



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

EXPERIMENTÁLNÍ DŮM PRO RODINNÉ BYDLENÍ

THE EXPERIMENTAL FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Barbora Švorcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav kovových a dřevěných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Barbora Švorcová
Název	Experimentální dům pro rodinné bydlení
Vedoucí práce	doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

prof. Ing. Marcela Karmazínová, CSc.
Vedoucí ústavu

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

PODKLADY A LITERATURA

Tvarové a dispoziční uspořádání objektu.

Základní normativní dokumenty:

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 vnější nosné konstrukce experimentálního komplexu pro rodinné bydlení, který sestává z kopule průměru cca 24 m a domu ve vnitřním prostoru.

Konstrukci kopule navrhnete ze dřeva / materiálů na bázi dřeva. Pro dům vypracujte studii alternativního uspořádání konstrukce s využitím dřeva a materiálů na bázi dřeva.

Volba materiálu, základních dispozičních a konstrukčních parametrů je součástí bakalářské práce.

Požadované výstupy:

1. Studie konstrukčního uspořádání
2. Technická zpráva
3. Statický výpočet základních nosných prvků, kotvení a směrných detailů
4. Výkresová dokumentace dle specifikace vedoucího bakalářské práce

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

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

doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je návrh vnější nosné konstrukce experimentálního komplexu pro rodinné bydlení. Navržený komplex má podobu samostatně stojící kopule, která zastřešuje rodinný dům. Prostor kolem objektu pod kopulí přitom dává vzniknout netradiční zimní zahradě. Konstrukce zastřešení byla z hlediska geometrie navržena a posouzena ve dvou variantách, ve tvaru geodetické a žebrové kopule, jejíž průměr je 24 m a výška 12 m. Uvažovaným materiálem žebrové kopule je lepené lamelové dřevo. Geodetická kopule byla řešena kromě dřevěného také v ocelovém provedení. V rámci bakalářské práce bylo řešeno zatížení konstrukce, mezní stavy a návrh hlavních spojů. Dům pod kupolí byl řešen formou studie alternativních uspořádání konstrukce. Uvažována byla kromě tradiční sloupkové dřevostavby také stavba z panelů z křížem lamelovaného dřeva.

KLÍČOVÁ SLOVA

dřevěné konstrukce, ocelové konstrukce, lepené lamelové dřevo, ocel, kopule, geodetická kopule, Fuller, žebrová kopule, sloupková dřevostavba, křížem lamelované dřevo, křížem lepené lamelové dřevo

ABSTRACT

The subject of the bachelor thesis is the design of an experimental residential house. The proposed structure has the form of a free-standing dome, which covers a building located inside. The area around the building under the dome creates space for an unconventional winter garden. The construction of the roof was designed and assessed in terms of geometry in two variants, in the shape of a geodesic and ribbed dome, with diameter 24 m and height 12 m. The considered material of the ribbed dome is glued laminated timber. In addition to the wooden one, the geodesic dome was also designed in a steel variant. Within the bachelor's thesis, the structural load, limit states and design of the main joints were dealt with. The house under the dome was considered in the form of a study of possible designs. In addition to the traditional light-frame construction, a structure made of panels of cross-laminated timber was also assessed.

KEYWORDS

timber structure, steel structure, glued laminated timber, glulam, steel, dome, geodesic dome, Fuller, ribbed dome, light-frame construction, cross-laminated timber

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Barbora Švorcová *Experimentální dům pro rodinné bydlení*. Brno, 2021. 25 s., 99 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav kovových a dřevěných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Milan Šmak, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Experimentální dům pro rodinné bydlení* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 28. 5. 2021

Barbora Švorcová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Experimentální dům pro rodinné bydlení* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

Barbora Švorcová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat panu doc. Ing. Milanu Šmakovi, PhD. za vstřícný přístup při konzultacích, trpělivé zodpovídání mých dotazů a podnětné připomínky k mé bakalářské práci. Mé díky patří také rodině a příteli, bez jejichž podpory by tato práce nemohla vzniknout.

OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

A Technická zpráva

B Statický výpočet

C Příloha ke statickému výpočtu

D Výkresová dokumentace



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

EXPERIMENTÁLNÍ DŮM PRO RODINNÉ BYDLENÍ

THE EXPERIMENTAL FAMILY HOUSE

TECHNICKÁ ZPRÁVA

ENGINEERING REPORT

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Barbora Švorcová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILAN ŠMAK, Ph.D.

BRNO 2021

OBSAH

1. ÚVOD.....	1
2. PŘEDPOKLADY NÁVRHU KONSTRUKCE KOPULE.....	1
Umístění stavby.....	2
Zatížení	3
3. VARIANTY KONSTRUKCE KOPULE.....	4
Varianta A – Geodetická kopule z lepeného lamelového dřeva	5
Varianta B – Ocelová geodetická kopule.....	6
Varianta C – Žebrová kopule z lepeného lamelového dřeva.....	7
Vyhodnocení variant.....	8
Předběžný odhad ceny	8
Výsledek zhodnocení	8
4. POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE KOPULE VYBRANÉ VARIANTY	8
Geometrie.....	8
Materiál.....	9
Hlavní nosné prvky konstrukce	9
5. VÝROBA A MONTÁŽ	10
Výroba hlavních nosných prvků konstrukce kopule	10
Doprava	11
Postup montáže konstrukce kopule	11
Ochrana ocelových prvků.....	11
Ochrana dřevěných prvků.....	11
6. STUDIE RODINNÉHO DOMU	12
Sloupková dřevostavba	12
a) Popis technologie.....	12
b) Konstrukční prvky RD	13
c) Materiál nosné konstrukce	13
d) Postup montáže	13
e) Schéma skladebného řešení pro dispozici RD.....	15
Dřevostavba z CLT panelů.....	18
a) Popis technologie.....	18

b) Konstrukční prvky rodinného domu	18
c) Postup montáže	19
d) Schéma skladebného řešení pro dispozici RD	20
7. POUŽITÉ DOKUMENTY A SOFTWARE.....	23
NORMY.....	23
LITERATURA.....	23
INTERNETOVÉ ZDROJE	23
SOFTWARE	23
8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	24
9. SEZNAM OBRÁZKŮ.....	24
10. SEZNAM TABULEK	25

1. ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je návrh a posouzení konstrukce atypického zastřešení rodinného domu ve tvaru samostatně stojící kopule a provedení studie konstrukce rodinného domu pod kopulí.

Konstrukce zastřešení má tvar polokoule o průměru 24 m a výšce 12 m. Byla navržena a rozpracována ve třech variantách, a to jako geodetická kopule v provedení ze dřeva, oceli a jako kopule žebrová ze dřeva.

Rodinný dům je uvažován jako přízemní o vnějších půdorysných rozměrech 10 x 12,5 m. Staticko – konstrukční návrh prvků RD není předmětem bakalářské práce.

Návrh nosné konstrukce zastřešení byl proveden v souladu s těmito platnými normativními dokumenty:

- ČSN EN 1990: Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí
- ČN EN 1991-1-1: Eurokód 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 1993-1-1: Eurokód 2: Navrhování ocelových konstrukcí – část 1-1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- ČSN EN 1995-1-1: Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – část 1-1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

Pro výpočet vnitřních sil a posouzení konstrukce byl použit následující software:

- Dlubal RFEM
- MS Office 365 – MS Excel

2. PŘEDPOKLADY NÁVRHU KONSTRUKCE KOPULE

Statické posouzení nosné konstrukce bylo provedeno na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

- Mezní stav únosnosti je dán mezními hodnotami pro nosné prvky získanými z návrhových hodnot pro lepené lamelové dřevo třídy GL24h a ocel S 235, které jsou porovnávány s nejnepříznivější kombinací návrhových hodnot zatížení dle rovnice 6.10 normy ČSN EN 1990
- Mezní stav použitelnosti je dán normovými mezními hodnotami přetvoření pro nosné dřevěné, nebo ocelové konstrukce, které jsou porovnány s nejnepříznivější kombinací charakteristických hodnot.

Umístění stavby

Konstrukce bude umístěna do Jihočeského kraje, konkrétně do Výrova (část města Husinec). Stavba se bude nacházet v nadmořské výšce 530 m n. m. Oblast se nachází ve větrné oblasti II a ve sněhové oblasti III.



Obrázek 1 Lokalita

[10]



Obrázek 2 Pozice stavby

[10]

Zatížení

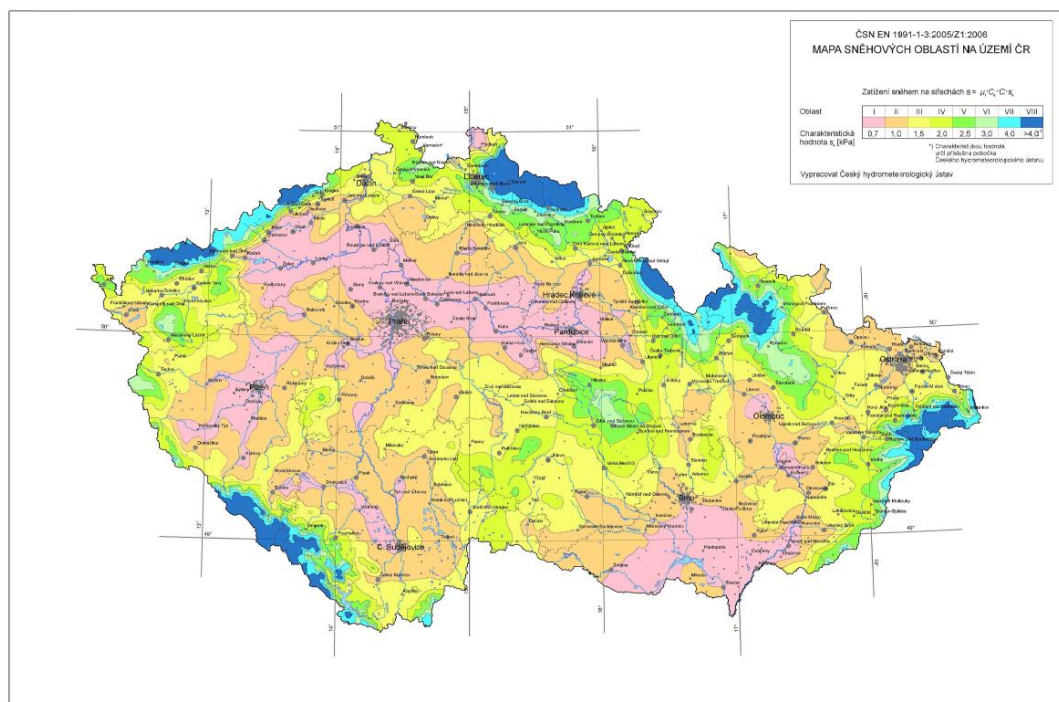
Nosná konstrukce byla dimenzována na kombinaci následujících zatížení:

- Vlastní tíha konstrukce – vygenerována programem RFEM od firmy ING. SOFTWARE DLUBAL, s.r.o.
- Ostatní stálé zatížení – tíha střešního pláště – $g_{k1} = 0,027 \text{ kN.m}^{-2}$
- Klimatické zatížení sněhem – III. sněhová oblast - $s_{k,0} = 1,5 \text{ kN.m}^{-2}$ (dle ČSN 1991-1-3).
- Klimatické zatížení větrem s hodnotou základní rychlosti větru $v_{b,0} = 25 \text{ m/s}$ II. větrová oblast, kategorie terénu III (dle ČSN EN 1991-1-4)

Přehled zatěžovacích stavů:

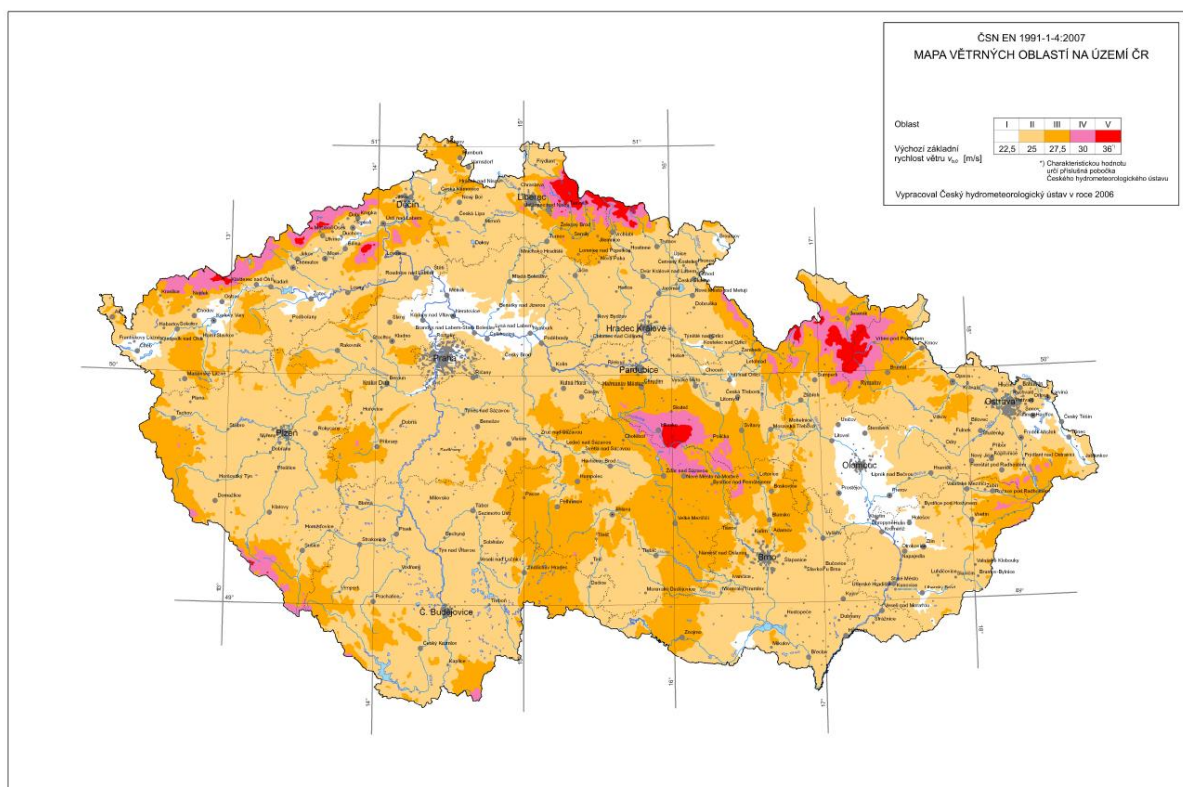
Označení	Název	Druh zatížení
ZS1	Vlastní tíha a ostatní stálé	Stálé
ZS2	Sníh plný	Proměnné
ZS3	Sníh navátý 1	Proměnné
ZS4	Sníh navátý 2	Proměnné
ZS5	Vítr	Proměnné

Tabulka 1 Zatěžovací stavy



Obrázek 3 Mapa sněhových oblastí

[2]



Obrázek 4 Mapa větrných oblastí

[2]

3. VARIANTY KONSTRUKCE KOPULE

Nosná konstrukce zastřešení je řešena ve třech variantách:

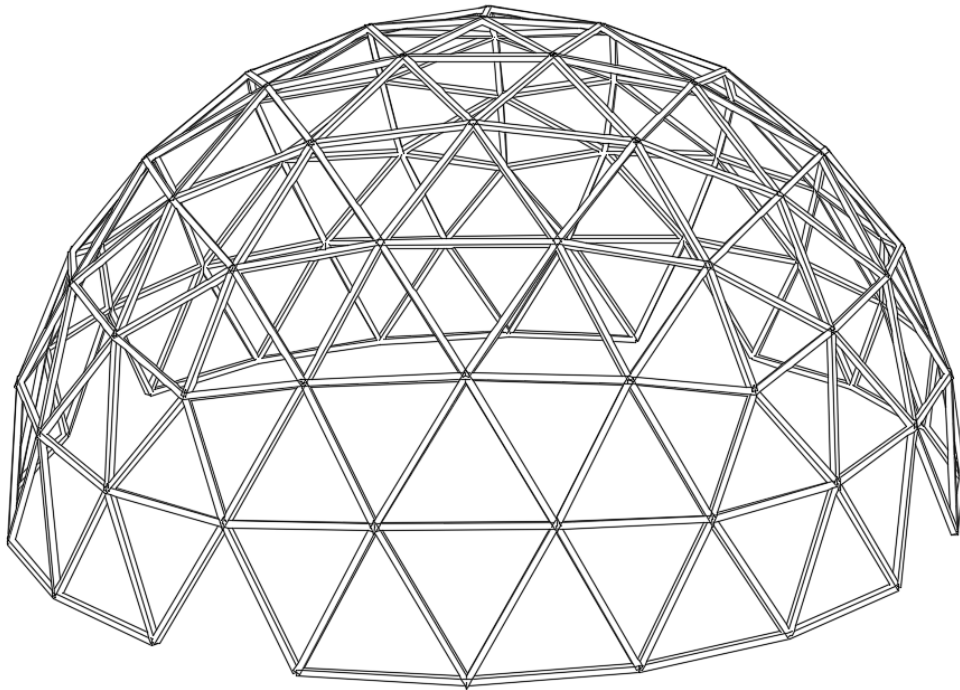
- Varianta A - Geodetická kopule z lepeného lamelového dřeva
- Varianta B - Geodetická kopule z oceli
- Varianta C - Žebrová kopule z lepeného lamelového dřeva

Materiál:

- Dřevěné varianty:
 - lepené lamelové dřevo GL24h
 - ocel S 235, ocel S 355
 - ocel 5.8, ocel 8.8, ocel 10.9
- Ocelová varianta:
 - ocel S 235

Varianta A – Geodetická kopule z lepeného lamelového dřeva

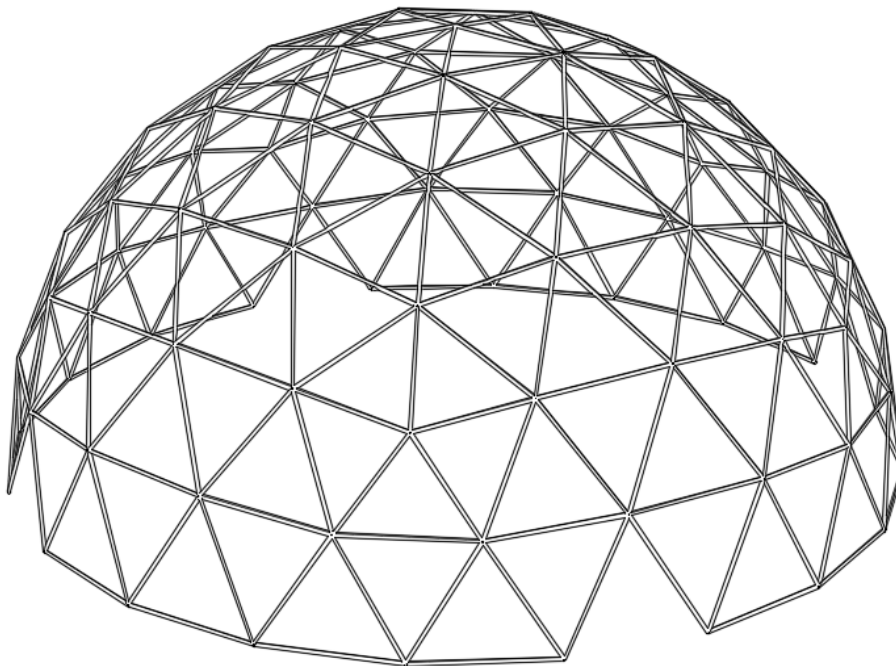
Nosná konstrukce je navržena z lepeného lamelového dřeva GL24h. Z hlediska statického systému je řešena jako geodetická kopule. Skládá se z 246 prutů šesti různých délek uspořádaných dle pravidel geodetické sféry na základě dvacetistěnu. Střešní plášť je navržen z dutinových polykarbonátových desek ve vlastním nosném rámu, který je osazen na konstrukci kopule prostřednictvím podpůrných prvků v místech styčnicků. Je umožněn posuv segmentů opláštění, který dovoluje otevřít nejvýše 1/3 plochy opláštění. Kopule je kloubově uložena s použitím čepového spoje z konstrukční oceli S 235. Spoje jsou modelovány jako kloubové. Dimenze základních nosných prvků z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h je jednotná 120 x 200 mm. Uspořádání konstrukce kopule je patrné z Obrázku 5.



Obrázek 5 Geodetická kopule z LLD

Varianta B – Ocelová geodetická kopule

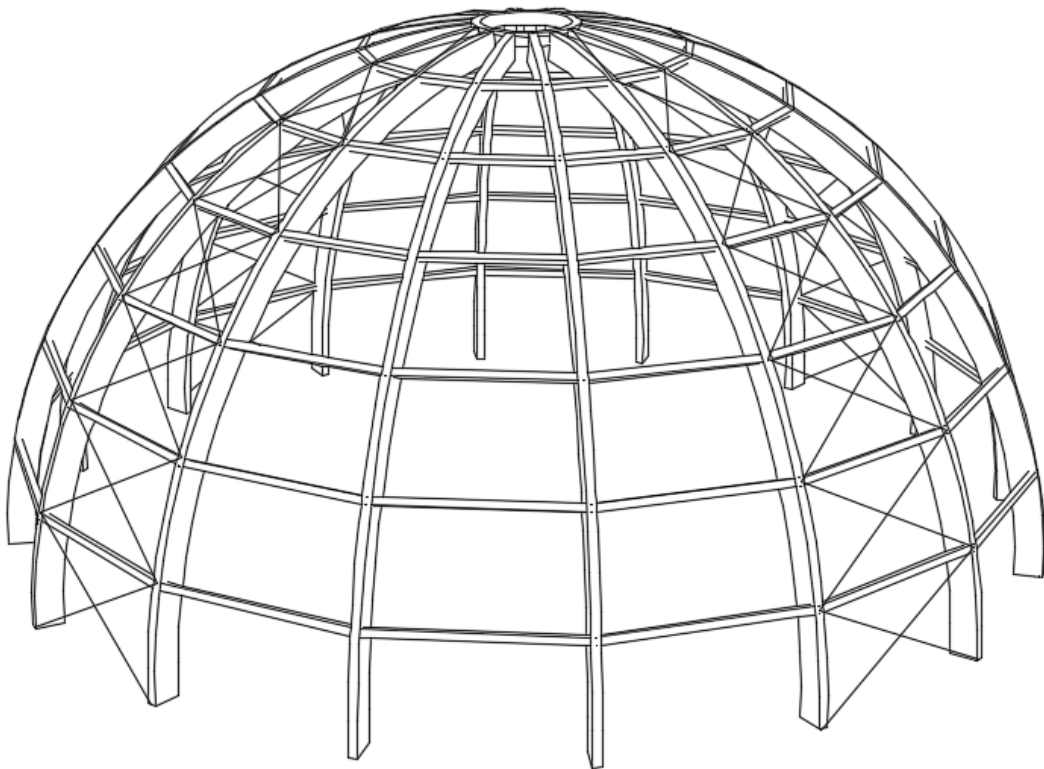
Nosná konstrukce je navržena z oceli S235. Z hlediska statického systému je řešena jako geodetická kopule. Skládá se z 246 prutů šesti různých délek uspořádaných dle pravidel geodetické sféry na základě dvacetistěnu. Střešní plášť je navržen z dutinových polykarbonátových desek ve vlastním nosném rámu, který je osazen na konstrukci kopule prostřednictvím podpůrných prvků v místech styčnicků. Je umožněn posuv segmentů opláštění, který dovoluje otevřít nejvýše 1/3 plochy opláštění. Kopule je kloubově uložena s použitím čepového spoje z konstrukční oceli S 235. Spoje jsou modelovány jako kloubové. Základní nosné prvky jsou navrženy z ocelových trubek kruhového průřezu dimenze $\varnothing 88,9 \times 3,2$ mm. Uspořádání konstrukce kopule je patrné z Obrázku 6.



Obrázek 6 Geodetická kopule ocelová

Varianta C – Žebrová kopule z lepeného lamelového dřeva

Nosná konstrukce je navržena z lepeného lamelového dřeva GL24h. Z hlediska statického systému je řešena jako žebrová kopule. Skládá se z 16 žeber o délce 17,6 m. Žebra staticky působí jako dvoukloubové oblouky usazené prostřednictvím čepových spojů na kotevní bloky a ocelový prstenec ve vrcholové části. Na žebra jsou prostřednictvím ocelových plechů osazeny vodorovné pruty (vaznice), které staticky působí jako prosté nosníky. Prostorová tuhost a tvarová neměnnost je zajištěna ocelovými ztužidly z tyčí kruhového průřezu $\varnothing 12$ mm oceli S 235. Střešní plášť je navržen z dutinových polykarbonátových desek ve vlastním nosném rámu, který je osazen na konstrukci kopule prostřednictvím podpůrných prvků v místech styčniců. Je umožněn posuv segmentů opláštění, který dovoluje otevřít nejvýše 1/3 plochy opláštění. Kopule je kloubově uložena s použitím čepového spoje z konstrukční oceli S 235. Spoje jsou modelovány jako kloubové. Dimenze žeber z lepeného lamelového dřeva třídy pevnosti GL24h je 200 x 640 mm, vodorovné pruty ze stejného materiálu jsou navrženy o rozměrech 160 x 160 mm. Uspořádání konstrukce kopule je patrné z Obrázku 7.



Obrázek 7 Žebrová kopule z LLD

Vyhodnocení variant

Předběžný odhad ceny

Varianta	A	B	C
Teoretická délka prutů [m]	881,7	881,7	382,3*
			281,6**
Průřez [mm ²]	24000	861,6	25600*
			128000**
Objem [m ³]	21,16	0,76	45,96
Hmotnost [kg]	8041	5963	17463
Jednotková cena [Kč/m ³]	20000		22000
Jednotková cena [Kč/kg]		120	
Celková cena	423 200 Kč	715 600 Kč	1 011 100 Kč

Tabulka 2 Cena materiálu

*pro vaznice

** pro žebra

Výsledek zhodnocení

Na základě předběžného odhadu ceny konstrukce, s přihlédnutím k náročnosti montáže a deformacím konstrukce byla k podrobnějšímu zpracování zvolena geodetická kopule z lepeného lamelového dřeva (Varianta A).

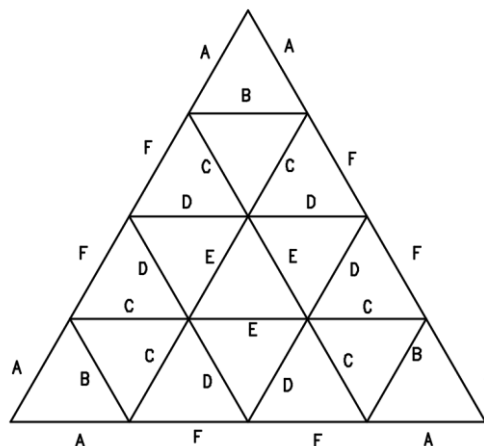
4. POPIS NOSNÉ KONSTRUKCE KOPULE VYBRANÉ VARIANTY

Geometrie

Geometrie geodetické kopule je odvozena z dvacetistěnu. Byla modelována jako geodetická sféra o průměru 24 m. Úhel mezi sousedními vrcholy původního dvacetistěnu byl v našem případě rozdělen třemi paprsky na čtyři stejně velké úhly. Jedná se tedy o frekvenci dělení čtvrtého stupně. Spojnice průsečíků paprsků s kulovou plochou udává teoretické délky prutů mezi původními vrcholy dvacetistěnu. Původní stěna dvacetistěnu je takto „rozdělena“ na 16 trojúhelníků, jejichž vrcholy leží na téže kulové ploše. Konstrukci polokoule modelované tímto způsobem tvoří 250 prutů. Za účelem zřízení vstupů byly odebrána 4 pruty. Ve výsledném statickém schématu se tedy vyskytuje 246 prutů šesti různých délek, pohybujících se od 3,038 do 3,899 m.

délky prutů:

- A - 3 038 mm
- B - 3 543 mm
- C - 3 534 mm
- D - 3 754 mm
- E - 3 899 mm
- F - 3 583 mm



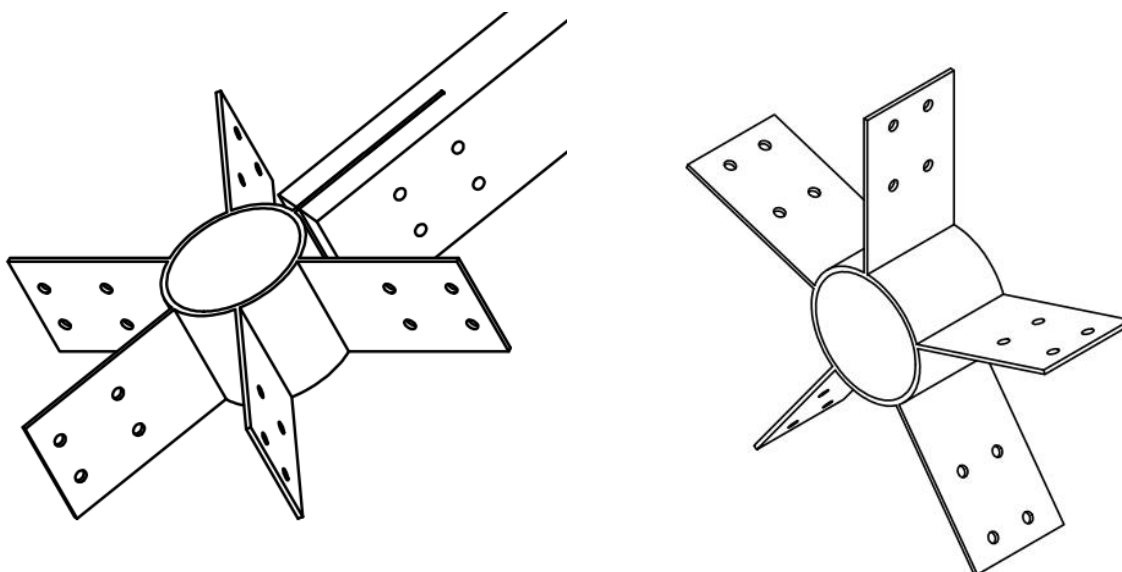
Obrázek 8 Geometrie geodetické kopule

Materiál

- Dřevěné pruty:
 - lepené lamelové dřevo GL24h
- Konstrukční prvky:
 - ocel pevnostní třídy 8.8
 - ocel S235
- Základová konstrukce:
 - Beton 20/25
 - Chemická kotva HILTI HAS-U 5.8 M16 + lepicí hmota HIT-HY 200

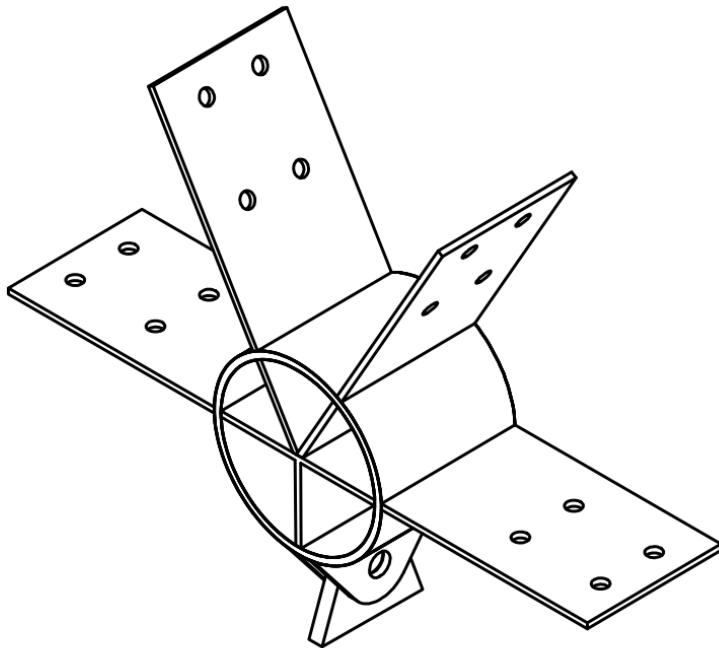
Hlavní nosné prvky konstrukce

Hlavními nosnými prvky konstrukce jsou dřevěné pruty, styčníky a prvky zprostředkovávající uložení a kotvení kopule. Pruty jsou navrženy z lepeného



Obrázek 9 Styčníky

lamelového dřeva třídy GL24h a mají jednotný průřez 120x200 mm. Jednotlivé pruty jsou spojeny ve styčnicku tvořeném ocelovou trubkou o vnějším průměru 25 mm a tloušťce stěny 10 mm, na niž jsou navařeny plechy o tloušťce 8 mm. Plechy jsou vkládány do dlabů na koncích dřevěných prutů a zajištěny čtyřmi svorníky o průměru 20 mm z oceli pevnostní třídy 8.8. Uložení kopule je realizováno prostřednictvím čepového spoje. Ten tvoří dva plechy tloušťky 10 mm navařené na ocelovou trubku ½ V swarem. Mezi nimi (s rozestupy 1 mm z každé strany) je vložen ocelový plech tloušťky 20 mm navařený na patní plech tloušťky 10 mm koutovým swarem. Průměr čepu je 30 mm. Konstrukce bude ukotvena do patek z prostého betonu prostřednictvím kotevních šroubů HILTI HAS-U 5.8 M16 v kombinaci s lepicí hmotou HIT-HY 200. Rozměry patního plechu jsou 200 x 300 mm. Podlité bylo navrženo v tloušťce 20 mm.



Obrázek 10 Čepový spoj

5. VÝROBA A MONTÁŽ

Výroba hlavních nosných prvků konstrukce kopule

Výroba prvků z lepeného lamelového dřeva se realizuje ve výrobních závodech z řeziva o konečné tloušťce 40 mm. Dřevěné lamely o délce 1,5 – 5 m se nejprve vysuší na požadovanou vlhkost (nejvýše 15 %). Po kontrole vlhkosti se lamely

předběžně frézují a třídí. Provede se úprava konců řeziva. Lamely se ukládají do hrání. V další výrobní fázi jsou nastavovány zubovitým spojem a lisovány po dobu alespoň dvou sekund. Tímto postupem vzniká tzv. nekonečná lamela, která se poté upravuje na požadované délky. Lamely jsou opět ukládány do hrání a frézovány. Následně se na ně nanese lepidlo, jsou uloženy nastojato a zalisovány pod dostatečně velkým tlakem. Takto vyrobené přímé nosníky jsou v rámci konečné úpravy frézováním zbaveny přebytečného lepidla. Zároveň se opatří potřebnými dlaby a otvory pro realizaci spojů a provede se ošetření materiálu.

Výroba základních ocelových prvků probíhá ve výrobním závodě v souladu s platnými normovými předpisy.

Doprava

Vzhledem k rozměrům jednotlivých prvků konstrukce nejsou kladeny speciální požadavky na přepravu. Celá konstrukce může být na místo transportována standardní nákladní dopravou.

Postup montáže konstrukce kopule

V první fázi výstavby se provede betonáž základů. Po dostatečném vyžrání betonu budou dle geodetického zaměření přes šablony vyvrtány otvory pro lepené kotvy. Vyvrtané otvory se opatří lepicí hmotou a osadí se kotevní prvky. Prostřednictvím čepových spojů navařených koutovými svary na patní plech se osadí první řada prutů. Pruty jsou z výroby opatřeny otvory pro šrouby a na stavbě se osazují na ocelové styčníky, k nimž se připojují pomocí svorníků. Veškeré trubkové spoje budou opatřeny víčky. Montáž probíhá odspoda nahoru, přičemž je konstrukce dočasně zajišťována vzpěrami. Montáž hlavní nosné konstrukce se ukončí uzavřením kopule vrcholovým styčnickem. V další fázi montáže se provede opláštění konstrukce.

Ochrana ocelových prvků

Ocelové části konstrukce budou opatřeny ochrannými nátěry. Před nanesením první vrstvy nátěru musí být konstrukce řádně očištěna. Odstranění olejů a mastnoty se provede odmašťovacím přípravkem. Další nečistoty se odstraní tryskáním vodou. Ochranný nátěr bude proveden ve formě základního nátěru, antikoroziční vrstvy a krycí vrstvy.

Ochrana dřevěných prvků

Veškeré dřevěné prvky je nutné opatřit impregnací proti škůdcům, dřevokaznému hmyzu a houbám. Provede se také chemický postřik pro snížení hořlavosti a šíření ohně. Povrch se nakonec opatří nátěrem z bezbarvého laku. Veškeré prvky z lepeného lamelového dřeva budou z výroby vysušeny na požadovanou vlhkost. I

v průběhu výstavby je nutné zajistit dřevěným prvkům potřebnou ochranu proti vlhkosti.

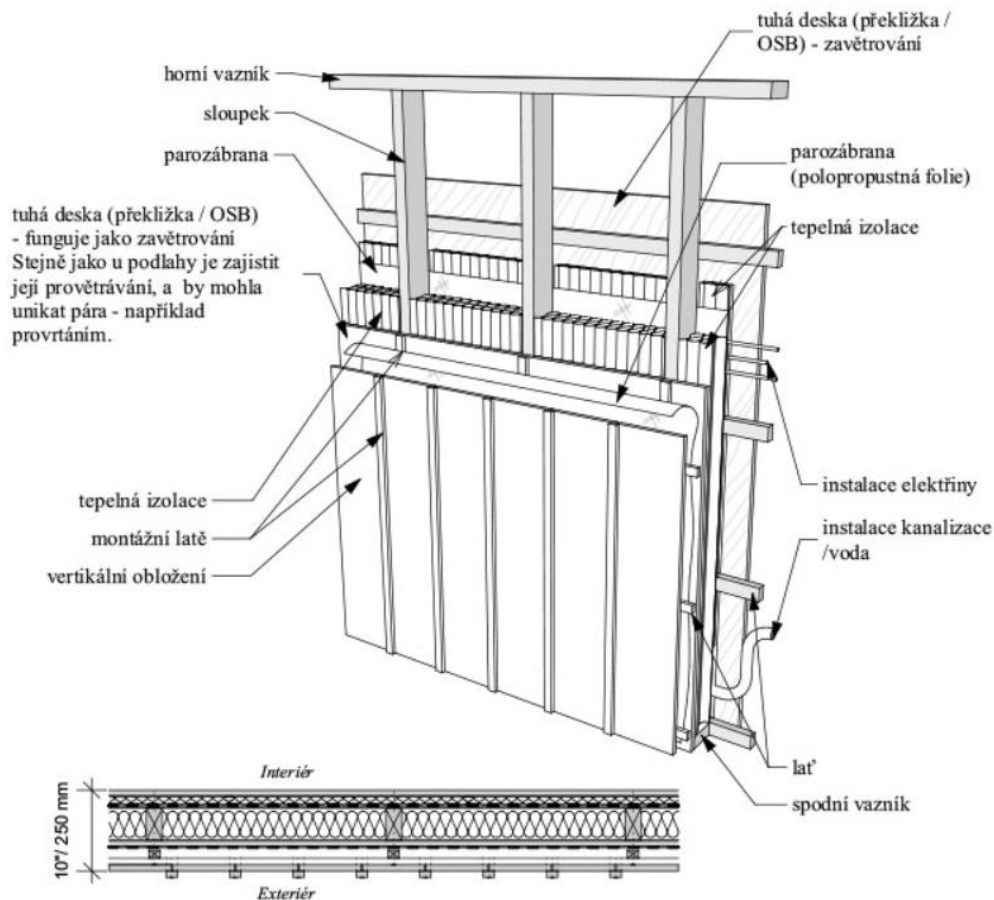
6. STUDIE RODINNÉHO DOMU

Sloupková dřevostavba

a) Popis technologie

Sloupková neboli rámová dřevostavba se řadí mezi lehké dřevostavby. Tato technologie má původ ve Spojených státech, kde se pro ni vžil název *two by four*. Ten je odvozený z rozměrů sloupků v palcích a používá se dodnes, třebaže dnes využíváme spíše rozměrnější průřezy.

Konstrukce se skládá z tyčových prvků (sloupků, horního a dolního prahu, parapetních, nadpražních a distančních prvků) a účinně připojeného jednostranného nebo oboustranného opláštění. Osová vzdálenost sloupků většinou činí 625 mm (tento modul vychází z rozměrů většiny deskových prvků). Prostorovou tuhost zajišťuje zavětrování konstrukce tuhými deskami. Dnes se nejčastěji používají desky OSB nebo sádrovláknité.



Obrázek 11 Příklad řešení skladby stěny

[14]

Prostor mezi sloupky se vyplňuje tepelnou izolací. Plášť bývá opatřen parozábranou. Z vnější strany je doplněn obložením, nebo omítkou. Tuhou desku na vnitřní straně doplňuje převážně sádkarton, pod nímž jsou tzv. *instalační předstěnou* vedeny inženýrské sítě.

Z hlediska technologie výstavby se nabízí dva základní přístupy. První a dnes jednoznačně převládající je *platform frame*. Při využití této technologie je konstrukce budována postupně po jednotlivých podlažích, přičemž strop stávající konstrukce tvoří platformu pro další patro. Další možností je *balloon frame*, pro niž jsou charakteristické dlouhé sloupky vedoucí průběžně přes všechna podlaží.

Sloupkovou dřevostavbu lze realizovat 3 základními způsoby:

1. ve výrobě se zhotoví jednotlivé kompletní stěnové, stropní a střešní panely a na stavbě se pomocí jeřábu provede montáž
2. předem se připraví jednotlivé díly dřevostavby, konkrétní prvky se opatří případnými tesařskými spoji a na stavbě se předpřipravená rámová soustava sestaví a doplní plošnými prvky opláštění a izolací
3. vše se zhotovuje na stavbě z dovezeného základního materiálu

Každá varianta má své výhody i nevýhody a prakticky se používají všechny způsoby.

b) Konstrukční prvky RD

Nosná konstrukce rodinného domu je tvořena dolními a horními prahy s průřezem 160x80 mm a sloupky o rozměrech 160x60 mm. Stropy jsou sestaveny z profilů 240x140 mm. Konstrukce se z exteriéru zavětruje OSB deskami. Z interiéru plášť uzavřou sádkartonové desky.

c) Materiál nosné konstrukce

Základním konstrukčním materiálem sloupkové dřevostavby je konstrukční dřevo KVH pevnostní třídy C 24. KVH hranoly jsou vysušené, opracované dřevěné prvky. Při výrobním procesu se zbavují vad tak, aby splnily normovou kvalitu. Požadované délky je dosaženo prostřednictvím zubovitých spojů.

d) Postup montáže

Dále uvedený postup montáže předpokládá variantu číslo 2.

1. Ve výrobě se zhotoví jednotlivé prvky konstrukce stěn a stropů, opatří tesařskými spoji pro usnadnění montáže a ošetří se impregnací.
2. Připravená základová deska se opatří vrstvou hydroizolace.
3. Základový práh (nejlépe z modřínového dřeva) se položí na místa budoucích obvodových stěn a příček, polohově a výškově se zaměří, opatří distančními podložkami a připevní se k základové konstrukci pomocí závitových tyčí a chemické kotvy. Prostor pod prahem se vyplní pevnostní maltou.
4. Na základový práh se namontuje spodní práh stěn.

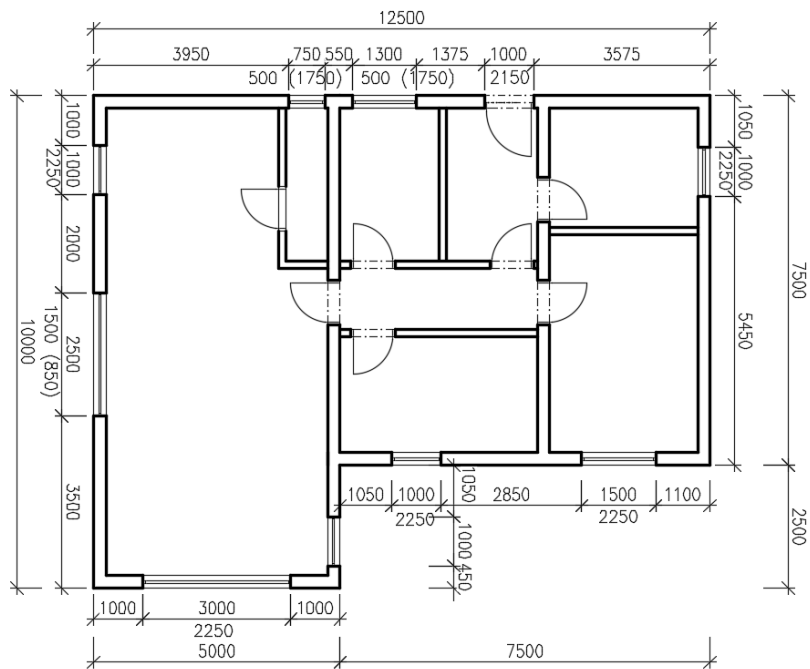
5. K prahu jsou v osových vzdálenostech 625 mm (čtvrtina délky a polovina šířky většiny deskových materiálů) pomocí spojovacích prostředků připojeny sloupky.
6. Na sloupky se osadí horní práh a doplňkové prvky (parapetní, nadpražní, distanční).
7. Celý rám je prostřednictvím prken z vnější strany stěn zavětrován (dočasné zavětrování) – po vytvoření kompaktního obvodového rámu jsou prkna nahrazena OSB deskami.
8. Na horní práh se uloží stropní (resp. střešní) nosníky v osových vzdálenostech 625 mm a záklop z desek OSB.
9. Do prostoru mezi sloupky a střešní nosníky se osadí tepelná izolace (nejčastěji minerální vlna).
10. Vytvoří se předstěna s instalačními rozvody.
11. Do připravené dřevostavby se instalují stavebně truhlářské výrobky.
12. Osadí se fasáda obvodových stěn a jednotlivé skladby střešní konstrukce.
13. Z vnitřní strany obvodových stěn a stropů se instaluje parozábrana, na ni se osadí latě (rošt), které vytvoří prostor pro vedení inženýrských sítí = instalační předstěna.
14. Na stěnách a stopě se osadí sádkartonová deska.

Poznámka: řezivo je třeba během výstavby řádně a bezpečně uskladnit a ochránit před nadměrnou vlhkostí a škůdci.

Vlastnost	Značka	Hodnota
Pevnost v ohybu [N/mm^2]	$f_{m,k}$	24
Pevnost v tahu [N/mm^2]	$f_{t,0,k}$	14,5
	$f_{t,90,k}$	0,4
Pevnost v tlaku [N/mm^2]	$f_{c,0,k}$	21
	$f_{c,90,k}$	2,5
Pevnost ve smyku [N/mm^2]	$f_{v,k}$	4,0
Modul pružnosti [kN/mm^2]	$E_{m,0,\text{mean}}$	11,0
	$E_{m,0,k}$	7,4
	$E_{m,90,\text{mean}}$	0,37
Modul pružnosti ve smyku [kN/mm^2]	G_{mean}	0,69
Hustota [kg/m^3]	ρ_k	350
	ρ_{mean}	420

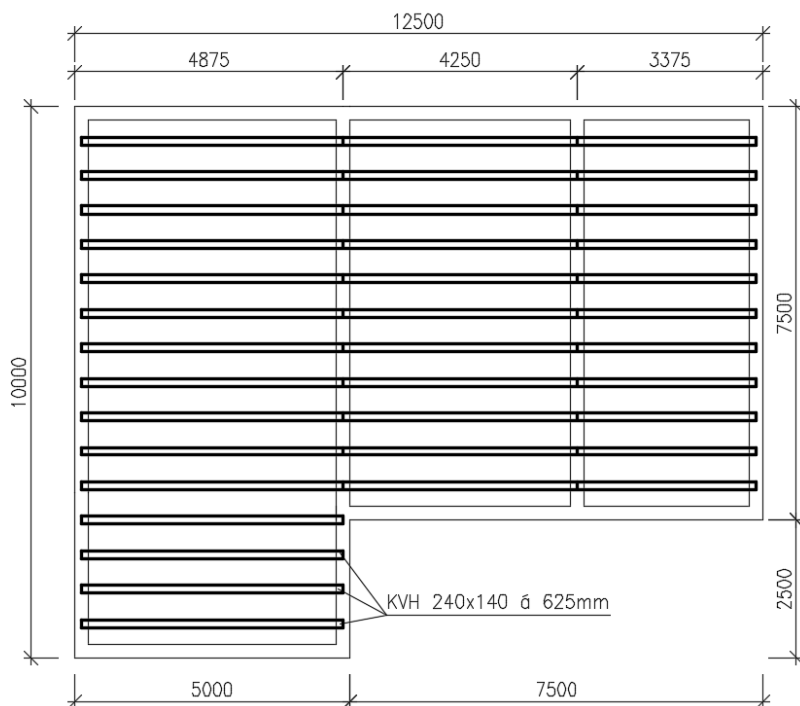
Tabulka 3 Charakteristiky konstrukčního dřeva třídy C 24

e) Schéma skladebného řešení pro dispozici RD

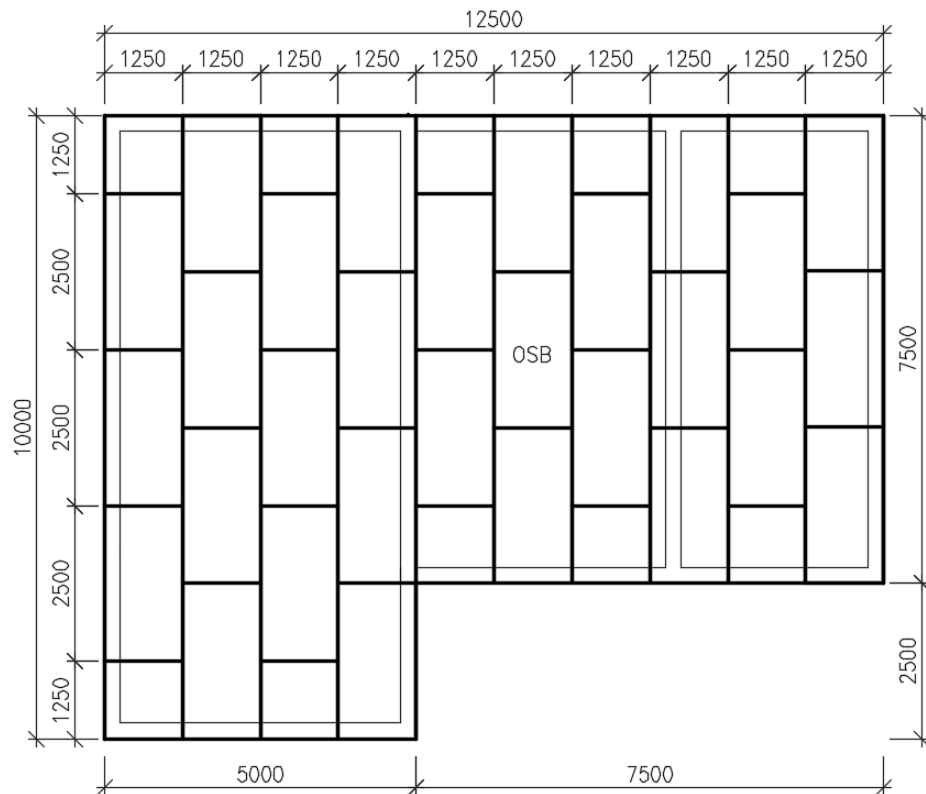


Obrázek 12 Dispozice sloupkové dřevostavby

Řešení stropu

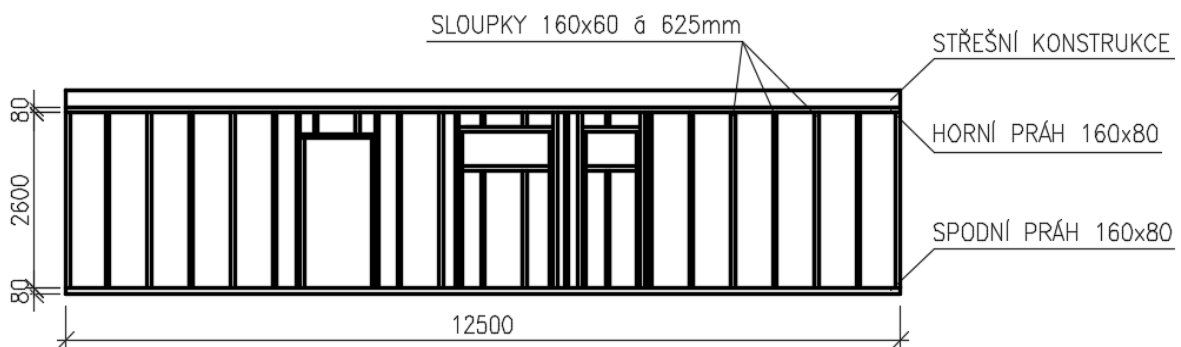


Obrázek 136 Schéma stropu sloupkové dřevostavby - trámy

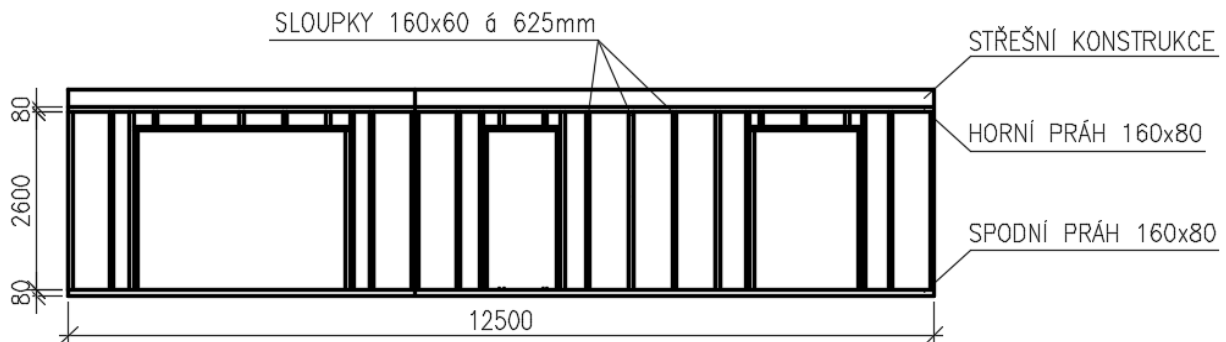


Obrázek 14 Schéma stropu sloupkové dřevostavby – desky OSB

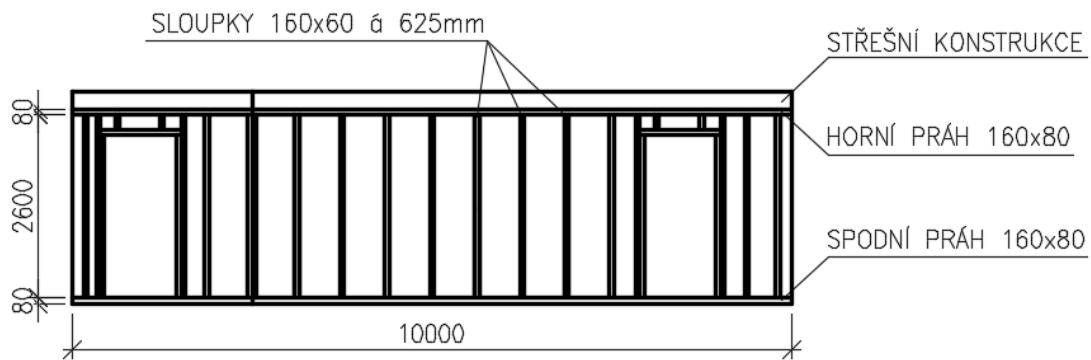
Pohledy



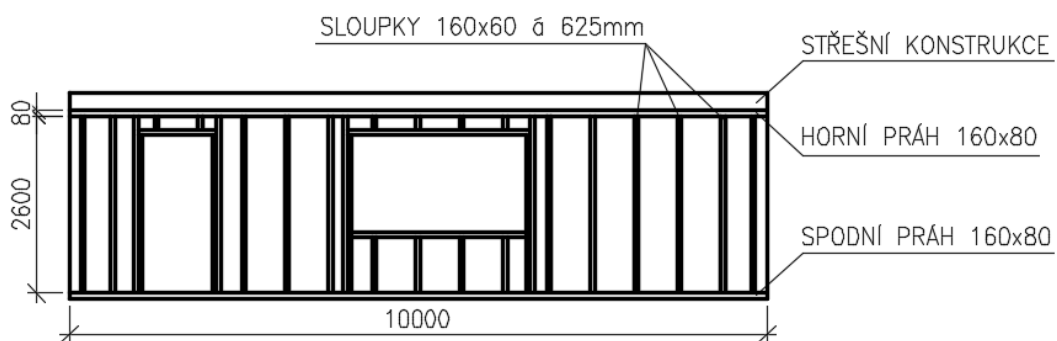
Obrázek 15 Schéma skladby sloupků – severní pohled



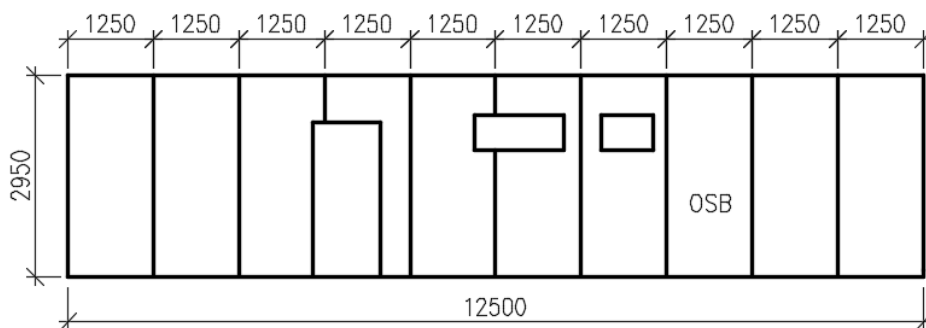
Obrázek 16 Schéma skladby sloupků – jižní pohled



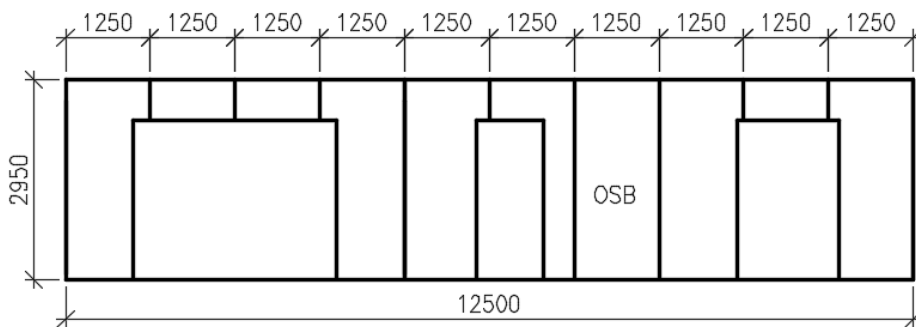
Obrázek 17 Schéma skladby sloupků - východní pohled



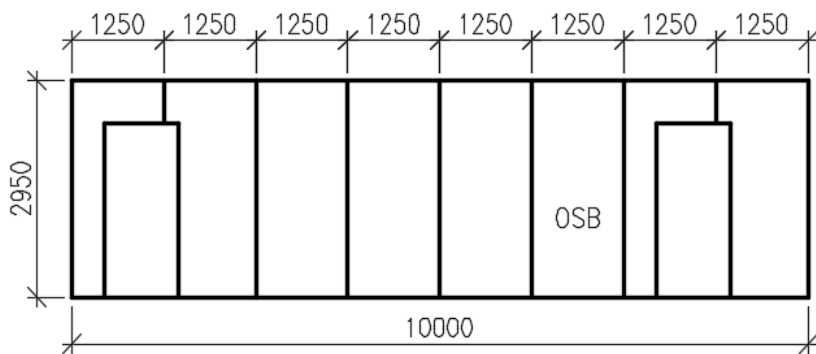
Obrázek 18 Schéma skladby sloupků - západní pohled



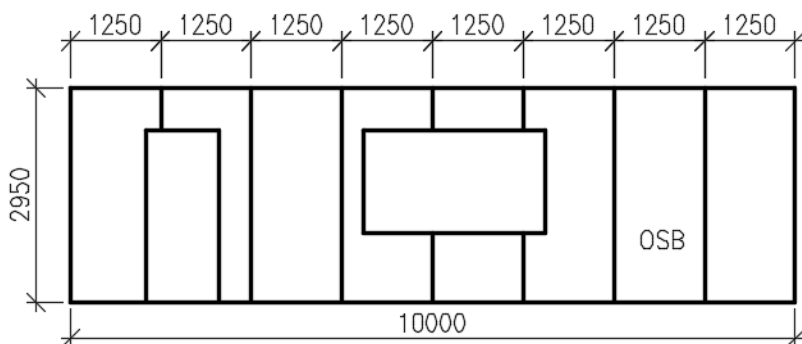
Obrázek 19 Schéma skladby OSB desek - severní pohled



Obrázek 20 Schéma skladby OSB desek - jižní pohled



Obrázek 21 Schéma skladby OSB desek – východní pohled



Obrázek 22 Schéma skladby OSB desek – západní pohled

Dřevostavba z CLT panelů

a) Popis technologie

Dřevostavba z vrstvených panelů CLT patří mezi masivní konstrukce domů na bázi dřeva. Pro své výborné stavebně-technické vlastnosti a vizuální přívětivost se jedná o dnes velmi rychle se rozvíjející technologii.

Lepení vrstev kolmo na sebe je výhodné z hlediska mechanické odolnosti. Díky této technologii je možné realizovat subtilnější stěny, čímž dochází k navýšení podlahové plochy. Desky z křížem lamelovaného dřeva mají vysokou tvarovou stálost a lépe akumulují teplo než lehké dřevostavby.

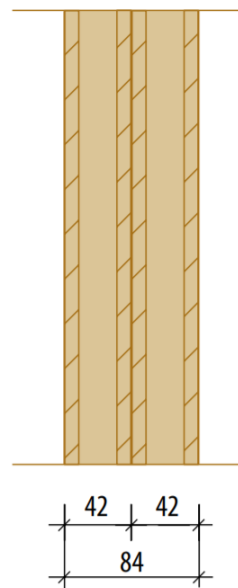
b) Konstrukční prvky rodinného domu

Rodinný dům je uvažován ze systémových panelů NOVATOP. Obvodové stěny a nosné příčky se sestaví z prvků SOLID 84. Ostatní příčky jsou tvořeny panely SOLID 62. Stropy jsou sestaveny z produktů řady ELEMENT. Jedná se o žebrové panely, které se díky své konstrukci vyznačují vysokou únosností i při zachování nízké hmotnosti. Jsou tvořeny spodní a horní vícevrstvou masivní smrkovou deskou. Desky jsou spojeny příčnými a podélnými žebry o výšce dle požadované únosnosti. Strop řešeného domu je realizován z panelů o výšce 280 mm. Dutiny se vyplní



Obrázek 23 Panely SOLID

[13]

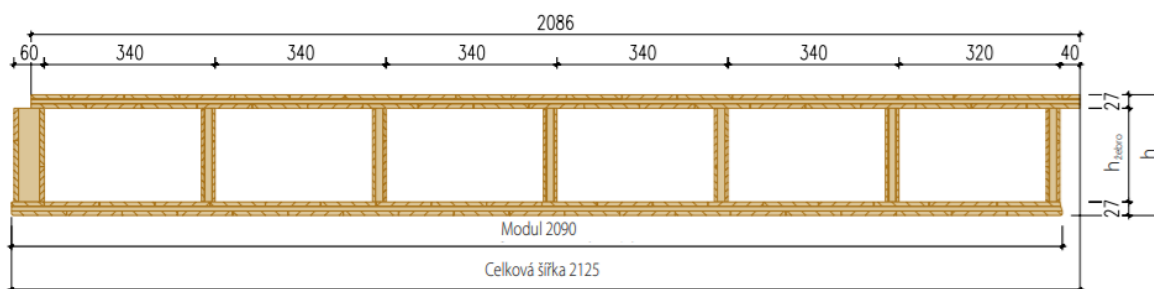


Obrázek 24 Skladba panelu SOLID 84

[13]

tepelnou a zvukovou izolací. Při návrhu rozměrů panelů stěn a stropů se vychází ze základních rozměrů, které se následně upravují dle potřeby.

Panely SOLID se vyrábí v základních rozměrech 6000 x 2500, 6000 x 2100, 5000 x 2500, 5000 x 2100, přičemž největší dosažitelná plocha jednoho panelu je 12000 x 2900. Základní šířky panelů ELEMENT jsou 1030, 2090 a 2450. Maximální možné rozpětí je 12 m. Panely SOLID i ELEMENT jsou dostupné jak v pohledové, tak i v nepohledové kvalitě.



Obrázek 25 Skladba panelu ELEMENT, Modul 2090

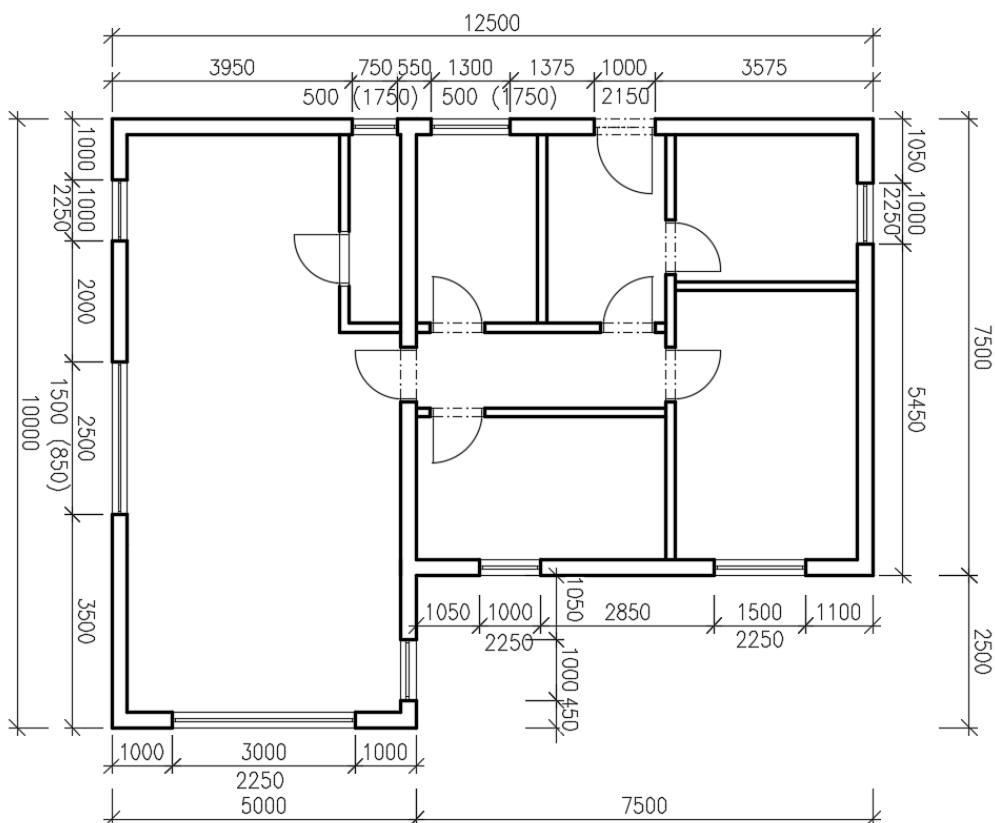
[13]

c) Postup montáže

1. Ve výrobě se zhotoví na CNC zařízení jednotlivé panely – prvky stěn a stropů.
2. Připravená základová deska se opatří vrstvou hydroizolace.
3. Základový práh (nejlépe z modřínového dřeva) se položí na místa budoucích obvodových stěn a příček, polohově a výškově se zaměří, opatří distančními podložkami a připevní se k základové konstrukci pomocí závitových tyčí a chemické kotvy. Prostor pod prahem se vyplní pevnostní maltou.
4. Do horní strany panelů se zavrtají závěsné šrouby pro manipulaci jeřábem.

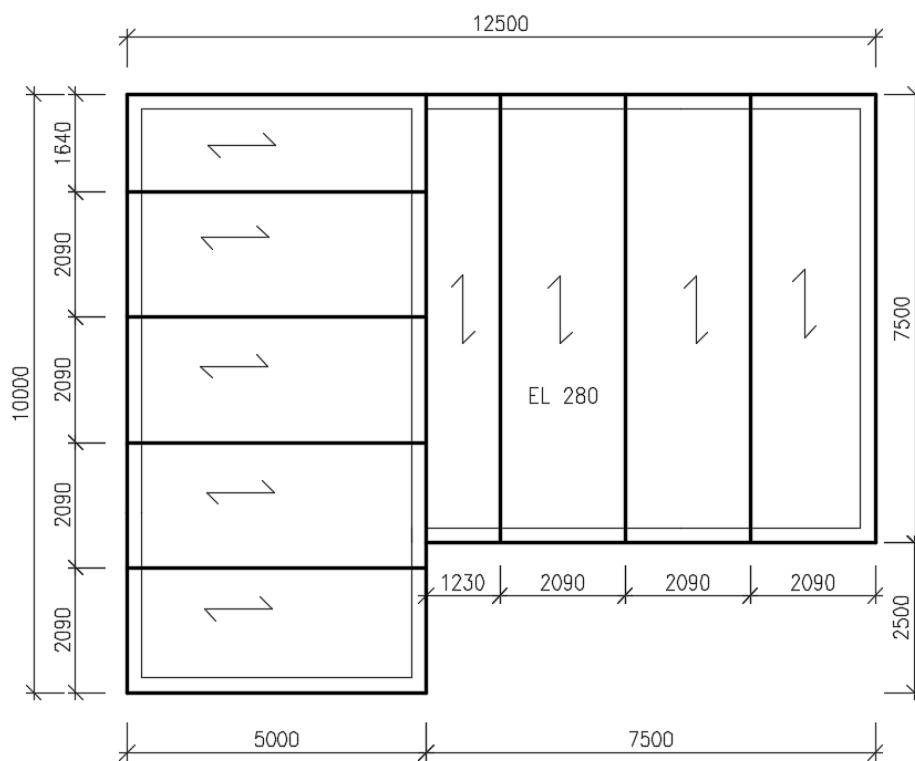
5. panely se ukládají pomocí jeřábu na základový trám ukotvený k základové desce a připevňují se k ní pomocí kotev. (Panely jsou řazeny dle štítku s číslem pozice panelu ve stěně.)
6. Montované panely se zajišťují vzpěrami.
7. Každý další kladený panel je opatřen butylkaučukovou páskou za účelem zajištění vzduchotěsnosti spoje.
8. Spoje se zajišťují vruty. U podélného spoje se použijí vruty torx ve dvou řadách, k zajištění rohového spoje pak vruty dual drive.
9. Na stěny se ukládají stropní panely ELEMENT. Manipulace se stropními panely se provádí také pomocí jeřábu, dle štítků s číslem pozice ve stropní konstrukci.
10. Panely jsou kotveny ke stěnám ze spodní strany pomocí L profilů a stavebních vrtů.
11. Spoj se provede opět s pomocí vzduchotěsné folie.

d) Schéma skladebného řešení pro dispozici RD



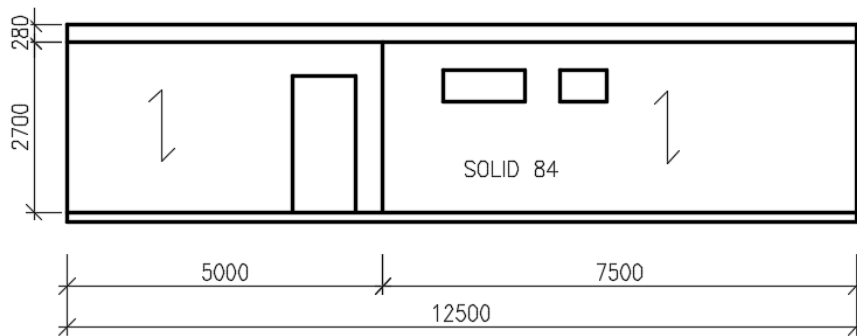
Obrázek 26 Dispozice dřevostavby z CLT

Řešení stropu

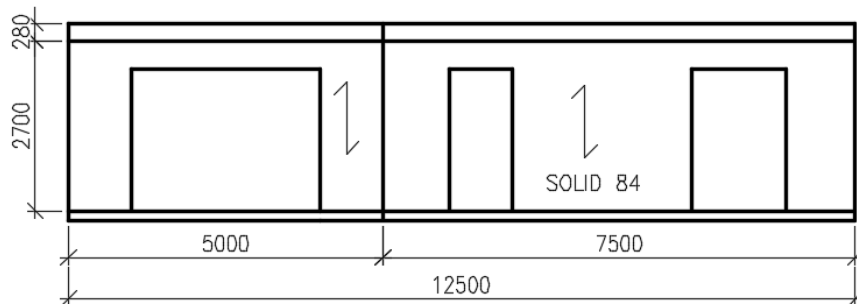


Obrázek 27 Schéma stropu z panelů ELEMENT 280

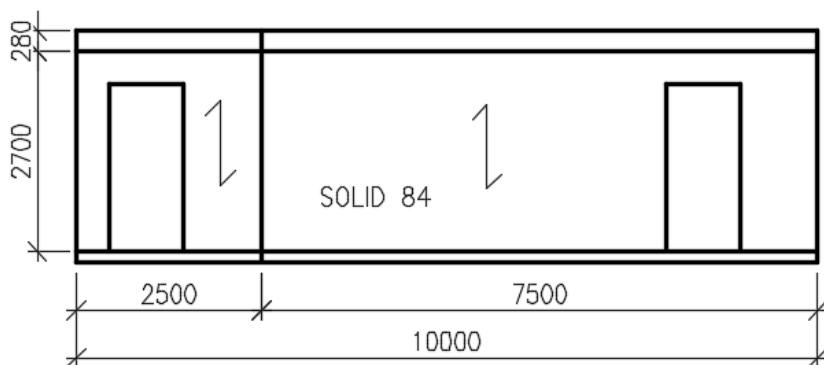
Pohledy



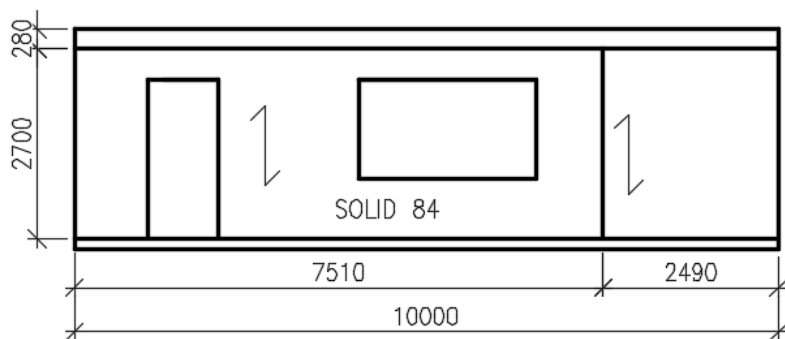
Obrázek 28 Schéma skladby panelů SOLID 84 - severní pohled



Obrázek 29 Schéma skladby panelů SOLID 84 - jižní pohled



Obrázek 30 Schéma skladby panelů SOLID 84 - východní pohled



Obrázek 31 Schéma skladby panelů SOLID 84 - západní pohled

7. POUŽITÉ DOKUMENTY A SOFTWARE

NORMY

- [1] ČSN EN 1990 "Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí";
- [2] ČSN EN 1991-1 "Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1: Obecná zatížení";
- [3] ČSN EN 1993-1 "Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby";
- [4] ČSN EN 1995-1 "Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby",

LITERATURA

- [5] KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093- 88-7.
- [6] KUŽELOUH, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 1, Navrhování a konstrukční detail. Zlín: KODR, 1998. Autorizovaný překlad z anglického vydání "Timber Engineering STEP 1", Centrum Hout, The Netherlands, 1995.
- [7] KUŽELOUH, B. Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5 STEP 2, Navrhování a konstrukční detail. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. Autorizovaný překlad z anglického vydání "Timber Engineering STEP 2", Centrum Hout, The Netherlands, 1995.
- [8] MELCHER J., KARAMAZÍNOVÁ M., BAJER M., SÝKORA K., PRVKY KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ, Modul BO02-M03, Pruty namáhané tahem a tlakem, studijní opory VUT FAST, ŽS Brno, 57 s.
- [9] KARAMAZÍNOVÁ M., PRVKY KOVOVÝCH KONSTRUKCÍ, Modul BO02-M02, Spoje kovových konstrukcí, studijní opory VUT FAST, 48 s

INTERNETOVÉ ZDROJE

- [10] portál Mapy.cz: www.mapy.cz
- [11] webové stránky společnosti Hilti ČR spol. s r.o.: www.hilti.cz
- [12] portál Dřevostavitel.cz: www.drevostavitel.cz
- [13] webové stránky společnosti AGROP NOVA a. s.: www.novatop-system.cz
- [14] webové stránky projektu Venkovský dům: <http://www.venkovskydum.cz/>

SOFTWARE

ING. SOFTWARE DLUBAL, s.r.o. - RFEM
Microsoft Corporation – Office 365 – Word, Excel
Autodesk, Inc. - AutoCAD

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

LLD – lepené lamelové dřevo
CLT – křížem lamelované dřevo
MSÚ – mezní stav únosnosti
MSP – mezní stav použitelnosti
RD – rodinný dům

9. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Lokalita	2
Obrázek 2	Pozice stavby.....	2
Obrázek 3	Mapa sněhových oblastí	3
Obrázek 4	Mapa větrných oblastí.....	4
Obrázek 5	Geodetická kopule z LLD.....	5
Obrázek 6	Geodetická kopule ocelová.....	6
Obrázek 7	Žebrová kopule z LLD.....	7
Obrázek 8	Geometrie geodetické kopule	9
Obrázek 9	Styčníky.....	9
Obrázek 10	Čepový spoj.....	10
Obrázek 11	Příklad řešení skladby stěny	12
Obrázek 12	Dispozice sloupkové dřevostavby	15
Obrázek 13	Schéma stropu sloupkové dřevostavby – trámy.....	15
Obrázek 14	Schéma stropu sloupkové dřevostavby – desky OSB.....	16
Obrázek 15	Schéma skladby sloupků – severní pohled	16
Obrázek 16	Schéma skladby sloupků – jižní pohled	16
Obrázek 17	Schéma skladby sloupků – východní pohled.....	17
Obrázek 18	Schéma skladby sloupků – západní pohled	17
Obrázek 19	Schéma skladby OSB desek – severní pohled.....	17
Obrázek 20	Schéma skladby OSB desek – Jižní pohled	17
Obrázek 21	Schéma skladby OSB desek – východní pohled.....	18
Obrázek 22	Schéma skladby OSB desek – západním pohled	18
Obrázek 23	Panely SOLID.....	19
Obrázek 24	Skladba panelu SOLID	19
Obrázek 25	Skladba panelu ELEMENT, modul 2090	19
Obrázek 26	Dispozice dřevostavby z CLT	20
Obrázek 27	Schéma stropu z panelů ELEMENT 280	21
Obrázek 28	Schéma stropu z panelů SOLID 84 – severní pohled.....	21
Obrázek 29	Schéma stropu z panelů SOLID 84 – jižní pohled	21
Obrázek 30	Schéma stropu z panelů SOLID 84 – západní pohled.....	22
Obrázek 31	Schéma stropu z panelů SOLID 84 – východní pohled.....	22

10. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1	Zatěžovací stavy	3
Tabulka 2	Cena materiálu	8
Tabulka 3	Charakteristiky konstrukčního dřeva třídy C 24	14