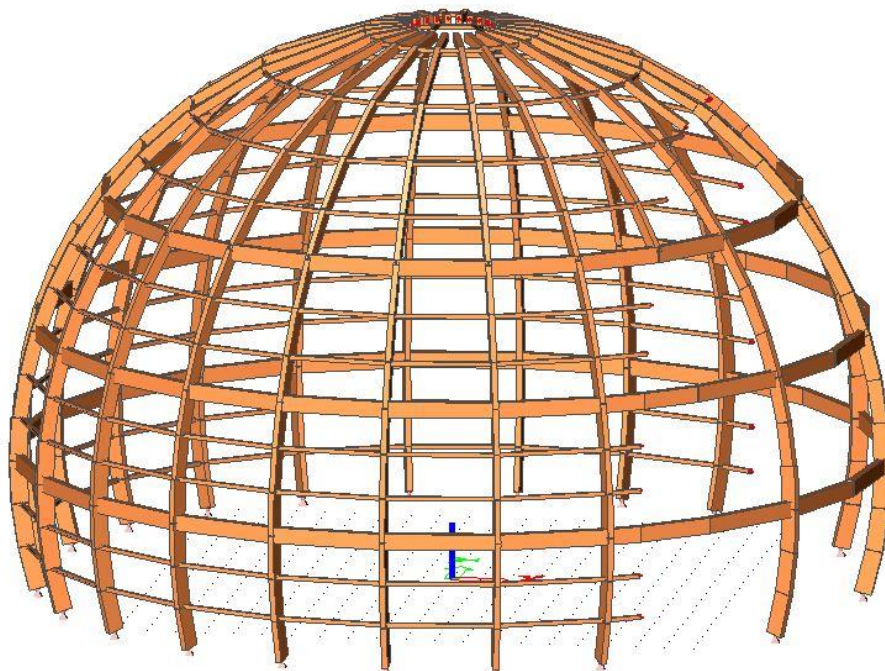
4.2. Dřevěné prvky konstrukce

Žebra jsou obdélníkového průřezu z lepeného lamelového dřeva s jednotnou šířkou 200 mm. Výška průřezu je odstupňována, aby konstrukce nebyla zbytečně předimenzovaná. Největší výška je u kotvení žebra a to 600 mm. Nejmenší výška je v horní části konstrukce a to 320 mm. Žebro je zakřivené. Poloměr zakřivení je 15m. Žebra budou rozdělena na dvě části a na stavbě pomocí montážního spoje budou spojena. Montážní spoj bude ve výšce 10 m.

Žebra jsou půdorysně rozmístěna po 15° po celém obvodu konstrukce. Žebro je do spodní betonové konstrukce uchyceno kloubově a to pomocí čepového ložiska. V horní části je konstrukce kloubově uchycena ke konstrukci výtahové šachty a to pomocí čepového spoje.

Paždíky jsou obdélníkového průřezu z lepeného lamelového dřeva o rozměru 100x140 mm. Po obvodu, kde je konstrukce stropu, jsou paždíky o rozměru 240x550 mm. Tyto paždíky jsou více namáhány, proto potřebují větší dimenzi. Díky větší výšce paždíku v místě stropu, bude konstrukce stropu schována.

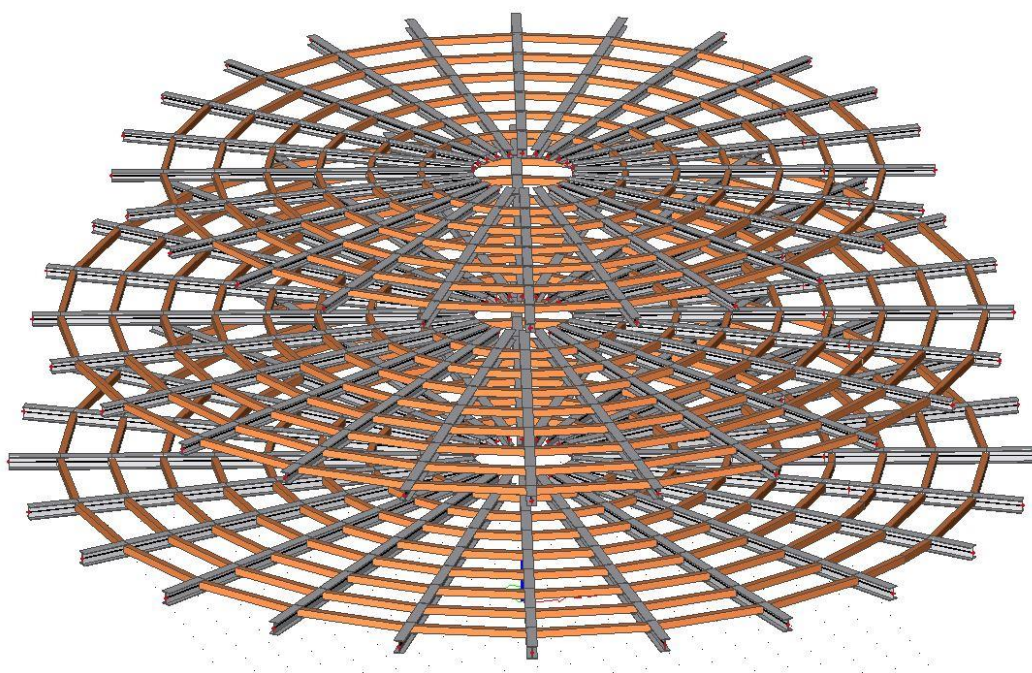
Paždíky budou ke konstrukci žebra uchycena kloubově přes kolíkový a svorníkový spoj.



Obr. 4 – Žebra a paždíky

Stropní nosníky z lepeného lamelového dřeva jsou v každém podlaží z jiného rozměru. Stropní nosníky nad 1.NP jsou o rozměru 190x220 mm, nad 2.NP jsou o rozměru 180x220 mm a nad 3.NP jsou o rozměru 160x200 mm.

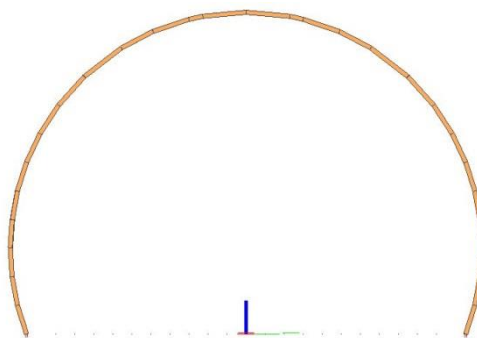
Stropní nosníky jsou kloubově uloženy do ocelových stropních nosníků. Na HEA profil se přivaří plech, do kterého se zasune dřevěný nosník a to se spojí kolíky a svorníky.



Obr. 5 – Dřevěné a ocelové stropní nosníky

Obvodové žebro je obdélníkového průřezu z lepeného lamelového dřeva o rozměru 140x220 mm. Žebro je kloubově uloženo a ukotveno pomocí kotevních šroubů. Aby bylo zachováno kloubové uložení, je nutné tento sloup osadit na trubku o výšce 50 mm a tuto trubku přivařit k patnímu plechu.

Žebro bude na stavbě spojeno pomocí montážních spojů. Do obvodového žebra jsou napojena svislá žebra. Síly, které jdou z těchto svislých žebířů, přebírají sloupce, které podepírají obvodové žebro, proto toto obvodové žebro není z větší dimenze.

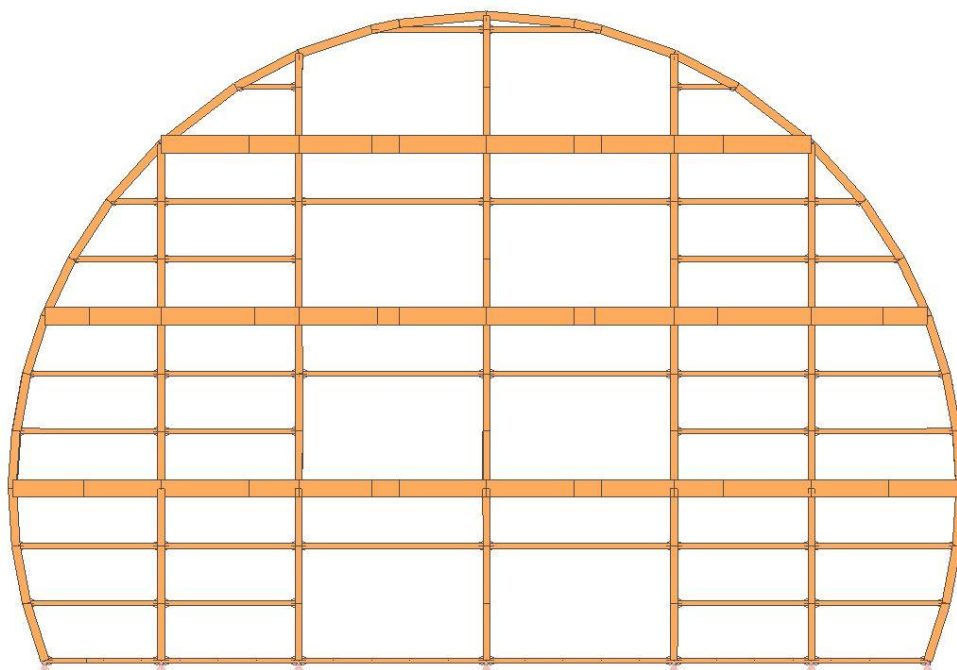


Obr. 6 – Obvodové žebro

Paždíky ve svislé stěně jsou dvojího průřezu. Opět jsou obdélníkového průřezu z lepeného lamelového dřeva. Paždíky, které jsou uloženy ve stejné výšce, jako jsou jednotlivá podlaží, jsou z dimenze 240x460 mm. Zbylé paždíky v této stěně jsou rozměru 100x140 mm. Paždíky jsou opět kloubově připojeny buď do obvodového žebra, nebo do dřevěných sloupů přes vložené plechy a spojeny pomocí kolíkových a svorníkových spojů.

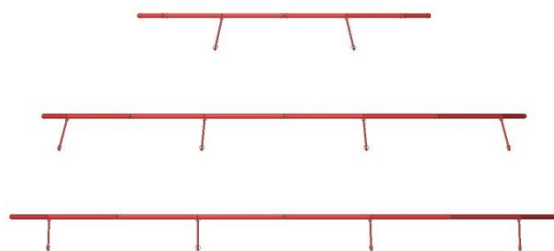
Sloupy jsou proměnného průřezu z lepeného lamelového dřeva. V místě uložení do betonové desky je rozměr průřezu 180x240 mm. Nejmenší rozměr sloupu je čtvercového průřezu 180x180 mm. Sloup je kotven pomocí kotevních šroubů. Aby bylo zachováno kloubové uložení, je nutné tento sloup osadit na trubku o výšce 50 mm a tuto trubku přivařit k patnímu plechu.

Tyto sloupy podepírají obvodové žebro a přenášejí síly ze svislých žebírek do základů.



Obr. 7 – Svislá stěna – paždíky, sloupy, obvodové žebro

Zábradlí a zábradelní sloupky jsou z rostlého dřeva kruhového průřezu. Zábradlí je průměru 190 mm a zábradelní sloupky průměru 65 mm. Zábradlí je namáháno jak svislou, tak i vodorovnou silou na kterou je nadimenzováno. Zábradelní sloupky jsou použity, aby výplň balkónového zábradlí nebyla velkých rozměrů.



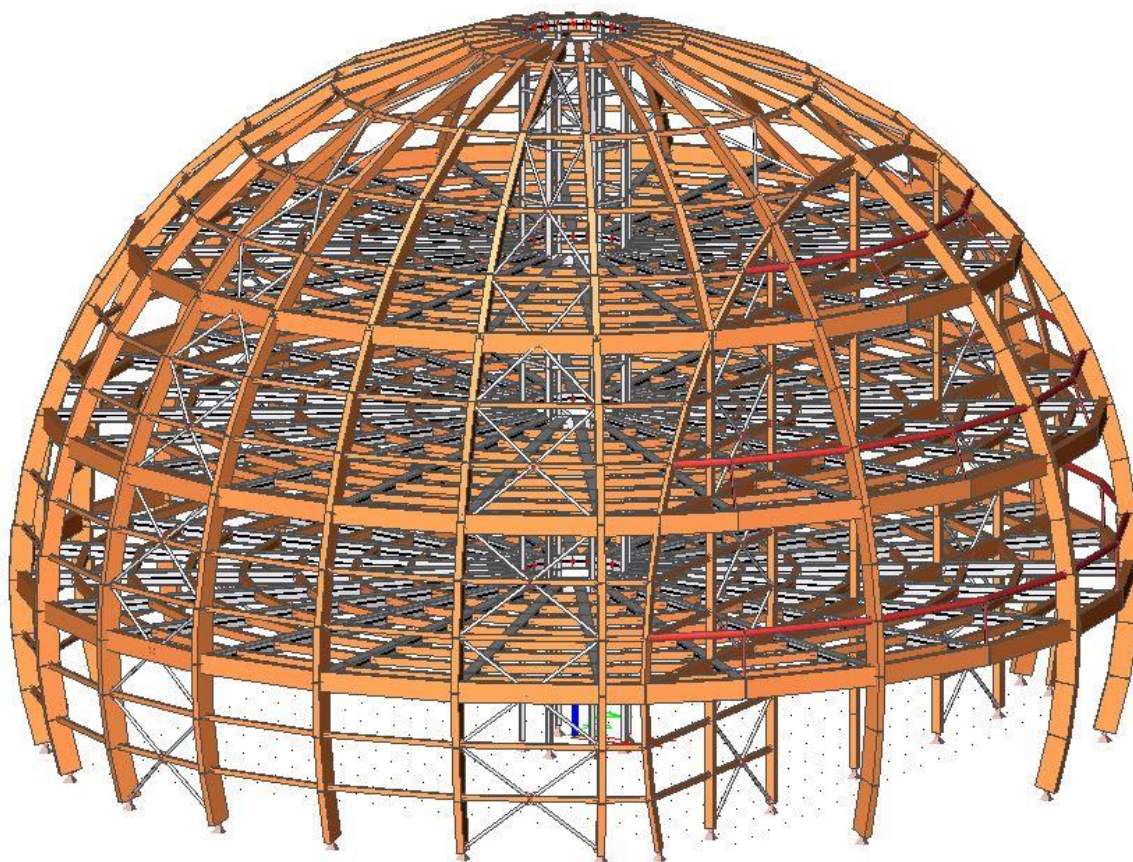
Obr. 8 – Prvky z rostlého dřeva – zábradlí a zábradelní sloupky

Opláštění nosné konstrukce a výtahové šachty je navrženo z ohýbaného skla. Skleněné tabule budou bodově uchyceny do nosné konstrukce pomocí kotvicích terčů.



Obr. 9 – Kotvicí terče

Spoje na nosné konstrukci z dřevěných profilů budou kloubové a řešeny převážně pomocí vložených plechů a jako spojovací prostředky budou převážně sloužit kolíky a svorníky. Kolíky a svorníky slouží pro přenos tahové síly. Pro spoje ocelových profilů bude využito svarových spojů. Spoje pro kombinaci materiálů budou řešeny pomocí příložek. Podrobné řešení spojů je uvedeno ve statickém výpočtu.



Obr. 10 – Řešená konstrukce

5. Popis statického řešení nosné konstrukce

Statická analýza střešní konstrukce byla provedena výpočetním programem Scia Engineer 2014. Výpočtem byly analyzovány prostorové modely nosné konstrukce, a to na účinky stálých a proměnných zatížení, specifikovaných v části 3.

Posouzení mezního stavu únosnosti i použitelnosti nosné konstrukce jako celku i jejích jednotlivých elementů bylo provedeno v souladu s normativním dokumentem ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí a ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí a to s uvažováním globální a lokální ztráty stability prvků.

Nejdříve bylo nutné vytvořit 3D osový model v programu AutoCad, protože nosná konstrukce vícepatrového multifunkčního objektu je složitější. Tento osový model se následně naimportoval do programu Scia Engineer. Nejvíce namáhané prvky byly podrobeny ručnímu výpočtu. Modelování jednotlivých prvků je popsáno ve statickém výpočtu.

6. Ochrana konstrukce

6.1. Ochrana dřeva

Veškeré prvky dřevěné nosné konstrukce musí být opatřeny ochrannými prostředky, splňujícími požadavky na působení dřevěné konstrukce z rostlého a lepeného lamelového dřeva v daném prostředí. Současně je nutné vyhovět hygienickým požadavkům, požadavkům na ochranu prostředí a architektonickým požadavkům na estetický vzhled konstrukce.

Konstrukční ochrana dřeva musí být provedena tak, aby bylo dřevo chráněno proti znehodnocení biotickými činiteli, ohněm a povětrnostními vlivy. Cílem konstrukční ochrany dřeva je zabránit působení a udržování vody na povrchu dřeva nebo případný její rychlý odtok. Dřevěné prvky se nesmí při skladování ani při zabudování zakrývat či uzavírat, tak aby nevznikly optimální podmínky pro rozvoj hub. Dále musí být dřevěné prvky uloženy tak, aby bylo omezeno nebo vyloučeno působení biotických činitelů.

Dostatečná fyzikální ochrana bude doplněna ochranným nátěrem proti biotickým škůdcům – WOLMANIT CX-S.

6.2. Ochrana oceli

Veškeré prvky ocelové konstrukce objektu budou opatřeny protikorozním nátěrovým systémem v souladu s ČSN EN ISO 129 44 (korozivní prostředí C2, resp. C3). Ocelové prvky (včetně spojovacích) budou použity pozinkované.

7. Požárně bezpečnostní řešení

Veškeré prvky v konstrukci musí splňovat požadavky požární odolnosti. Navržené prvky splňují požadavky pro konstrukci se shromažďovacím charakterem. Požárně bezpečnostní řešení nebylo v rámci diplomové práce zpracováno.

Konstrukce žeber z lepeného lamelového dřeva byla posouzena na požární odolnost. Tato část konstrukce vyhoví na požární odolnost R45. Dominantním proměnným zatížením je zatížení užité.

8. Montážní postup

Montáž nosné konstrukce bude řešena v montážní dokumentaci. Členění konstrukce na montážní celky je závislé na použité mechanizaci (jeřábu), resp. parametřů (nosnost, vyložení) a pozice při montáži a dále na možnostech transportu konstrukčních celků na místo stavby.

Jednotlivé montážní celky budou kompletovány na stavbě. Přeprava na stavbu bude provedena dle předpisů pro nadměrný náklad. Jednotlivé kusy nesmí být převáženy v poloze na měkkou osu.

Postup montáže nosné konstrukce:

- Montáž středové konstrukce pro výtahovou šachtu. Na tuto konstrukci se budou pomocí čepového spoje uchycovat zakřivená žebra. Konstrukce výtahové šachty je navržena jako celosvařovaná
- Montáž zakřivených žeber, která budou uložena na čepových ložiscích a nahoře uchycena na konstrukci výtahové šachty
- Montáž dřevěných sloupů
- Montáž pažníků
- Montáž ocelových a dřevěných stropních nosníků po jednotlivých podlažích
- Montáž ocelových táhel.
- Montáž skleněného opláštění

9. Plán kontroly spolehlivosti konstrukcí

Konstrukce a všechny její části budou provedeny v souladu s ČSN 73 2810 Dřevěné konstrukce – Provádění a v souladu s ČSN EN 1090-2: Provádění ocelových konstrukcí a hliníkových konstrukcí.

Při výrobě a montáži je třeba provádět průběžnou kontrolu, a to zejména předepsaných rozměrů a geometrie prvků a konstrukčních detailů, především spojů a přípojí. Jedná se o kontroly vizuální a kontroly měřením.

Dále je nutné konstrukci kontrolovat a udržovat dle podmínek, které stanoví výrobce.

10. Výkaz výměr

Ocel S355 (profily)	102365,5 kg
Dřevo GL28h	148,43 m ³
Dřevo C24	1,9707 m ³
Desky z materiálů na bázi dřeva	4,6255 m ²

11. Důležitá upozornění

- Veškeré viditelné prvky budou provedeny z materiálů v pohledové kvalitě
- Materiálové charakteristiky rostlého a lepeného lamelového dřeva byly uvažovány pro třídu provozu (vlhkosti) 2 (ČSN EN 1995-1-1).
- Při výrobě dřevěných prvků konstrukce z lepeného lamelového a rostlého dřeva je třeba dodržovat požadavky příslušných norem uvedených v odst. 2.
- Při výrobě ocelových prvků konstrukce je třeba dodržovat požadavky příslušných norem uvedených v odst. 2.
- Je nutné dodržení všech konstrukčních zásad pro dřevěné a ocelové konstrukce.