

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Návrh difúzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu**

Diplomová práce

Autor: Bc. Karel Martínek, DiS.

Vedoucí práce: Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

2020

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Karel Martínek, DiS.

Dřevařské inženýrství  
Dřevařské inženýrství

Název práce

**Návrh difúzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu**

Název anglicky

**Design of diffusely closed column construction of family house**

---

### Cíle práce

Cílem práce je návrh rodinného obytného domu systémem sloupkové dřevěné konstrukce. V rámci literární rešerše bude realizován rozbor typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby a charakteristika základních konstrukčních skladeb vhodných pro vlastní návrh sloupkové konstrukce. Součástí práce bude analýza základních pojmů stavební fyziky. Na základě požadavků investora autor navrhne vlastní typ sloupkové konstrukce obytného domu včetně základní výkresové dokumentace, statického a tepelně technického posouzení vybraných prvků a vizualizace.

### Metodika

- Rozbor typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby a popis základních pojmů stavební fyziky
- Vlastní návrh sloupkové konstrukce na základě požadavků investora
- Statické posouzení vybraných konstrukčních prvků a tepelně technické posouzení vybraných prvků obvodového pláště
- Výkresová dokumentace a vizualizace
- Závěr

### **Doporučený rozsah práce**

60 – 80 stran

### **Klíčová slova**

Dřevostavba, sloupková konstrukce, dřevo

---

### **Doporučené zdroje informací**

- Borgström, E. Design of timber structures: Structural aspects of timber construction. SE 102 04 Stockholm: Swedish Forest Industries Federation, 2016. ISBN 978-91-980304-8-8
- EN 1995-1-1:2004 (2004). Eurocode 5: Design of timber structures Part1-1: General-Common rules and rules for buildings
- Gulvanessian, H, Calgaro, J.A., Holický, M. Designers' guide to Eurocode: basis of structural design : EN 1990. 2nd ed. London: ICE Publishing, 2012. ISBN 9780727741714
- Jodidido, P. 100 Contemporary Wood Buildings. Kolín nad Rýnem: Taschen, 2019. ISBN 3836561565
- Kolb, J. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2., aktualiz. vyd. v České republice. Přeložil Bohumil Koželouh. Praha: Grada, 2011. ISBN 9788024740713
- Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2005. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika. ISBN 8086769720
- Neufert, E., Neufert, P. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítko a cíle. 2. české vyd., (35. německé vyd.). Praha: Consultinvest, 2000. ISBN 8090148662
- Newman, M. Design and Construction of Wood Framed Buildings, New York: McGraw-Hill Education, 1994. ISBN 978-0070463639
- 

### **Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FLD

### **Vedoucí práce**

Ing. Přemysl Šedivka, Ph.D.

### **Garantující pracoviště**

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 21. 5. 2019

**doc. Ing. Milan Gaff, Ph.D.**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 02. 04. 2020

---

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh difúzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu vypracoval samostatně pod vedením Ing. Přemysla Šedivky, Ph.D. a použil/a jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Blatné, 15. 6. 2020

.....  
vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval vedoucímu práce panu Ing. Přemyslovi Šedivkovi, PhD., za spolupráci, pomoc a připomínky týkající se mé diplomové práce.

## **Abstrakt ve státním jazyce**

Téma diplomové práce je zaměřené na návrh difúzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu. Jedná se tedy o jeden z konstrukčních systémů dřevostaveb, se kterým se lze v oboru dřevěných konstrukcí setkat.

Tato diplomová práce je rozdělena do sedmi částí s cílem komplexního řešení daného návrhu sloupkové konstrukce. První část je věnována rozboru jednotlivých typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby. V další části jsou popsány základní pojmy stavební fyziky. Třetí část spočívá v popisu vlastního návrhu sloupkové konstrukce na základě požadavků investora, který bude doplněn obrázky základních konstrukčních skladeb s jejich charakteristikou. Ve čtvrté části je řešeno statické posouzení vybraných konstrukčních prvků. Na tuto část navazuje tepelně technické posouzení vybraných prvků obvodového pláště. Stěžejní a předposlední částí diplomové práce je výkresová dokumentace, která je řešena v návaznostech na výsledky statického a tepelně technického posouzení. A jako poslední část je zpracován vizuální návrh dané dřevostavby. Závěrem by měl být komplexně zpracovaný projekt z pohledu statiky, tepla, výkresové dokumentace a vizuálního návrhu.

### **Klíčová slova:**

Dřevostavba, sloupková konstrukce, dřevo

## **Abstrakt v Anglickém jazyce:**

The topic of thesis is a design of diffusely closed two by four system of family house. It is therefore one of structural systems of wooden houses, that can be encountered in the branch of wooden structures.

This thesis is divided into seven parts with the aim complex solution of the design of a two by four system. The first part is focused on division of wooden structures for family houses and blocks of flats. In another part are described basic terms of structural physics. The third part contains description of basic structural compositions own design of system two by four. In the fourth part are solved static calculations of choosen structural elements. After this point follows fifth part of thesis, which is connected with thermal technical assesment . The last but one and essential part of thesis is based on drawing documentation. And as the last part is processed visual design of wooden house. As a result should be complexly processed project from view static calculations, thermal technical assesment, drawing documentation and visual design.

## **Keywords:**

Wooden house, two by four system, wood

# Obsah

<b>1. Úvod:</b> .....	<b>20</b>
<b>2. Cíle práce:</b> .....	<b>22</b>
<b>3. Rozbor jednotlivých typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby</b> .....	<b>23</b>
3.1    Srubové konstrukce .....	25
3.2    Hrázděné konstrukce .....	31
3.3    Sloupkové systémy (Balloon-Frame a Platform-Frame) .....	32
3.4    Rámové konstrukce .....	36
3.5    Skeletové konstrukce .....	38
3.6    Konstrukce z masivního dřeva .....	40
<b>4. Popis základních pojmů stavební fyziky</b> .....	<b>44</b>
4.1    Tepelná technika .....	44
4.1.1    Objemová hmotnost.....	44
4.1.2    Součinitel tepelné vodivosti.....	44
4.1.3    Měrná tepelná kapacita .....	44
4.1.4    Součinitel prostupu tepla .....	44
4.1.5    Způsoby šíření tepla.....	45
4.1.6    Tepelný odpor .....	45
4.1.7    Difúze a kondenzace vodní páry.....	45
4.1.8    Součinitel difúze vodní páry .....	46
4.1.9    Difúzní odpor.....	46
4.1.10    Faktor difúzního odporu .....	46
4.1.11    Ekvivalentní difúzní tloušťka .....	46
4.2    Stavební akustika .....	46
4.2.1    Zvuk, hluk a vibrace .....	46
4.2.2    Akustický tlak .....	47
4.2.3    Intenzita zvuku – akustická intenzita.....	47



4.2.4	Vzduchová a kročejová neprůzvučnost .....	48
4.3	Osvětlení přirozeným světlem.....	48
4.3.1	Zářivý tok.....	48
4.3.2	Relativní světelná účinnost .....	48
4.3.3	Světelný tok .....	49
4.3.4	Svítivost .....	49
4.3.5	Jas.....	49
4.3.6	Osvětlenost.....	50
4.3.7	Pracovní rovina .....	50
4.3.8	Činitel denní osvětlenosti.....	50
4.3.9	Rovnoměrnost osvětlení .....	50
4.3.10	Doba proslunění, oslunění .....	50
<b>5.</b>	<b>Vlastní návrh sloupkové konstrukce na základě požadavků investora.....</b>	<b>51</b>
5.1	Požadavky – klimatická oblast.....	51
5.2	Požadavky – celoroční bydlení .....	51
5.3	Požadavky – zasíťování pozemku.....	52
5.4	Požadavky – situační umístění objektu na pozemku.....	52
5.5	Požadavky – tepelně izolační vlastnosti.....	52
5.6	Komentáře k návrhu .....	53
5.6.1	Komentář k návrhu z hlediska statiky.....	53
5.6.2	Komentář k návrhu z hlediska požáru .....	53
5.6.3	Komentář k návrhu z hlediska kročejové neprůzvučnosti .....	53
5.6.4	Komentář k návrhu z hlediska vibrací .....	54
5.6.5	Komentář k návrhu z hlediska funkčních vlastností .....	54
5.6.6	Komentář k návrhu z hlediska ceny.....	54
5.6.7	Komentář z hlediska výhod a nevýhod navrhované konstrukce.....	54
5.6.8	Komentář k návrhu základních konstrukčních skladeb .....	54

<b>6.</b>	<b>Statické posouzení vybraných konstrukčních prvků .....</b>	<b>62</b>
6.1	Statické posouzení stropnice S1 .....	62
6.1.1	Půdorysné schéma – umístění stropnice S1 .....	62
6.1.2	Protokol zatížení stropnice S1 .....	62
6.1.3	Zatěžovací stavy - stropnice S1 .....	66
6.1.4	Deformace – Stropnice S1 .....	68
6.1.5	Reakce – Stropnice S1 .....	68
6.1.6	Posouvající síly – Stropnice S1 .....	69
6.1.7	Ohybový moment – Stropnice S1 .....	69
6.1.8	Posouzení – Stropnice S1 .....	70
6.2	Statické posouzení stropnice S2 .....	71
6.2.1	Půdorysné schéma – umístění stropnice S2 .....	71
6.2.2	Protokol zatížení stropnice S2 .....	71
6.2.3	Zatěžovací stavy - stropnice S2 .....	73
6.2.4	Deformace – Stropnice S2 .....	75
6.2.5	Reakce – Stropnice S2 .....	75
6.2.6	Posouvající síly – Stropnice S2 .....	75
6.2.7	Ohybový moment – Stropnice S2 .....	76
6.2.8	Posouzení – Stropnice S2 .....	77
6.3	Statické posouzení stropnice S3 .....	78
6.3.1	Půdorysné schéma – umístění stropnice S3 .....	78
6.3.2	Protokol zatížení stropnice S3 .....	78
6.3.3	Zatěžovací stavy - stropnice S3 .....	79
6.3.4	Deformace – Stropnice S3 .....	81
6.3.5	Reakce – Stropnice S3 .....	81
6.3.6	Posouvající síly – Stropnice S3 .....	81
6.3.7	Ohybový moment – Stropnice S3 .....	82

6.3.8	Posouzení – Stropnice S3 .....	83
6.4	Shrnutí statického posouzení.....	84
<b>7.</b>	<b>Tepelně technické posouzení vybraných prvků obvodového pláště .....</b>	<b>85</b>
7.1	Tepelně technické posouzení podlahy přilehlé k zemině.....	85
7.1.1	Kontrolní tisk vstupních dat.....	85
7.1.2	Tisk výsledků vyšetřování .....	86
7.1.3	Vyhodnocení výsledků podle kritérií ČSN 730540-2 (2007).....	86
7.2	Tepelně technické posouzení obvodové stěny .....	88
7.2.1	Kontrolní tisk vstupních dat.....	88
7.2.2	Tisk výsledků vyšetřování .....	89
7.2.3	Vyhodnocení výsledků podle kritérií ČSN 730540-2 (2007).....	91
7.3	Tepelně technické posouzení obvodové stěny koupelny .....	92
7.3.1	Kontrolní tisk vstupních dat.....	93
7.3.2	Tisk výsledků vyšetřování .....	94
7.3.3	Vyhodnocení výsledků podle kritérií ČSN 730540-2 (2007).....	95
7.4	Tepelně technické posouzení střešního pláště ploché střechy .....	97
7.4.1	Kontrolní tisk vstupních dat.....	97
7.4.2	Tisk výsledků vyšetřování .....	99
7.4.3	Vyhodnocení výsledků podle kritérií ČSN 730540-2 (2007).....	101
7.5	Shrnutí tepelně technického posouzení .....	103
<b>8.</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>104</b>
<b>9.</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>106</b>
<b>10.</b>	<b>Diskuse.....</b>	<b>111</b>
<b>11.</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>113</b>
<b>12.</b>	<b>Seznam literatury a použitých zdrojů: .....</b>	<b>115</b>
<b>13.</b>	<b>Seznam příloh .....</b>	<b>128</b>
13.1	Výkresová dokumentace .....	128

13.2	Vizualizace .....	128
13.3	Elektronická verze diplomové práce – datový nosič .....	128

## **Seznam tabulek, obrázků, grafů:**

- Obr. č. 1 Ukázka moderní dřevostavby v současné době
- Obr. č. 2 Srubová konstrukce
- Obr. č. 3 Hrázděná konstrukce
- Obr. č. 4 Balloon-Frame
- Obr. č. 5 Platform-Frame
- Obr. č. 6 Rámová konstrukce
- Obr. č. 7 Skeletová konstrukce
- Obr. č. 8 Konstrukce z masivního dřeva
- Obr. č. 9 Systém spojů srubů v ložné spáře
- Obr. č. 10 Systémy rohových spojů srubů
- Obr. č. 11 Tradiční srub z masivního dřeva
- Obr. č. 12 Novodobá srubová konstrukce z masivního dřeva
- Obr. č. 13 Novodobá srubová konstrukce z lepeného dřeva
- Obr. č. 14 Ukázka falešné srubové konstrukce
- Obr. č. 15 Tradiční hrázděná konstrukce – Kostel Míru
- Obr. č. 16 Ukázka stavby v sloupkovém systému
- Obr. č. 17 Konstrukce Balloon-Frame
- Obr. č. 18 Konstrukce Platform-Frame
- Obr. č. 19 Skladba s kontaktním zateplovacím systémem
- Obr. č. 20 Ukázka montáže rámové dřevostavby
- Obr. č. 21 Půdorysný rastr
- Obr. č. 22 Konstrukční prvky – nosná konstrukce
- Obr. č. 23 Dřevostavba v systému těžký dřevěný skelet
- Obr. č. 24 Typy spojů nosné konstrukce
- Obr. č. 25 Ukázka konstrukce z masivního dřeva
- Obr. č. 26 Ukázka křížem slepeného dřeva
- Obr. č. 27 Vrstvené řezivo spojené kolíky z tvrdého dřeva
- Obr. č. 28 Křížově kolíkové dílce
- Obr. č. 29 Moderní modulární dřevostavba FINCUBE
- Obr. č. 30 Detail FINCUBE
- Obr. č. 31 Akustický tlak a hladina akustického tlaku
- Obr. č. 32 Rozdělení odrazů a prostupů

- Obr. č. 33 Detail základu pod nosnou obvodovou stěnou
- Obr. č. 34 Detail skladby podlahy v kontaktu s terénem
- Obr. č. 35 Detail skladby podlahy - terasa
- Obr. č. 36 Detail skladby nosné obvodové stěny
- Obr. č. 37 Detail skladby nosné příčky tloušťky 234 mm
- Obr. č. 38 Detail skladby nosné příčky tloušťky 174 mm
- Obr. č. 39 Detail skladby příčky tloušťky 134 mm
- Obr. č. 40 Detail skladby styk stěny, plochá střecha – příčný směr
- Obr. č. 41 Půdorysné schéma – umístění stropnice S1
- Obr. č. 42 Rozměr stavby – plochá střecha
- Obr. č. 43 Vítr shora 1 - sání
- Obr. č. 44 Vítr shora 2 – tlak a sání
- Obr. č. 45 Zatěžovací stav – vlastní tíha stropnice S1
- Obr. č. 46 Zatěžovací stav – stálé zatížení od podhledu k vrstvě Isover S 100 mm
- Obr. č. 47 Zatěžovací stav – stálé zatížení na levém a pravém konci stropnice S1 od vrstvy  
Isover S 100 mm
- Obr. č. 48 Zatěžovací stav – užité zatížení stropnice S1
- Obr. č. 49 Zatěžovací stav – zatížení větrem stropnice S1 – krátkodobé vítr (tlak)
- Obr. č. 50 Zatěžovací stav – zatížení větrem stropnice S1 – krátkodobé vítr (sání)
- Obr. č. 51 Zatěžovací stav – zatížení sněhem stropnice S1 – střednědobé sněh
- Obr. č. 52 Deformace – stropnice S1
- Obr. č. 53 Reakce – stropnice S1
- Obr. č. 54 Posouvající síly – stropnice S1
- Obr. č. 55 Ohybový moment – stropnice S1
- Obr. č. 56 Posouzení – stropnice S1
- Obr. č. 57 Půdorysné schéma – umístění stropnic S1
- Obr. č. 58 Zatěžovací stav – vlastní tíha stropnice S2
- Obr. č. 59 Zatěžovací stav – stálé zatížení od podhledu k vrstvě Isover S 100 mm –  
stropnice S2
- Obr. č. 60 Zatěžovací stav – stálé zatížení na levém a pravém konci stropnice S2 od vrstvy  
Isover S 100 mm
- Obr. č. 61 Zatěžovací stav – užité zatížení stropnice S2
- Obr. č. 62 Zatížení větrem stropnice S2 – krátkodobé vítr (tlak)
- Obr. č. 63 Zatížení větrem stropnice S2 – krátkodobé vítr (sání)

- Obr. č. 64 Zatížení sněhem stropnice S2 – střednědobé snůh
- Obr. č. 65 Deformace – stropnice S2
- Obr. č. 66 Reakce – stropnice S2
- Obr. č. 67 Posouvající síly – stropnice S2
- Obr. č. 68 Ohybový moment – stropnice S2
- Obr. č. 69 Posouzení – stropnice S1
- Obr. č. 70 Půdorysné schéma – umístění stropnice S3
- Obr. č. 71 Zatěžovací stav – vlastní tíha stropnice S3
- Obr. č. 72 Zatěžovací stav – stálé zatížení od podhledu k vrstvě kačírku – stropnice S3
- Obr. č. 73 Zatěžovací stav – užiténé zatížení stropnice S3
- Obr. č. 74 Zatěžovací stav – zatížení větrem stropnice S3 – krátkodobé vítr (tlak)
- Obr. č. 75 Zatěžovací stav – zatížení větrem stropnice S3 – krátkodobé vítr (sání)
- Obr. č. 76 Zatěžovací stav – zatížení sněhem stropnice S3 – střednědobé snůh
- Obr. č. 77 Deformace – stropnice S3
- Obr. č. 78 Reakce – stropnice S3
- Obr. č. 79 Posouvající síly – stropnice S3
- Obr. č. 80 Ohybový moment – stropnice S3
- Obr. č. 81 Posouzení – stropnice S3
- Obr. č. 82 Výsledky statického posouzení – stropnice S1
- Obr. č. 83 Výsledky statického posouzení – stropnice S2
- Obr. č. 84 Výsledky statického posouzení – stropnice S3
- Obr. č. 85 Výsledky tepelně technického posouzení – podlaha přilehlá k zemině
- Obr. č. 86 Výsledky tepelně technického posouzení – obvodová stěna
- Obr. č. 87 Výsledky tepelně technického posouzení – obvodová stěn koupelny
- Obr. č. 88 Výsledky tepelně technického posouzení – střešní plášť – plochá střecha
- Obr. č. 89 Porovnání vypočtených hodnot součinitele prostupu tepla s hodnotami doporučenými normou či udanými výrobcem

## Seznam použitých zkratek a symbolů

### Označení použitých veličin a jejich jednotky

Akustický tlak	[P] = Pa
Částečný tlak vodní páry ve vzduchu	[p] = Pa
Částečný tlak nasycené vodní páry	[p,sat] = Pa
Částečný tlak vodní páry na vnějším povrchu stavební konstrukce	[Pe] = Pa
Částečný tlak vodní páry na vnitřním povrchu stavební konstrukce	[Pi] = Pa
Činitel denní osvětlenosti	[D] = %
Deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti	[λ <sub>D</sub> ] = W/m.K
Délka úseku pro vzpěr ve směru osy y	[L <sub>y</sub> ] = m
Délka úseku pro vzpěr ve směru osy z	[L <sub>z</sub> ] = m
Difúzní odpor	[Z <sub>pT</sub> ] = m/s
Faktor difúzního odporu	[μ]
Fázový posun teplotního kmitu	[Psi*] = h
Frekvence	[f] = Hz
Hladina akustické intenzity	[L <sub>i</sub> ] = dB
Hladina akustického tlaku	[L] = dB
Charakteristická hodnota hustoty	[ρ <sub>k</sub> ] = kg/m <sup>3</sup>
Charakteristická hodnota součinitele tepelné vodivosti	[λ <sub>k</sub> ] = W/m.K
Charakteristická hodnota zatížení	[S <sub>k</sub> ] = kN/m <sup>2</sup>
Charakteristické zatížení	[F <sub>k</sub> ] = kN/m
Intenzita zvuku	[I] = W.m <sup>-2</sup>
Jas	[L] = cd/m <sup>2</sup>
Koeficient prostupu tepla na exteriérové straně	[h <sub>e</sub> ] = W/m <sup>2</sup> .K
Koeficient prostupu tepla na interiérové straně	[h <sub>i</sub> ] = W/m <sup>2</sup> .K
Koeficient prostupu tepla	[h] = W/m <sup>2</sup> .K
Korekce součinitele prostupu	[dU] = W/m <sup>2</sup> .K
Kritický teplotní faktor	[f,Rsi,cr]
Maximální dynamický tlak	[q <sub>p</sub> ] = kN/m <sup>2</sup>
Měrná hmotnost vzduchu	[ρ] = kg/m <sup>3</sup>
Měrná tepelná kapacita	[c] = J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Množství difundující vodní páry	[Gd] = kg/m <sup>2</sup> s



Množství vypařitelné vodní páry	$[M_{ev,a}] = \text{kg/m}^2 \cdot \text{rok}$
Množství zkondenzované vodní páry	$[M_{c,a}] = \text{kg/m}^2 \cdot \text{rok}$
Modul pružnosti	$[E_{0,\text{mean}}] = \text{MPa}$
Modul pružnosti ve smyku	$[G_{\text{mean}}] = \text{Mpa}$
Naměřená hodnota součinitele tepelné vodivosti (střední teplota 10°C)	$[\lambda_{10}] = \text{W/m.K}$
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu	$[RH_e] = \%$
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu	$[RH_i] = \%$
Návrhová teplota vnitřního vzduchu	$[T_{ai}] = \text{°C}$
Návrhová venkovní teplota	$[T_{ae}] = \text{°C}$
Návrhová vnitřní teplota	$[T_i] = \text{°C}$
Návrhové zatížení	$[F_d] = \text{kN/m}$
Normálová síla	$[N] = \text{kN}$
Normová hodnota součinitele prostupu tepla	$[U, N] = \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$
Normová hodnota teplotního faktoru	$[f, R_{si}, N]$
Normová hodnota množství zkondenzované vodní páry	$[M_{c,N}]$
Objemová hmotnost	$[\rho] = \text{kg/m}^3$
Ohybový moment	$[M] = \text{kNm}$
Ohybový moment ve směru osy y	$[M_y] = \text{kNm}$
Ohybový moment ve směru osy z	$[M_z] = \text{kNm}$
Osvětlenost	$[E] = \text{lux}$
Plocha pro stanovení $C_{pe}$	$[A] = \text{m}^2$
Pevnost ve smyku	$[f_{v,k}] = \text{MPa}$
Pevnost v ohybu	$[f_{m,k}] = \text{MPa}$
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$[f_{t,90,k}] = \text{MPa}$
Pevnost v tahu ve směru vláken	$[f_{t,0,k}] = \text{MPa}$
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$[f_{c,90,k}] = \text{MPa}$
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$[f_{c,0,k}] = \text{MPa}$
Pokles dotykové teploty podlahy – normová hodnota	$[dT_{10, N}] = \text{°C}$
Pokles dotykové teploty podlahy – výpočtová hodnota	$[dT_{10}] = \text{°C}$
Posouvající síla ve směru osy y	$[V_y] = \text{kN}$
Posouvající síla ve směru osy z	$[V_z] = \text{kN}$
Referenční výška budovy	$[Z_e] = \text{m}$
Relativní vlhkost na vnitřním povrchu	$[RH_{si}] = \%$

Rovnoměrnost osvětlení	[r] = %
Rychlost větru	[V <sub>b,0</sub> ] = m/s
Sklon střechy	[α] = °
Součinitel difúze vodní páry	[δ] = kg/s.m.Pa
Součinitel expozice	[C <sub>e</sub> ]
Součinitel materiálu	[γM]
Součinitel orografie	[C <sub>o</sub> ]
Součinitel prostupu tepla	[U] = W/m <sup>2</sup> .K
Součinitel prostupu tepla zabudované konstrukce	[U,kc] = W/m <sup>2</sup> .K
Součinitel ročního období	[C <sub>season</sub> ]
Součinitel směru větru	[C <sub>dir</sub> ]
Součinitel tepelné vodivosti	[λ] = W/m.K
Součinitel vzpěrné délky – osa y	[k <sub>y</sub> ]
Součinitel vzpěrné délky – osa z	[k <sub>z</sub> ]
Součinitel zatížení	[γf]
Světelný tok	[Φ] = lm
Svítilivost	[I] = 1 cd
Štíhlost	[λ]
Tepelná jímavost podlahové konstrukce	[B] = Ws/m <sup>2</sup> .K
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru	[R <sub>se</sub> ] = m <sup>2</sup> .K/W
Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru	[R <sub>si</sub> ] = m <sup>2</sup> .K/W
Tepelný odpor	[R] = m <sup>2</sup> .K/W
Tepelný součinitel	[C <sub>t</sub> ]
Teplota	[t] = °C
Teplota na vnější straně	[T <sub>e</sub> ] = °C
Teplotní faktor	[f,R <sub>si</sub> ]
Teplotní faktor v návrhových podmínkách	[f,R <sub>si,p</sub> ]
Teplotní faktor vnitřního povrchu – průměrná hodnota	[f,R <sub>si,m</sub> ]
Teplotní útlum konstrukce	[N <sub>y*</sub> ]
Tvarový součinitel	[μ1]
Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách	[T <sub>si,p</sub> ] = °C
Vnitřní povrchová teplota – průměrná hodnota v měsíci	[T <sub>si,m</sub> ] = °C
Výpočtová hodnota součinitele tepelné vodivosti podle DIN 4108	[λ <sub>R</sub> ] = W/m.K
Výpočtová hodnota součinitele tepelné vodivosti	[λ <sub>U</sub> ] = W/m.K

Vzpěrná délka ve směru osy y

$[L_{cr,y}] = m$

Vzpěrná délka ve směru osy z

$[L_{cr,z}] = m$

Zářivý tok

$[\Phi] = W$

5% kvantil modulu pružnosti

$[E_{0,05}] = MPa$

### **Seznam zkratk**

K1 – klimatická oblast číslo jedna

NN – vedení nízkého napětí

## 1. Úvod:

Diplomová práce je věnována návrhu difuzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu. Sloupková konstrukce představuje jednu z možností konstrukčních systémů dřevostaveb, přičemž její nosná kostra je tvořena sloupky v pravidelném rastru. Tento projekt dřevostavby je z hlediska konstrukce navržený v systému Platform-Frame. Pokud bychom se zaměřili na pojem difuzně uzavřená skladba, tak se jedná o jednu ze dvou možností, jak lze skladbu u dřevostaveb navrhnout. Druhou možností je skladba difuzně otevřená.

V rámci literární rešerše je realizováno rozbor jednotlivých typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby, popis základních pojmů stavební fyziky, vlastní návrh sloupkové konstrukce na základě požadavků investora, který bude doplněn obrázky základních konstrukčních skladeb s jejich charakteristikou. Součástí práce je dále vypracování statického posouzení vybraných konstrukčních prvků a tepelně technické posouzení vybraných prvků obvodového pláště. Hlavním úkolem diplomové práce je zhotovení výkresové dokumentace. Nezbytnou součástí je také vizualizace.

Přílohou této diplomové práce je zařazena výkresová dokumentace, která je tvořena výkresy půdorysu 1. nadzemního podlaží, půdorysu 2. nadzemního podlaží, půdorysu stropů, půdorysu základů, podélného řezu A-A, příčného řezu B-B půdorysu a řezu ploché střechy, pohledů a všech detailů. V přílohách je dále zahrnuta vizualizace rodinného domu.

V současné době jsou rodinné domy na bázi dřevostavby konkurence schopnější, než tomu bylo dříve. Je to způsobené tím, že veřejnost ať už odborná či klasická na tento typ staveb začala pohlížet lépe, investoři mají zájem uplatňovat stále vyšší podíl obnovitelných materiálů pro výstavbu. To potvrzují i statistiky kontinuálního nárůstu počtu vyhotovených obytných dřevostaveb v ČR v posledních letech. Proto oblast návrhu a výstavby konstrukcí dřevostaveb bude dále nabývat na významu a je třeba v tomto duchu nadále pokračovat a dát dřevostavbám své pevné místo na trhu ať už se bude jednat o rodinné domy či stavby.

K výběru daného tématu diplomové práce mě nasměřovala předchozí studia, které jsem měl možnost do této doby absolvovat. Během těchto studií jsem se orientoval na návrhy konstrukcí dřevostaveb, poznávání vhodných materiálů pro jejich návrh a na další neméně důležitá odvětví, jako jsou statické výpočty či tepelně technická posouzení. Důležitým aspektem bylo také poznání návrhů konstrukcí dřevostaveb z praktického

pohledu, díky stáži ve společnosti zaměřené na výrobu sloupkových dřevostaveb. Spojení získaných znalostí ze studií a zkušeností z praxe mi dopomohlo k vytvoření této diplomové práce.

## **2. Cíle práce:**

Cílem práce je návrh difúzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu včetně charakteristiky základních konstrukčních skladeb vlastního návrhu sloupkové konstrukce na základě požadavků investora, vypracování statického posouzení vybraných konstrukčních prvků, tepelně technického posouzení vybraných prvků obvodového pláště, výkresové dokumentace a vizualizace. Návrh je realizován na základě požadavků investora stavby na jednogenerační rodinný dům pro podmínky klimatického pásma ČR a běžné užívání. Dalšími požadavky investora je provedení stavby minimálně v nízkoenergetickém standardu, nejlépe však ve standardu pasivním a řešení rodinného domu jako jednopodlažní objekt.

### Hlavní cíle práce:

1. Vlastní návrh sloupkové konstrukce na základě požadavků investora
2. Statické posouzení vybraných konstrukčních prvků v programu FIN EC 2020 (Fine, spol. s r.o.)
3. Tepelně technické posouzení vybraných prvků obvodového pláště v programu TEPLO 2010 (K-CAD, spol. s.r.o.)
4. Vypracování výkresové dokumentace v programu AutoCAD 2015 (Autodesk, Inc.)
5. Vizualizace rodinného domu v programu SketchUp 2016 (Trimble, Inc)

### Vedlejší cíle práce:

1. Rozbor jednotlivých typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby
2. Popis základních pojmů stavební fyziky

Práce je koncipována tak, aby byla podkladem pro komunikaci s investorem jako návrh možného řešení rodinného domu typu dřevostavby v návaznosti na investorovi požadavky a částečně jako projektová dokumentace stavebního řešení bez technické zprávy.

### 3. Rozbor jednotlivých typů dřevěných konstrukcí pro obytné stavby

V současné době musí splňovat dřevěné objekty ty nejnáročnější uživatelské požadavky a jsou téměř nerozeznatelné od objektů zděných. (Kuklík, 2005) Dřevěný objekt neboli dřevostavba je pojem, pod kterým si mohou lidé představit ledacos. V 70. a 80. letech minulého století byl velice populární a rozšířenou dřevostavbou mezi společnostmi tzv. rodinný dům typu okál. Pojem dřevostavba však může mít pro někoho i širší rozsah ve smyslu dřevěných konstrukcí jako je například lávka přes potok, střecha sportovní haly, kostel či krov rodinného domu. Pokud bychom měli definovat dřevostavbu na základě současnosti, tak se jedná o stavbu, jejíž základní nosná konstrukce je tvořena ze dřeva nebo z materiálů na bázi dřeva. V dnešní době se můžeme setkat s několika typy dřevostaveb, které se liší technologií výstavby a konstrukčním řešením. (Nováková, 2017).



**Obr. č. 1 Ukázka moderní dřevostavby v současné době**

(Zdroj: Lustigová, 2019)

V současnosti se také ještě můžeme setkat s pojmem, který je synonymem pro dřevostavbu a tím je stavba na bázi dřeva. Jde o to, že při realizaci konstrukce domu není dřevo jediným materiálem, který se u moderních dřevostaveb uplatňuje. Dalšími materiály, které se v nemalé míře využívají, jsou například různé druhy izolací, deskové materiály na bázi dřeva nebo sádry. Pokud, by byla snaha rozeznat dřevostavbu od klasické zděné stavby, nemusí to být na první pohled patrné, jelikož rostlé dřevo nemusí být u dané stavby vůbec přiznané. (Hradílek, 2014)

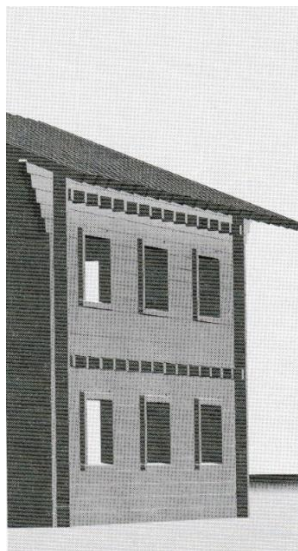
Zděné stavby jsou výrazně těžší oproti dřevostavbám a to zejména díky jejich několikanásobně větší tloušťce stěn. Naopak mají dřevostavby horší tepelnou akumulaci. To znamená rychlejší ohřátí stěn vlivem slunce a vychladnutí během nočního času. (Perlík, 2017)

### **Konstrukční systémy dřevěných staveb**

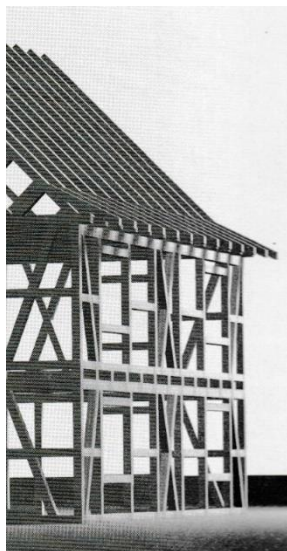
V dnešní době jsou dřevěné stavby rozdělovány do několika základních typů dřevěných konstrukcí, kde se bere ohled na uspořádání vrstev pláště stavby, řešení konstrukce stěny a jednotlivých skladeb. Konstrukční systémy můžeme tedy rozdělit do těchto konkrétních skupin:

- srubové konstrukce
- hrázděné konstrukce
- sloupkové systémy (Balloon-Frame a Platform-Frame)
- rámové konstrukce
- skeletové konstrukce
- konstrukce z masivního dřeva (Kolb, 2011)

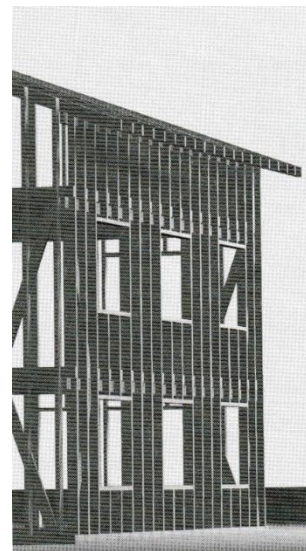
U těchto konstrukčních systémů lze hledat zejména rozdíl v jejich samotné konstrukci a výsledném vzhledu. Můžou být rozdílně pojmenovány a to podle regionu či způsobu konstrukce. Aby se jednalo o konstrukci z masivního dřeva, musí podíl masivního dřeva překračovat 50 % vlastního nosného systému. (Kolb, 2011)



**Obr. č. 2 Srubová konstrukce**  
(Kolb, 2011)

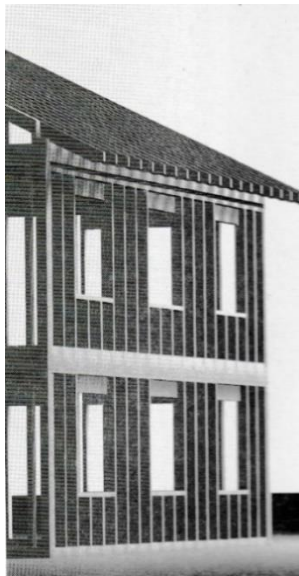


**Obr. č. 3 Hrázděná konstrukce**  
(Kolb, 2011)

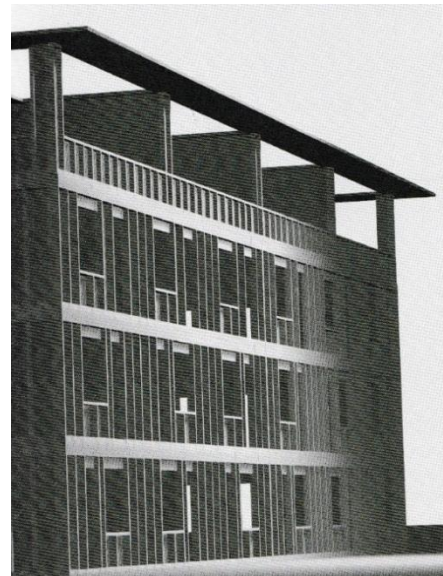


**Obr. č. 4 Balloon-Frame**  
(Kolb, 2011)

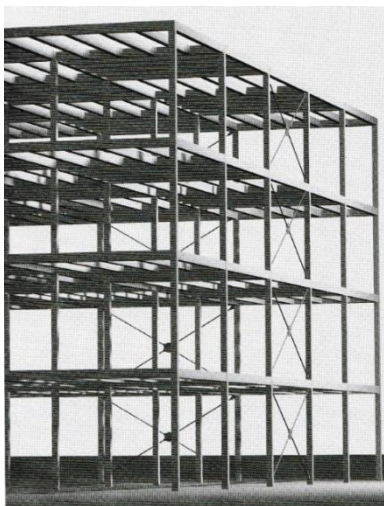




**Obr. č. 5 Platform-Frame**  
(Kolb, 2011)



**Obr. č. 6 Rámová konstrukce**  
(Kolb, 2011)



**Obr. č. 7 Skeletová konstrukce**  
(Kolb, 2011)



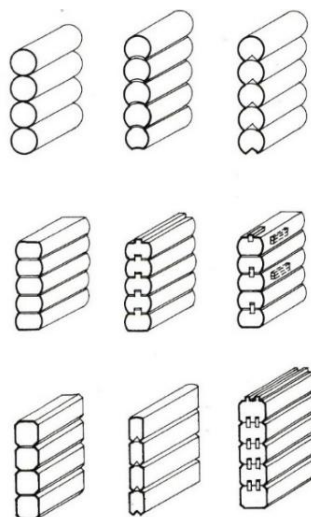
**Obr. č. 8 Konstrukce z masivního dřeva**  
(Kolb, 2011)

### **3.1 Srubové konstrukce**

Jsou to konstrukce, jež mají dlouhou historii sahající do dávné minulosti. Tento typ konstrukce měl velký význam na vývoji dřívější evropské architektury dřevěných staveb a četnost těchto staveb je velmi vysoká. Mezi oblasti, ve kterých se můžeme střetnout s těmito stavbami, patří Rusko či Skandinávie. Dále byly tyto konstrukce hojně využívány ve středoevropských horách, a to s největším zastoupením v Alpách, kde plnily funkci obydlí. V současnosti mají srubové konstrukce své největší zastoupení v horských oblastech Německa či Rakouska. Důležitým pomocníkem při výstavbě nových srubových

konstrukci je nemalé množství vědomostí, které byly získávány předchozími generacemi tesařů a jsou dále předávány ústní formou generacím mladším. Nové srubové konstrukce je však nutné přizpůsobit současným požadavkům na bydlení, tak aby byla dodržena konstrukční opatření, udrženy znaky, které jsou pro dané stavby typické a zachována svébytnost těchto konstrukcí. Pro srubové stavby by se mělo volit takové prostředí, které je pro ně přirozené. To znamená místa, jako jsou horské oblasti, kde se budou snoubit s místní přírodou. (Kolb, 2011)

Srubové stavby se považují za úchvatné a atraktivní konstrukce určené k bydlení. Tyto stavby mají obvodovou stěnu vyhotovenou z vodorovně ukládaných trámů, kterými může být nehraněné, polohraněné či hraněné řezivo. Celková tuhost konstrukce je zabezpečena tesařskými spoji, kterými jsou provázány styky stěn. (Štefko a kol., 2010) V ložné spáře se sruby spojují systémem spojů, kterými může být: spoj na tupo s výřezem tvaru V, spoj na pero a drážku, spoj na vložné pero, spoj ozubený či spoj pomocí spojovacích prostředků. (Štefko a Reinprecht, 2014)

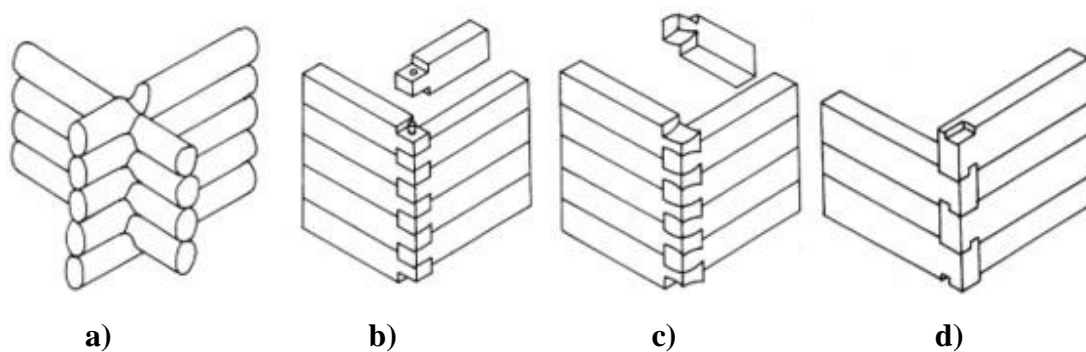


**Obr. č. 9 Systémy spojů srubů v ložné spáře**

(Štefko a Reinprecht, 2014)

Dalším důležitým spojem u srubových konstrukcí je spoj rohový. Tento spoj může být se zhlavím přesahujícím 100 až 200 mm s přeplátováním, s kolíkem a rovným nárožním plátem, s prostorovým rybinovým spojem či se spojem zámkovým.

(Štefko a Reinprecht, 2014)



**Obr. č. 10 Systémy rohových spojů srubů**

**a) s přeplátováním a přesahujícím zhlavím b) s kolíkem a rovným nárožním plátem**

**c) s prostorovým rybinovým spojem d) se záčmovým spojem**

(Štefko a Reinprecht, 2014)

Pokud by se jednalo o spojení obvodových či vnitřních stěn, tak tyto části se spojují obdobným způsobem. V případě rohového spojení na sebe sruby doléhají po celé délce či se mezi nimi mohou ponechat mezery. U srubových stěn jsou i konstrukční detaily voleny s ohledem na použité technologie a základní suroviny. Rohový spoj nebo spoje vnější stěny s příčkou s přesahem či přeplátováním se zpravidla používají u tesaných nehraněných nebo polohraněných srubů. Co se týká tloušťky obvodových a příčkových stěn, tak lze říci, že se udávají hodnoty mezi 150 až 300 mm. Dříve tato tloušťka splňovala i tepelně izolační funkci daného srubu. Stávalo se, že při montáži vznikaly tzv. nedoléhající styky, které byly utěsněny pomocí dřevní vlny, která byla vymazaná mastnou hlínou či olištovaná. Dále se pro utěsnění také používal mech, jenž se vkládal, mezi zmíněné styky. Tato těsnění měla však slabý efekt, a tak se musely srubové stěny pokrývat hliněnou mazaninou a později vápenno-cementovými omítkami na dřevěný šikmý rošt. Pokrytí se realizovalo z interiéru nebo i z exteriéru. (Štefko a Reinprecht, 2014)

Srubové konstrukce můžeme rozdělit podle technologie výroby na pravé srubové konstrukce a falešné srubové konstrukce. Mezi pravé srubové konstrukce patří tradiční sruby z masivního dřeva, novodobé srubové konstrukce z masivního dřeva a novodobé srubové konstrukce z lepeného dřeva. U falešných srubových konstrukcí se jedná o sendvičovou konstrukci stěny, která může být tvořena klasickou sloupkovou konstrukcí

opláštěnou z exteriérové strany opracovaným řezivem ve tvaru srubu. (Štefko a kol., 2010)

### **Pravé srubové konstrukce**

Tyto srubové konstrukce mají obvodové a příčkové stěny vytvořeny z opracovaných kmenů. Způsob opracování je proveden řemeslně tak, že kmeny stromů mají přiznaný plný tvar či jsou kmeny opracovány ze dvou, tří anebo čtyř stran. (Štefko a kol., 2010)

### **Tradiční sruby z masivního dřeva**

Tradiční sruby z masivního dřeva neboli kanadské sruby mají ložnou spáru upravenou výřezem do tvaru U, která je vyplněna tepelnou izolací. Přesnost provedení rohových spojů a doléhání styků má velký vliv na těsnost stěny. Materiálem, který se používá pro výrobu kanadských srubů, je čerstvě vytěžené dřevo s vysokou vlhkostí. Zde se tedy musí brát v úvahu vysušení stěny po výšce v rádech několika centimetrů. Jedná se přibližně o 15 cm na výšku podlaží po prvním roce. Proto je třeba použít konstrukční opatření zejména u detailů jako je ostění oken a dveří, které je řešeno osazovacími rámy, dále u detailů nadpraží, kde je nutné brát v úvahu dilataci a u styku v místě komínu. (Štefko a Reinprecht, 2014)

Kanadské sruby mohou být vyrobeny dvěma způsoby. První možností je výroba srubu přímo na místě, kde bude stavba situována. U této možnosti se kulatina opracovává ručním náradím. Poté se takto opracované prvky skládají navzájem do sebe, provazují se a výsledkem je zmíněný kanadský srub. Druhá možnost je zaměřena na výrobu a poskládání celého srubu v kryté hale s následným převozem jednotlivých stavebních prvků přímo na místo určení srubu, kde dochází k následné montáži. (Štefko a kol., 2010)



**Obr. č. 11 Tradiční srub z masivního dřeva**

(Zdroj: Papežík, 2019)

U těchto srubů je nutné věnovat velkou pozornost při osazování svislých nosných sloupů. Tyto sloupy by měly být v jejich patce či hlavici opatřeny rektifikací, a to z toho důvodu, že dřevo sesychá v podélném směru méně než ve směru kolmo k vláknům. To poté způsobuje nerovnoměrné tlaky na stropní nosníky. Dalším důležitým bodem je ochrana srubové konstrukce proti zemní vlhkosti a dešťové vodě. Tato ochrana je důležitá pro zachování životnosti srubu. Ochranu proti zemní vlhkosti lze zajistit několika opatřeními, mezi které patří odsazení stavby minimálně 50 cm nad úroveň terénu a uložení minimálně dvou vrstev kvalitní hydroizolace pod prahový trám. Jako ochranu proti dešťové vodě je nutné srub ošetřit kvalitními a zdravými neškodnými nátěry, které jsou určeny, jak pro exteriér, tak pro interiér. (Štefko a kol., 2010)

Pro výrobu těchto srubů se nejčastěji používá smrková kulatina s průměrem mezi 280 až 380 mm. Tato kulatina je ihned po těžbě oloupaná z kůry, a to z toho důvodu aby byla zachována sbíhavost kmene a jeho přirozená kresba. (Štefko a kol., 2010)

#### **Novodobé srubové konstrukce z masivního dřeva**

V případě těchto srubových konstrukcí je základním konstrukčním prvkem dřevo, které je strojově profilované. Tento srubový prvek lze vyhotovit z jednoho kusu či může být pomocí spoje délkově nastavovaný. Co se týká vlhkosti srubových prvků, tak lze použít, jak dřevo čerstvě pokáceného kmene, tak dřevo, které je přirozeně či uměle vysušené. U těchto srubových prvků je potřebné vyřešit těsnění vodorovných spár pomocí jejich úpravy na určitý profil, kterým může být například pero a drážka či ozubení. Tyto profily se poté doplňují paměťovými těsněními. (Štefko a kol., 2010)



**Obr. č. 12 Novodobá srubová konstrukce z masivního dřeva**  
(Zdroj: Pavlíček, 2019)

Dalším důležitým krokem při realizaci této srubové konstrukce je její stahování pomocí závitové tyče a vyfrézovaných zámků v pravidelné vzdálenosti 3-4 m na výšku třech až čtyřech hranolů. Toto opatření zajišťuje statickou stabilitu obvodové stěny.

Tyto novodobé sruby jsou realizovány jako jednoplášťové v tloušťce 150 až 400 mm. Dále se můžeme setkat se zateplením z vnitřní strany jako sendvičové nebo s dvojitými srubovými konstrukcemi. (Štefko a kol., 2010)

### **Novodobé srubové konstrukce z lepeného dřeva**

Jedná se o technicky nejmodernější konstrukce ve smyslu srubových konstrukcí. Srubový prvek je vytvořen z více slepených částí. Tyto prvky mohou být slepeny na tloušťku, výšku anebo délku prvku. U zmíněných srubových prvků může mít příčný profil různý tvar. Jedná se například o tvar obdélníkový, čtvercový či kulatý. Z pohledu výroby jsou tyto srubové konstrukce ekonomicky dražší a náročnější na vyhotovení oproti srubovým prvkům z masivního dřeva. Naopak jejich výhody jsou zejména v rozměrové stabilitě, estetice na exteriérové a interiérové straně a v tepelně-technických vlastnostech srubové stěny. Pokud se jedná o těsnění vodorovných spár, tak je řešeno identicky jako u novodobých srubových konstrukcí z masivního dřeva. Zmíněné konstrukce jsou realizovány jako jednoplášťové s tloušťkou do 310 mm nebo mohou být provedeny se zateplením z interiérové strany na principu sendvičové konstrukce. (Štefko a kol., 2010)



**Obr. č. 13 Novodobá srubová konstrukce z lepeného dřeva**  
(Zdroj: Sopík, 2019)

### **Falešné srubové konstrukce**

O těchto srubových konstrukcích se dá říci, že různými způsoby a ve větší či menší míře imitují pravé srubové konstrukce. Tyto sruby mají konstrukci složenou ze dvou základních částí. První část tvoří falešná exteriérová konstrukce imitující pravé sruby. Část druhá zajišťuje statickou stránku konstrukce, která může být tvořena sloupky,

panely, zdívem či betonem. Falešná exteriérová konstrukce bývá tvořena falešným obkladem v tloušťkách mezi 28 až 50 mm. Zmíněný falešný obklad je poté připevněn na dřevěný rošt, čímž vzniká potřebná provětrávaná mezera. Druhou možností falešné exteriérové konstrukce je srubový obklad tloušťky 80 až 150 mm spojený klasickými rybinovými rohovými spoji. U první možnosti se pro obložení využívají v největší míře modřín a borovice u druhé možnosti se pak jedná o smrk a borovici. I u těchto konstrukcí je nezbytná konstrukční ochrana ve formě dlouhých přesahů střech nebo ochrana zajištěna povrchovou úpravou obkladů ekologickými nátěry. (Štefko a kol., 2010)



**Obr. č. 14 Ukázka falešné srubové konstrukce**

(Štefko a kol., 2010)

### **3.2 Hrázděné konstrukce**

Jedná se o historické konstrukce, které se skládají ze dvou základních konstrukčních částí s odlišnou funkcí. První část představuje nosnou kostru, která je tesařsky vázaná z hraněného řeziva. Druhá část slouží jako výplň, která může být tvořena různými typy zdiva. Dalšími neméně důležitými prvky jsou vzpěry a stěnové rozpěry, které jsou uspořádány uhlopříčně a zajišťují vyztužení celé konstrukce. (Skopalová a Šenfeld, 2015) Vzpěry a rozpěry zabezpečují smykovou tuhost, která je v menší míře zajištěna také spolupůsobením nosné kostry a výplně. (Štefko a Reinprecht, 2014)

Z hlediska složení hrázděné konstrukce lze nosnou kostru popsat tak, že je tvořena z několika prvků, kterými jsou sloupy, vzpěry, rozpěry, překlady, vaznice a prahy. Co se týká typu dřeviny, ze které je spodní práh vyhotoven, tak se nejvíce využívá dub či modřín. Nosná kostra zůstává ve výsledku z vnější strany jako pohledová. To vytváří příjemný estetický dojem a dané konstrukci je zároveň přidáno na dominantnosti. (Štefko a Reinprecht, 2014)



**Obr. č. 15 Tradiční hrázděná konstrukce – Kostel Míru**

(Zdroj: Ježek, 2016)

V současné době se s výstavbou tradiční hrázděné konstrukce, která by měla přiznanou nosnou kostru z exteriérové strany, úplně nesetkáme. To samé platí pro určité prvky samotné nosné konstrukce, a to zejména vzpěrné prvky, které jsou již nahrazeny alternativou ve smyslu deskových materiálů a nových materiálů na bázi dřeva. Neznamena to však, že tesařské řemeslo hrázděných staveb úplně vymizelo, jelikož u některých typů staveb je tato konstrukce ekonomičtější. Jedná se například o zemědělské stavby či klasické jednopodlažní či dvoupodlažní objekty. (Kolb, 2011)

#### **Charakteristické znaky hrázděných staveb:**

- snadné provedení montáže
- tradiční hrázděná konstrukce zvenku pohledově přiznána
- možnost staveb s několika podlažími
- zejména větší čtvercové průřezy dřevěných nosných elementů
- tesařské spoje – plátování, čepy a zapuštění (Kolb, 2011)

### **3.3 Sloupkové systémy (Balloon-Frame a Platform-Frame)**

V dnešní době lze tyto systémy označit jako nejpoužívanější konstrukce nosných stěn ze všech známých typů dřevěných konstrukcí. Začátky těchto systémů se začali



utvářet ve Spojených státech. (Zahradníček a Horák, 2011) Jednalo se o období kolem roku 1830, kdy ve Spojených státech začala být velká poptávka po rychlém bydlení. Zároveň to byla doba úspěšného průmyslu v odvětví výroby strojních pil a hřebíků, proto toto spojení velké poptávky po bydlení a potřebného materiálu na výrobu dalo vzniknout sloupkovým systémům, které se používají v nemalém množství po celém světě dodnes. (Borgström, 2016)



**Obr. č. 16 Ukázka stavby v sloupkovém systému**  
(Zdroj: Macek, Střelcova, 2013)

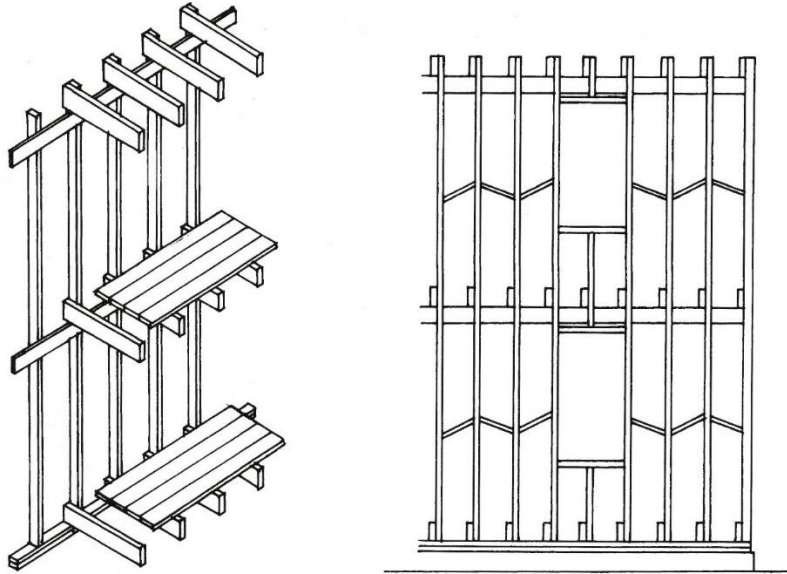
Ve srovnání se severskými zeměmi, kde se tyto konstrukce vyrábí v továrnách, jsou ve Spojených státech dané konstrukce naopak běžně vyhotoveny přímo na stavbách. Výstavba rodinných domů v sloupkovém systému je pro severské země klíčovou produkcí. Mají zde i jasný cíl ve smyslu realizace, a to ten aby daný rodinný dům byl objednan, vyroben a dovezen tou samou společností. Lze tedy říci, že se jedná o systém jednoho dodavatele. (Borgström, 2016)

Ohledně rozvoje sloupkových systémů v Evropě se dá říci, že byl úspěšně započat kolem roku 1930, přičemž předlohou evropským sloupkovým systémům byly právě konstrukce ze Spojených států. Samozřejmě tyto systémy musely být uzpůsobeny poměrům a nárokům na kvalitu, které na ně byly kladeny ať už na evropské či národní úrovni. (Kolb, 2011)

Sloupkové systémy jsou zejména složeny z dřevěných elementů, mezi které patří sloupky, fošny případně prkna. Sloupky jsou rozmístěny v pravidelném rastru od 400 do 600 mm. Podle postupu zhotovení konstrukce podlaží se sloupkové systémy rozdělují na dva typy, přičemž první je pod názvem Balloon-Frame a druhý je znám pod označením Platform-Frame. (Kuklík, 2005)

## Balloon-Frame

U tohoto sloupkového systému je konstrukce řešena tak, že její nosné sloupky postupují nepřerušeno přes dvě nebo více podlaží. Tyto sloupky jsou v patře opatřeny zářezy pro zapuštění stojaté fošny, na které spočívají stropní nosníky. (Kuklík, 2005)

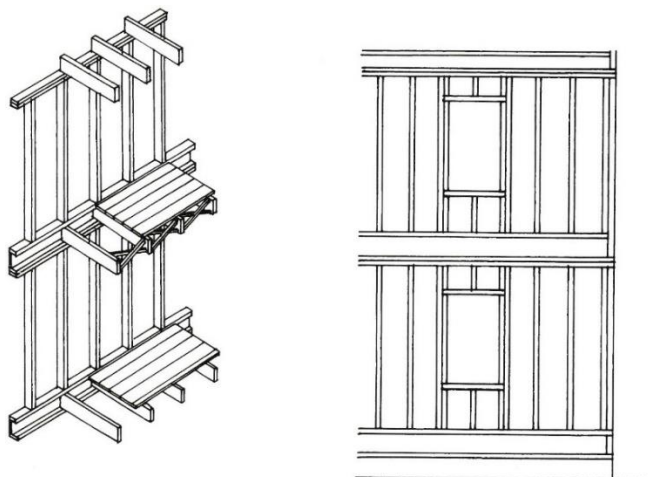


Obr. č. 17 Konstrukce Balloon-Frame

(Štefko a Reinprecht, 2014)

## Platform-Frame

V rámci druhého systému se jedná o princip tzv. poschod'ové skladby. To znamená, že výška nosných sloupků je shodná s výškou jednoho podlaží tedy sloupky nepostupují přes více podlaží. Lze říci, že tento systém představuje možnost flexibilnějšího architektonického řešení. (Suchopár, 2020)



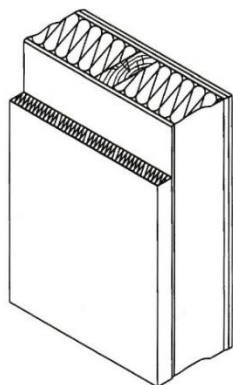
Obr. č. 18 Konstrukce Platform-Frame

(Štefko a Reinprecht, 2014)

Pokud by se měli specifikovat konstrukční prvky sloupkových systému, které se užívají v dnešní době, tak jde o sloupky, jejichž průřez se pohybuje mezi šířkou 50 až 60 mm a s výškou 100, 120 a 140 mm u obvodových nosných stěn v návaznosti na typ použité tepelné izolace. Pro vnitřní stěny neboli příčky je vyhovující tloušťka menší a to kolem 100 mm. Problém, který může nastat z hlediska statického posouzení, je ten, že navrhnutý průřez nemusí být vyhovující. Proto mohou být dané sloupky navrhnuty s průřezem složeným či členěným. Další možností je tyto sloupky vzájemně sdružovat. (Štefko a Reinprecht, 2014)

Často se také u sloupkových staveb řeší zvýšení požární odolnost, která se dá ovlivnit různými typy konstrukčních materiálů, které budou v konstrukci použity jako například opláštění nosné konstrukce z interiérové strany sádkartonovými deskami. (Štefko a Reinprecht, 2014)

Další bod, který by neměl být u sloupkových staveb podceňován, jsou tepelné mosty. Tepelné mosty je nutné v ideální variantě úplně odstranit či je v návrhu sloupkové stavby přerušit. Jedním opatřením je právě použití kontaktního zateplovacího systému či odvětrávané fasády. To zajistí dosažení teploty uvnitř konstrukce nad hodnotu rosného bodu. Dále je vhodné navrhnout zateplení i z interiérové strany a to v tloušťkách od 60 do 80 mm. (Štefko, Reinprecht, 2014)



**Obr. č. 19 Skladba s kontaktním zateplovacím systémem**

(Štefko, Reinprecht, 2014)

Při samotném procesu přípravy konstrukčních výkresů návrhu sloupkových staveb existují čtyři možné obecné zdroje chyb, na které se musí dát pozor. Prvním možným zdrojem chyb může být malá kvalita architektonických výkresů. Pro projektanta je následně velice obtížné z nesprávných a neadekvátních architektonických výkresů vyhotovit vysoce kvalitní konstrukční výkresy sloupkové stavby. Jedná se například o nspecifikované či neúplná měřítko architektonických výkresů či nepřesné rozměry, ze kterých se poté vychází. Druhým zdrojem chyb může být nepřesnost rozměrů v konstrukčních výkresech. To poté může způsobit nepříjemnosti na staveništi při

samotné realizaci. Třetím zdrojem chyb mohou být nesprávné detaily a postrádání odkazů na detaily či část planu, pro který je konkrétní detail určen. A jako poslední zdroj chyb lze uvést jasnost či srozumitelnost konstrukčních výkresů. (Newman, 1994)

### 3.4 Rámové konstrukce

Jako předchůdce, z kterého se tyto stavby vyvinuly, lze označit sloupkové systémy Balloon-Frame a Platform-Frame. Tato rámová konstrukce je ve Spojených státech a severských zemích považována za velice uznávaný konstrukční systém s širokým zastoupením v provedených realizacích. V zámořských oblastech se jedná téměř o 90% všech realizací jedno až dvoupodlažních rodinných domů. Pokud by se měla zhodnotit Evropa, tak ani ta nezůstává pozadu a počet dřevěných rámových staveb zde neustále narůstá. (Kolb, 2011)

V současné době jsou rámové stavby řešeny jako prefabrikované objekty, které jsou vyrobeny ve výrobním závodě. Tento konstrukční systém nám umožňuje navrhovat různou skladbu konstrukcí obálky objektu v návaznosti na účel stavby. Ať už se jedná o skladbu stěn, stropů či střechy. Všechny tyto konstrukční části jsou vyhotoveny jako dílce, přičemž samotná výroba těchto dílců je realizována v klimatizovaných výrobních halách, tak aby byly splněny optimální výrobní podmínky. Výrobní haly jsou samozřejmě vybaveny různými druhy strojů od dopravních až po výrobní stroje s počítačovým řízením. Co se týká přepravy materiálu uvnitř haly, tak ta je zajištěna například mostovými jeřáby či jinými zdvihacími prostředky. S tím je spojená možnost výroby rozměrově větších dílců oproti dřívějším dobám s následným respektováním maximálních rozměrů jednotlivých konstrukčních dílců v návaznosti na bezpečný provoz na silnicích. (Kolb, 2011)

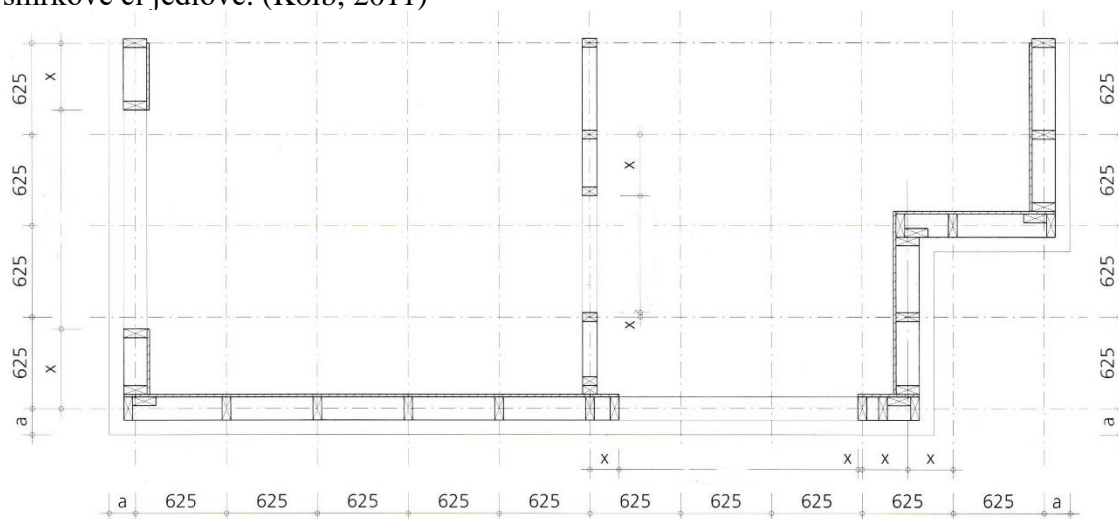


**Obr. č. 20 Ukázka montáže rámové dřevostavby**

(Zdroj: Šimonová, 2015)

Hlavním konstrukčním prvkem rámových staveb je dřevěný rám neboli nosná kostra, která se skládá ze sloupků v pravidelné vzdálenosti. Provedení nosné kostry se může lišit s ohledem na konečné využití v objektu. To znamená, zda daná nosná kostra bude určena jako stěnová, stropní, obvodová, příčková nosná nebo nenosná. Prostor mezi sloupky je vyplněn tepelnou či zvukovou izolací v požadované tloušťce. Dále je tento rám opláštěný velkoformátovými konstrukčními deskami, které jsou například známé pod názvem OSB, dřevotřísková deska či deska sádrovláknitá. Prefabrikované panely lze vyrobit s hrubým dokončením či s téměř kompletním finálním interiérovým i exteriérovým dokončením včetně oken a dveří. Z těchto panelů se dají vyrobit všechny jednotlivé části domu, ať už se jedná o svislé, vodorovné či střešní konstrukce. (Štefko a Reinprecht, 2014) Fasáda může být u panelových staveb řešena odvětrávanou fasádou jako obklad z rostlého dřeva či z desek na bázi dřeva. Nebo může být využit druhý způsob, kterým je kontaktní venkovní izolace s omítkou. (Kolb, 2011)

Za základní dimenze dřevěných sloupků v nosné kostře se bere rozměr 60/120 mm, který ale nemusí být z důvodu tloušťek izolací a přenášení zatížení dostačující a proto dochází ke zvětšování těchto průřezů ze 120 na 160, 180 a 200 milimetrů. Dalším řešením je přidání izolace v další vrstvě. Lze říci, že dřevo, které je pro konstrukci nosné kostry rámových staveb použito, má vlhkost 12% a může to být rostlé či lepené dřevo nejčastěji smrkové či jedlové. (Kolb, 2011)



**Obr. č. 21 Půdorysný rastr**

(Kolb, 2011)

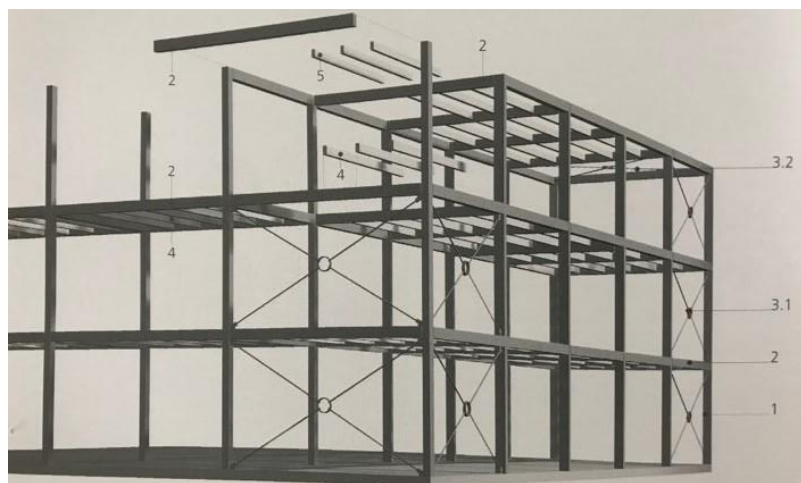
V případě půdorysného rastru se jedná u rámových konstrukcí o modul 625 mm. Tento modul nám udává osovou vzdálenost jednotlivých sloupků, které nám tvoří nosnou kostru. Modul 625 mm je zvolen, z toho důvodu, že jsou v něm vyráběny i desky na bázi dřeva, kterými je poté nosná kostra opatřena. Mezi další aspekty, které mohou mít vliv

na volbu rastrového rozměru, patří rozměry izolačního materiálu, rozměry oken, balkónových a vnitřních dveří a členění fasády. (Kolb, 2011)

### 3.5 Skeletové konstrukce

Provedení dřevostavby ve skeletové konstrukci bylo časté i v dávných dobách, proto lze říci, že se jedná o jeden z nejstarších typů konstrukce, se kterým se lze u dřevostaveb setkat. Už z názvu je patrné, že skeletem je myšlena nosná kostra, která je vytvořena ze sloupů. (Hanzelín, 2015)

V současnosti se skeletové konstrukce navrhují, tak že mají velký rozměrový rastr, který umožňuje vyplňování nosné kostry vnitřními a vnějšími stěnami v jakémkoliv provedení. Jednodušeji řečeno současné skeletové konstrukce se skládají z nosné kostry v pravidelném rastru, která je vyplněna stěnami uzavírající prostor mezi sloupky nosné kostry. Stěny uzavírající prostor neplní nosnou funkci a mohou být řešeny i jako prosklené plochy. Dalšími důležitými nosnými prvky, které utváří skeletové konstrukce, jsou nosníky uspořádané též v daném modulovém rastru. To vše ještě zajišťují výtuzňné prvky, které mají také své přesné umístění. Z interiérové strany se skeletové stavby nechávají pohledové. (Kolb, 2011)



**Obr. č. 22 Konstrukční prvky – nosná konstrukce**

1 – Sloup, 2 – Nosník, průvlak, kleštiny, tlačení prvek, 3. 1 – Svislé vyztužení,  
3. 2 – Vodorovné vyztužení, 4 – Trámový strop, stropní prvky, 5 – Krokve, střešní prvky  
(sekundární nosná konstrukce)

(Kolb, 2011)

Skeletové stavby jsou zajímavou a vhodnou konstrukcí při potřebě tvorby velkých rozpětí, jelikož jsou na to díky svému provedení a flexibilnímu půdorysnému rastru uzpůsobeny. Jako výhodou je oproti dalším konstrukčním systémům dřevostaveb

nutné uvést i minimální počet vnitřních nosných sloupů, z toho vyplývá volnost řešení vnitřní dispozice, která může hrát důležitý význam u staveb občanské vybavenosti. (Kolb, 2011)

Sloupy, průvlaky či nosníky, které vytváří nosnou konstrukci těžkého dřevěného skeletu, jsou vyráběny z rostlého dřeva či složených průřezů. V případě rostlého dřeva je nutné říci, že se používalo na výstavbu spíše v dřívějších dobách a to jen z určitých dřevin jako je smrk, modřín či dub. V dnešních dobách se používají právě složené průřezy, které mohou být vyrobeny jako vrstvené dýhované dřevo či lepené lamelové dřevo. Pokud by se měli vyzdvihnout určité přednosti složených průřezů, tak by se určitě jednalo o schopnost spojování prvků ve směru délky či rozmanitost konstrukčního řešení oproti rostlému dřevu. Dalšími výhodami jsou přímo jejich vlastnosti, kterými jsou tvarová stálost, rozměrová stabilita, dlouhá životnost či vyšší odolnost proti vzniku trhlin. Slabou stránku lze vidět ve vysokých pořizovacích nákladech ve srovnání s rostlým dřevem.

(Kuthan, 2019)

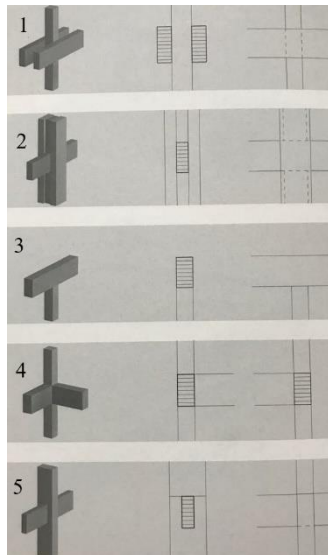


**Obr. č. 23 Dřevostavba v systému těžký dřevěný skelet**

(Zdroj: Kuthan, 2019)

U skeletových staveb je také velmi důležité vzájemné spojení jednotlivých dřevěných prvků, které je zajištěno viditelnými či neviditelnými – zapuštěnými ocelovými prvky. Běžnou praxí jsou i čisté spoje dřeva. (Kolb, 2011) S tímto souvisí i několik variant vyhotovení styků nosných prvků neboli typů spojů vodorovných a svislých konstrukcí. (Kuklík, 2005)

Dalším důležitým bodem je již zmíněné ztužení, které může být vodorovné či svislé. Mezi vodorovné ztužení patří zavětrovací pásy, diagonály z ploché oceli a desky na bázi dřeva. Jako svislé ztužení se používají ocelové kříže, diagonály z rostlého dřeva, plné tabule a vestavby jako jsou schodiště či větrací šachty. (Kolb, 2011)



**Obr. č. 24 Typy spojů nosné konstrukce**

(Kolb, 2011)

### **3.6 Konstrukce z masivního dřeva**

Za masivní dřevostavby lze považovat takové objekty, které mají konstrukci zhotovenou z dřevěného materiálu a to v její celé ploše. To znamená, že se nejedná o konstrukce, které by měly nosnou kostru vytvořenou z jednotlivých podpor. (Pavlas, 2016) Tyto konstrukce mohou být navrženy ze dřeva lepeného, příčně lepeného či spojované spojovacími prostředky. Další a velice málo používanou možností jsou desky na bázi dřeva, které se pro tvorbu masivních konstrukcí též využívají. Masivní konstrukce může být vyhotovena ve smyslu masivního deskového průřezu či skříňového dílce, které následně vytváří komplexní konstrukci dané stavby z masivního dřeva. (Kolb, 2011)



**Obr. č. 25 Ukázka konstrukce z masivního dřeva**

(Zdroj: Daňková, 2020)



U masivních dřevostaveb je také nutné počítat s vnější izolační vrstvou, která je od konstrukčních prvků z masivního dřeva jednoznačně oddělena. Konstrukční prvky mohou být vyrobeny vrstvením či skládáním daných přířezů, které jsou spojovány lepením či spojovacími prostředky ve smyslu kolíků z tvrdého dřeva, vrutů, šroubů či hřebíků. (Vaverka a kol., 2008)

Konstrukce z masivního dřeva reprezentuje v dnešní době hned několik systémů, se kterými se lze setkat. Hlavní rozdíl u jednotlivých systémů je zejména ve způsobu složení nosné kostry ze dřeva, která je vyrobena jako prefabrikát, který se následně dopravuje na místo konečné stavby. (Vaverka a kol., 2008) Co se týká konkrétních systémů, tak se jedná například o křížem slepené dřevo, vrstvené řezivo či křížově kolíkované dílce. (Kolb, 2011)

Systém křížem slepeného dřeva je založen na principu, jak už název napovídá, slepení určitého množství vrstev lamel, které jsou na sebe navzájem kolmé. Pro vzájemné spojení jednotlivých vrstev se využívá lepení za studena a lisování. Z takto slepeného souboru poté vznikne výsledný masivní panel, který může plnit funkci stěny stropu či střechy. Vysoká tvarová stálost jednotlivých panelů je zajištěna právě křížovou orientací jednotlivých vrstev lamel, které spolu sousedí. V případě celkové tloušťky panelu se jedná o rozmezí 60 až 240 mm. Tato tloušťka musí být vytvořena minimálně ze tří vrstev. Lze použít i pět vrstev maximálně však může být tvořena sedmi vrstvami. Dalším důležitým rozměrem je výška panelů, která je klasicky 3 m a délka, která by se měla pohybovat mezi 16 až 18 m. Tyto rozměry záleží od konkrétního výrobce. Z tohoto konstrukčního systému je možno stavět rodinné domy i budovy s více podlažími. (Pavlas, 2016)



**Obr. č. 26 Ukázka křížem slepeného dřeva**

(Zdroj: Zveiger, Doolittle, 2018)

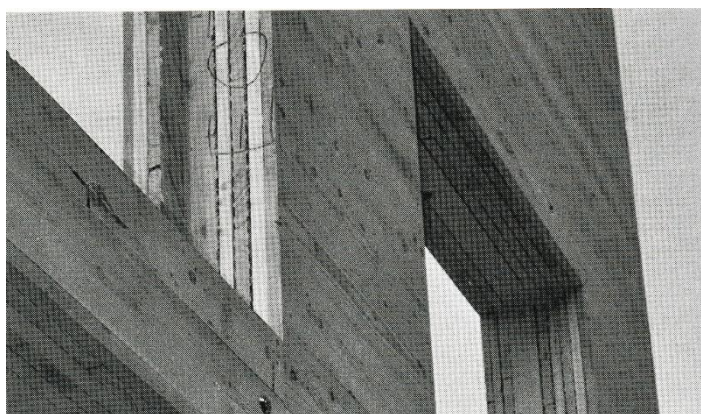
Další systém, který se využívá, je vytvořen z prken orientovaných nastojato. Tyto prkna jdou po celé výšce panelu a zpravidla nejsou stykované. Není však problém v provedení délkového nastavení zubovitým spojem pro dosažení formátů větších velikostí. V případě tloušťky jednotlivých prken neboli lamel se jedná o rozmezí 20 až 50 mm. Tyto prkna jsou vzájemně provázány kolíky z tvrdého dřeva. Toto provázání zajistí přenos smykových sil v příčném směru. Takto vzniklé panely mohou mít tloušťku mezi 80 až 240 mm s různou kvalitou povrchu. (Kolb, 2011)



**Obr. č. 27 Vrstvené řezivo spojené kolíky z tvrdého dřeva**

(Zdroj: Dohnal, 2018)

Posledním systémem, který bude popsán, je systém křížově kolíkových dílců. Tento systém se skládá z jádra a z oboustranného opláštění tohoto jádra. Jádro je tvořeno stojatými fošami v tloušťce 60 až 80 mm. Opláštění tvoří prkna v tloušťce 20 až 50 mm z jehličnatých dřevin a to v několika vodorovných, svislých a diagonálních vrstvách. K jádru je opláštění připevněno pomocí kolíků. Takto zhotovené dílce je možné využít zejména pro stěny. (Kolb, 2011)



**Obr. č. 28 Křížově kolíkové dílce**

(Kolb, 2011)

## Ukázka moderní konstrukce dřevostavby současnosti:

### FINCUBE



**Obr. č. 29 Moderní modulární dřevostavba FINCUBE**

(Zdroj: Němcová, 2019)

O této dřevostavbě se dá říci, že se jedná o stavbu ekologicky šetrnou k životnímu prostředí. Je vyrobena z dřeviny modřínu, který utváří vnější stínící plášť, tak i vnitřní nosnou konstrukci. Dle projektantů této dřevostavby, se také jedná o objekt, který je variabilní, udržitelný, mobilní a je navrhnut jako dům nízkoenergetický s trojitým zasklením. Dále je navrhnut z dlouhodobě recyklovatelných materiálů. Tento objekt se nachází 1200 metrů nad mořem v oblasti severní Itálie a má zhruba 47 metrů čtverečních plochy, kterou lze užívat. (Jodidido, 2019)



**Obr. č. 30 Detail FINCUBE**

(Zdroj: Němcová, 2019)

## 4. Popis základních pojmů stavební fyziky

Ve stavební fyzice se lze setkat se třemi základními oblastmi neboli pojmy, mezi které patří stavební tepelná technika, stavební akustika a osvětlení přirozeným světlem. (Kulhánek, 2006)

### 4.1 Tepelná technika

Zabývá se a definuje principy navrhování stavebních konstrukcí z pohledu tepelných, teplotních, vlhkostních a vzduchových parametrů. (Kulhánek, 2006)

#### 4.1.1 Objemová hmotnost

Vyjadřuje poměr mezi hmotností materiálu a objemem materiálu včetně dutin, mezer a pórů. Lze říci, že se jedná o objem stanovený z tzv. vnějších rozměrů. Velkou závislost má objemová hmotnost na vlhkosti materiálu. V případě, že se jedná o objemovou hmotnost materiálu v suchém stavu, tak jsou póry vyplněny pouze vzduchem. V případě částečného vyplnění pórů vodou se požaduje uvádět konkrétní vlhkost materiálu. Tato veličina se označuje  $\rho$  a jednotkou je  $\text{kg/m}^3$ . (Smutný, 2013)

#### 4.1.2 Součinitel tepelné vodivosti

Jedná se o základní veličinu, která vyjadřuje schopnost materiálu vést teplo. Tato veličina se označuje  $\lambda$  a jednotkou je  $\text{W/m.K}$ . Hodnota lambdy je úzce spjata a vázána na teplotu, vlhkost a tloušťku materiálu. Přehled používaných hodnot součinitele tepelné vodivosti:

$\lambda_D$  – deklarovaná hodnota součinitele tepelné vodivosti

$\lambda_{10}$  – naměřená hodnota součinitele tepelné vodivosti (střední teplota  $10^\circ\text{C}$ )

$\lambda_k$  – charakteristická hodnota součinitele tepelné vodivosti

$\lambda_U$  – výpočtová hodnota součinitele tepelné vodivosti

$\lambda_R$  – výpočtová hodnota součinitele tepelné vodivosti podle DIN 4108

(Šubrt a kol., 2011)

#### 4.1.3 Měrná tepelná kapacita

Lze ji vyjádřit jako množství tepla, které se musí dodat 1 kilogramu látky, aby se ohřál o 1 kelvin. Tato veličina má označení  $c$  a jednotkou je  $\text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ . Velmi důležitou hodnotou je i teplota dané látky. (Krynický, 2019)

#### 4.1.4 Součinitel prostupu tepla

Tato veličina je považována za základní tepelně technickou hodnotu, která popisuje tepelně izolační schopnosti stavebních konstrukcí. Zjednodušeně vyjadřuje množství tepla, které unikne konstrukci s plochou 1 metr čtvereční, při rozdílu teplot

jejich povrchů 1 kelvin. Součinitel prostupu tepla má označení  $U$  a jeho jednotkou je  $W/m^2.K$ . (Kulhánek, 2006)

Důležitým aspektem je také teplotní rozdíl mezi povrchem stěny a vzduchu, se kterým souvisí koeficient prostupu tepla. Tento koeficient má označení  $h$  a jeho jednotkou je  $W/m^2.K$ . Je nutné rozlišovat koeficient prostupu tepla na interiérové straně s označením  $h_i$  a na exteriérové straně s označením  $h_e$ . Hodnota tohoto koeficientu závisí na teplotě vzduchu a teplotě povrchu konstrukce, směru přestupu tepla, rychlosti a druhu proudění vzduchu, orientaci, tvaru a drsnosti stěny, viskozitě a hustotě vzduchu. (Kulhánek, 2006)

#### **4.1.5 Způsoby šíření tepla**

Mezi základní způsoby šíření tepla řadíme: vedení (kondukce), proudění (konvekce) a sálání (radiace). Pod pojmem šíření tepla si lze zjednodušeně představit snahu o vyrovnaní teplotního stavu tělesa nebo prostoru, kdy se šíří teplo z místa s vyšší teplotou do místa o teplotě nižší. (Kulhánek, 2006)

Přenos tepla vedením probíhá zejména v pevných látkách, ale také v kapalinách a plynech. Jedná se o odevzdání kinetické energie přímým kontaktem. Přenos tepla prouděním probíhá v kapalných a plynných látkách. V praxi se lze setkat s přirozeným a vynuceným prouděním. Pokud se jedná o přirozené proudění tak v tomto případě je teplo přenášeno pohybem částic a jejich shluků. V případě vynuceného proudění se jedná o stav způsobený vnějšími vlivy, kterými může být například ventilátor či čerpadlo. Přenos tepla sáláním je založen na principu přenosu tepla pomocí elektromagnetického záření. (Kulhánek, 2006)

#### **4.1.6 Tepelný odpor**

Tato veličina vyjadřuje míru odporu proti pronikání tepla. Dále se dá říci, že teplo prochází tím pomaleji, čím je vyšší tepelný odpor materiálu. Při navrhování obálky budovy je tedy cílem co nejvyšší hodnota tepelného odporu. Tepelný odpor má označení  $R$  a jeho jednotkou je  $m^2.K/W$ . Dále se také rozlišuje tepelný odpor na vnitřní straně  $R_{si}$  a tepelný odpor na vnější straně  $R_{se}$ . (Smutný, 2017)

#### **4.1.7 Difúze a kondenzace vodní páry**

Předpokladem pro kondenzaci vodní páry je konstrukce oddělující dvě prostředí, které jsou charakteristické rozdílnými částečnými tlaky vodní páry. Podmínkou pro difúzi vodní páry je tedy rozdílný parciální tlak vodní páry na opačných stranách konstrukce a pórovitá struktura. K tomu aby došlo ke kondenzaci, musí poklesnout teplota vzduchu pod teplotu rosného bodu. V případě, že je teplota rosného bodu vyšší, jak teplota povrchu

stěny v interiéru vzniká povrchová kondenzace. Výskyt kondenzace může být v celém povrchu nebo jako tepelný most neboli lokální kondenzace. (Kulhánek, 2006)

#### **4.1.8 Součinitel difúze vodní páry**

Tento součinitel je znám také pod názvem součinitel difúzní vodivosti a řadí se mezi základní veličinu popisující schopnost materiálu z pohledu difúze vodních par. Čím vyšší je součinitel difúzní vodivosti, tím více umožňuje daná stěna prostupování vodní páry z interiéru do exteriéru. Tato veličina má označení  $\delta$  a její jednotkou je kg/s.m.Pa. (Hejhálek, 2010)

#### **4.1.9 Difúzní odpor**

Tato veličina vyjadřuje míru odporu konstrukce proti difúznímu prostupu vodní páry. Difúzní odpor se označuje  $Z_{pT}$  a má jednotku m/s. (Hejhálek, 2010)

#### **4.1.10 Faktor difúzního odporu**

Jedná se o bezrozměrnou veličinu, kterou lze vyjádřit kolika násobně nehybná vrstva vzduchu propouští lépe vodní páru oproti stejné tloušťce vybraného materiálu. Tato veličina má označení  $\mu$  a je, jak již bylo zmíněno bezrozměrná. (Hejhálek, 2010)

#### **4.1.11 Ekvivalentní difúzní tloušťka**

Zjednodušeně tato veličina říká, kolik metrů vzduchové vrstvy by bylo třeba pro nahrazení vybrané vrstvy, tak aby ji vzduchová vrstva byla schopna nahradit svými difúzními vlastnostmi. Praktické využití se najde například při posuzování fólií z pohledu difúzních vlastností. (Hejhálek, 2010)

### **4.2 Stavební akustika**

Formuluje nároky na zvukově izolační vlastnosti dělicích konstrukcí zejména z pohledu vzduchové a kročejové neprůzvučnosti. (Kaňka a Nováček, 2015) Především se také zaměřuje na ochranu vnitřního prostředí budov z pohledu nepříznivého hluku, který může v okolí vznikat a působit negativně. (Fišarová, 2014)

#### **4.2.1 Zvuk, hluk a vibrace**

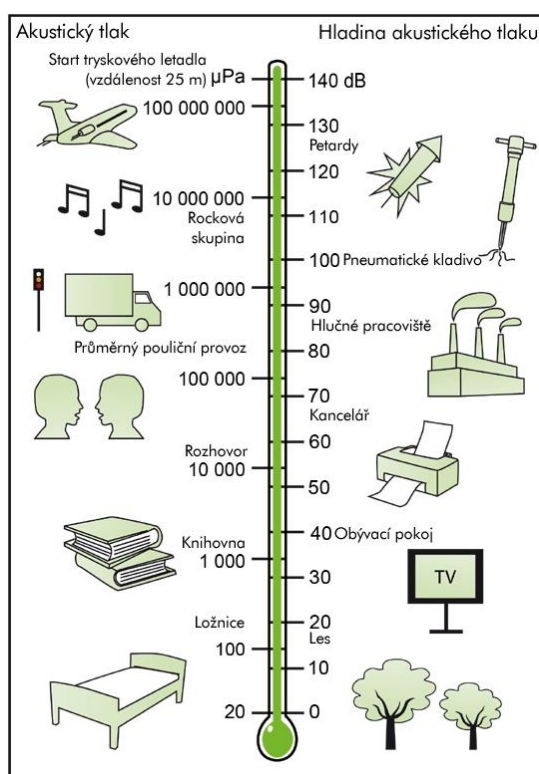
U zvuku se jedná se o mechanické vlnění, které probíhá v pružném prostředí. V případě, že se frekvence zvuku pohybuje v rozmezí 20 Hz – 20 kHz, jedná se o zvuk slyšitelný sluchem. Dalším druhem zvuku je tzv. infrazvuk, který je zpravidla s frekvencí menší než 20 Hz. Posledním druhem dle hodnoty frekvence je ultrazvuk, jehož hodnota je nad 20 kHz. (Fišarová, 2014)

Za hluk lze označit jakýkoliv nežádoucí zvuk, který může mít na člověka negativní vliv. (Fišarová, 2014)

Pokud se šíří zvuk přes pevný materiál, tak může docházet k vibracím neboli otřesům, které jsou také označovány jako mechanické kmitání. Specifickou vibrací je chvění, které má rozsah od 20 Hz – 20 kHz. (Fišarová, 2014)

#### 4.2.2 Akustický tlak

Tato veličina má označení P a jednotkou je Pa. Jedná se o efektivní hodnotu, která představuje střídavé změny statického neboli atmosférického tlaku vzduchu. S touto veličinou dále souvisí také hladina akustického tlaku s označením L a jednotkou dB. Pod pojmem hladina akustického tlaku si lze představit poměr aktuálního akustického tlaku k prahové hodnotě. Hladina akustického tlaku je také známá pod pojmem mohutnost zvuku. Dá se říci, že mohutnost zvuku je měřitelná bez větších problémů. (Čechura, 1997)



Obr. č. 31 Akustický tlak a hladina akustického tlaku

(Zdroj: Lehtinen, 2019)

#### 4.2.3 Intenzita zvuku – akustická intenzita

Jinými slovy se tato veličina nazývá také plošná hustota akustického výkonu, která představuje míru účinku vlnění a jím přenášeného zvuku. U této veličiny platí pravidlo, že citlivost lidského sluchu z pohledu vnímání má s rostoucí hodnotou intenzity klesající tendenci neboli sluchový orgán přichází o schopnost plnohodnotného vnímání dalšího přírůstku dané intenzity. Tato veličina se označuje I a její jednotkou je  $W \cdot m^{-2}$ . V případě, že by akustická intenzita byla formulována v decibelech, jednalo by se o hladinu akustické intenzity  $L_i$ . (Kaňka a Nováček, 2015)

#### **4.2.4 Vzduchová a kročejová neprůzvučnost**

Z pohledu definice si lze pod pojmem neprůzvučnost představit určitou schopnost stavební konstrukce ve smyslu snížení velikosti propouštěného zvuku do prostoru, který je chráněný. V této problematice se rozlišují dva typy neprůzvučnosti, mezi které patří neprůzvučnost vzduchová a kročejová.

Vzduchovou neprůzvučnost lze popsat jako šíření zvuku ze vzduchu skrz dělicí konstrukci zase zpátky do vzduchu. Pro vzduchovou neprůzvučnost je velmi důležitá veličina hladina akustického tlaku, která se měří pomocí všesměrového zdroje hluku a mikrofону. Tato veličina se měří ve vysílací i přijímací místnosti. Mezi další veličiny, které jsou také měřeny, patří hluk pozadí, doba dozvuku, plocha společné části dělicí konstrukce a objem přijímacího prostoru. V praxi se lze setkat se stavební vzduchovou neprůzvučností, laboratorní vzduchovou neprůzvučností a normovaným rozdílem hladin.

Kročejovou neprůzvučnost lze definovat jako energii, která vychází z vibrující dělicí konstrukce neboli podlahy vlivem lidské chůze. Tato veličina se měří prostřednictvím normalizovaného zařízení, které se skládá ze systému kladívek bouchajících do podlahy. Tomuto zařízení se také jinak nazývá klepadlo. Měřenými veličinami je hladina akustického tlaku v přijímací místnosti, hluk pozadí, doba dozvuku a objem přijímacího prostoru.

Obě dvě neprůzvučnosti jsou měřeny v decibelech. (Fišarová, 2014)

### **4.3 Osvětlení přirozeným světlem**

Formuluje nároky při hodnocení a navrhování množství přirozeného slunečního, přímého a rozptýleného světla, které se vyskytuje ve vnitřním prostředí staveb. (Vajkay, 2014)

#### **4.3.1 Zářivý tok**

Tato veličina je využívána zejména v oboru radiometrie přičemž se dá využít i při vyjádření světelného toku. O této veličině se dá říci, že se rovná energii zdroje, který je zdrojem optického záření elektromagnetického pole neboli zářením ultrafialovým, infračerveným či viditelného světla za jednotku času. Zářivý tok má označení  $\Phi$  a jednotkou je W. (Vajkay, 2014)

#### **4.3.2 Relativní světelná účinnost**

Tento pojem je spojen s procesem vidění, který je tzv. fotochemickou reakcí. Tato reakce probíhá v očích, které jsou vystaveny světlu. Toto světlo probíhá nejdříve rohovkou, poté čočkou až se dostane na zadní část oka. V zadní části oka se nachází



fotoreceptory, které zajišťují převod a následný přenos obrazového vjemu do mozku ze sítnice. Převod probíhá pomocí nervových vzruchů. Fotoreceptory lze rozdělit na tyčinky a čípky. Někdy se také mezi fotoreceptory zařazují gangliové buňky, ale jejich prací je koordinace funkce tyčinek a čípků. (Vajkay, 2014)

### 4.3.3 Světelný tok

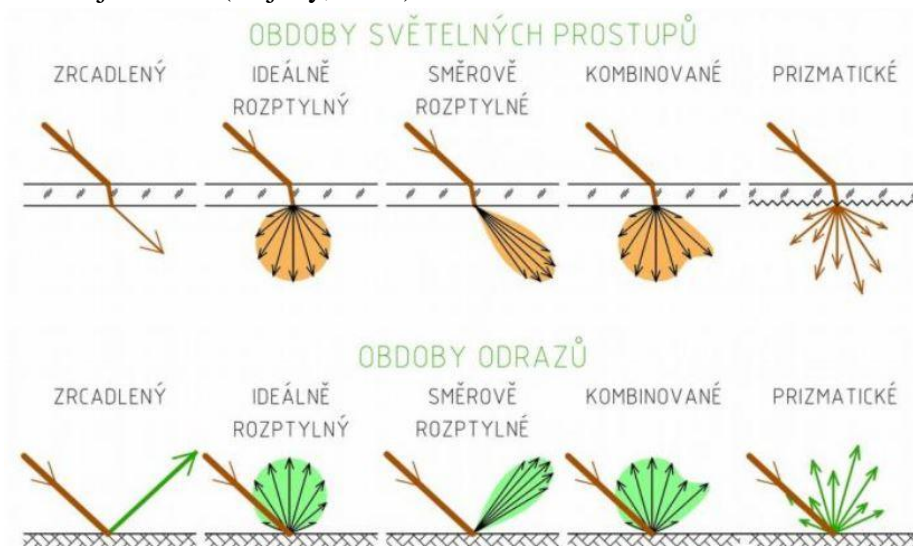
O světelném toku se dá říci, že je prvkem zářivého toku. Pomocí zářivého toku, který je v rozmezí viditelného světla, lze vyjádřit velikost světelného toku. Ten může být vyjádřen pro denní či noční vidění. Světelný tok má označení  $\Phi$  a jeho jednotkou je lumen. (Vajkay, 2014)

### 4.3.4 Svítivost

Jedná se o veličinu, která vyjadřuje množství světla vyzařované bodovým zdrojem. Toto světlo je vyzařováno pod úhlem jednoho steradiánu. Daná veličina se označuje I a její jednotkou je kandela. (Vajkay, 2014)

### 4.3.5 Jas

Tato veličina popisuje svítivost vyzařovanou danou plochou do prostoru. Daná svítivost má svůj konkrétní směr a je vyzařována pod úhlem. Jas se využívá ke kvantitativnímu popisu vjemu lidského oka na světlé a tmavé barvy. Jas má označení L a jeho jednotkou je  $\text{cd/m}^2$ . (Vajkay, 2014)



**Obr. č. 32 Rozdělení odrazů a prostupů**  
(Vajkay, 2014)

#### **4.3.6 Osvětlenost**

Daná veličina vyjadřuje poměr mezi světelným tokem, který dopadá na povrch a plochou tohoto povrchu. Osvětlenost se označuje  $E$  a její jednotkou je lux. (Vajkay, 2014)

#### **4.3.7 Pracovní rovina**

Pod pracovní rovinou si lze představit vodorovnou či svislou imaginární plochu orientovanou v určité výšce, která je vhodná pro činnosti zraku. Výška roviny odpovídá hodnotě 850 mm od podlahy. Daná podlaha se skládá z bodového rastru, přičemž v jednotlivých bodech jsou dány hodnoty osvětlenosti. (Vajkay, 2014)

#### **4.3.8 Činitel denní osvětlenosti**

Je charakterizován pomocí poměrem dvou hodnot osvětlenosti. Dané hodnoty musí být zachyceny ve stejný moment. Rozlišujeme hodnotu osvětlenosti v interiéru budovy a druhou hodnotu venkovní globální osvětlenosti za podmínky oblohy, která je rovnoměrně zatažená. Činitel denní osvětlenosti má označení  $D$  a jeho jednotkou je procento. (Vajkay, 2014)

#### **4.3.9 Rovnoměrnost osvětlení**

Daná veličina definuje rozmístění světla podél hloubky místnosti, která je hodnocena. Hodnota rovnoměrnosti osvětlení se určuje odlišně pro umělé zdroje světla a přirozené zdroje světla. Jedná-li se o umělé osvětlení, tak se jeho rovnoměrnost vypočítává pomocí minimální a průměrné hodnoty osvětlenosti. Naopak u přirozeného osvětlení je rovnoměrnost vyjadřována z minimální a maximální hodnoty činitele denní osvětlenosti. Rovnoměrnost osvětlení se označuje  $r$  a její jednotkou je procento. (Vajkay, 2014)

#### **4.3.10 Doba proslunění, oslunění**

Jedná se o veličinu, která charakterizuje čas, za který je konkrétní místnost osvětlena pomocí přímého slunečního světla. Jednotka této veličiny se udává v minutách. (Vajkay, 2014)

## **5. Vlastní návrh sloupkové konstrukce na základě požadavků investora**

Dané konstrukční řešení bylo navrženo na základě pozitivních zkušeností samotného investora, jelikož tato dřevostavba je pro zmíněného investora již druhým objektem, který bude realizován jako sloupková stavba v difúzně uzavřeném systému. Sám investor realizoval zhruba před čtyřmi lety svojí první dřevostavbu v tomto systému, ale jednalo se pouze o bydlení, které bylo určeno k rekreaci o volných víkendech a dovolených, jinak daný objekt sloužil k podnikání neboli pronájmu turistům. V průběhu čtyř let užívání si celá jeho rodina bydlení v dřevostavbě tak oblíbila, že se rozhodli pro stavbu rodinného domu, kde budou moc trávit čas každý den a ne pouze o volných víkendech a v časech dovolených.

### **5.1 Požadavky – klimatická oblast**

Dle normy ČSN EN 1991-1-3 se daná stavba bude nacházet v klimatické oblasti K1. V případě sněhové oblasti se bude jednat o sněhovou oblast II, která je typická nadmořskou výškou do 400 m. n. m. (ČSN EN 1991-1-3, 2005)

### **5.2 Požadavky – celoroční bydlení**

Daný rodinný dům je řešen jako dřevostavba, která je vhodná pro bydlení klasické české čtyřčlenné rodiny. Rodinný dům je uvažován a řešen jako stavba pro celoroční bydlení. Zásadním požadavkem investora je navrhnutí rodinného domu ve formě jednopodlažní stavby s plochou střechou, která nabídne prostorné místnosti s dostatkem denního světla. V případě jednotlivých typů místností je dalším důležitým požadavkem uvažování pracovny, která bude sloužit investorovi jako druhá kancelář, jelikož na sousedním pozemku má menší pilařskou výrobu a tímto řešením bude mít dosah nad svou společností i z pohodlí domova a bude tak flexibilní. Investor také dbal na propojení obývacího pokoje s jídelnou a kuchyňskou linkou, tak aby tento propojený prostor byl opravdu místností, která bude pro rodinu centrem společného trávení volného času. Z pohledu úložného prostoru je na přání investora navržena šatna, která by měla posloužit, jak pro denní potřebu například uložení oblečení hostů, tak i pro uskladnění sezónního oblečení. Z pohledu zamezení většího úniku tepla z obytných místností skrz vstupní dveře bylo navrženo zádveří neboli hala.

### **5.3 Požadavky – zasít'ování pozemku**

Daná stavba bude napojena na veřejné inženýrské sítě, a to konkrétně na podzemní vedení NN. Napojení objektu na vedení NN bude provedeno mezi pozemkem investora a místní komunikace, kde bude ze severní strany osazen elektroměrový rozvaděč. Dále bude objekt napojen do obecního vodovodního řadu, který vede pod místní komunikací před objektem. Veškeré odpadní vody, jak splaškové, tak dešťové budou odvedeny do jednotné městské kanalizační stoky, která probíhá pod místní komunikací. Napojení na plyn není uvažováno. U hromosvodu a bleskosvodu je uvažováno klasické řešení.

### **5.4 Požadavky – situační umístění objektu na pozemku**

Místnosti, které plní funkci obytnou, jako jsou například dětské pokoje, ložnice či obývací kouty, by se měli navrhovat na jižní stranu pozemku, která zajišťuje dostatečné proslunění. Technické místnosti, koupelny nebo šatny je účelné navrhovat na stranu, kde vede komunikace neboli je vhodné tyto místnosti uvažovat k severní straně pozemku. (Neufert, 2000)

Podélná osa objektu je rovnoběžná k ose komunikace. Vjezd na pozemek je umožněn ze severní strany, to samé platí i pro vstup ve formě vrátek, který budou využívat pěší. Samotný objekty zabírá z větší části severní stranu pozemku. Z pohledu tvaru se jedná o obdélníkový objekt s plochou střechou opatřenou ze tří stran atikou. Mírný sklon ploché střechy s 3° je orientován na severní stranu objektu, která je opatřena okapem. Jednotlivé místnosti objektu jsou ke světovým stranám orientovány dle požadavků investora. Ze severní strany je situován hlavní vstup, na který navazuje hala. Dále jsou z této světové strany navrženy místnosti, mezi které patří technická místnost, koupelna, šatna a WC. Ze severovýchodní a jihovýchodní strany je navržena kuchyně s jídelnou a obývacím pokojem. Na jižní stranu jsou orientované dětské pokoje. Z jihozápadní strany je navržena ložnice. Pracovna je na přání zákazníka situována na severozápadní stranu.

### **5.5 Požadavky – tepelně izolační vlastnosti**

Požadavkem investora je, aby skladby konstrukcí rodinného domu byly navrženy minimálně v nízkoenergetickém standardu, nejlépe však jako skladby splňující požadavky pasivního domu s ohledem na klimatickou oblast, kterou je oblast K1 s nadmořskou výškou do 400 m. n. m. dle normy ČSN EN 1991-1-3. Okrajové podmínky v průběhu roku jsou pro tuto oblast následující:

- Návrhová venkovní teplota  $T_e$ : - 17° C
- Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$ : 21° C

- Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe: 85 %
- Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub>: 55 % (ČSN EN 1991-1-3, 2005)

## **5.6 Komentáře k návrhu**

### **5.6.1 Komentář k návrhu z hlediska statiky**

V případě statického posouzení a návrhu jednotlivých dimenzí stropnic neboli konstrukčních prvků bylo nutné vypočítat konkrétní hodnoty pro jednotlivé druhy zatížení podle postupů zmíněných v normách. Stálé zatížení bylo vypočítáno podle postupů v normě ČSN EN 1991-1-1. Užité zatížení bylo vypočítáno také podle normy ČSN EN 1991-1-1. (ČSN EN 1991-1-1, 2004) V případě zatížení větrem bylo zatížení počítáno v souladu s normou ČSN EN 1991-1-4 ed. 2 (ČSN EN 1991-1-4 ed. 2, 2013). Z hlediska zatížení sněhem byl proveden statický výpočet v návaznosti na normu ČSN EN 1991-1-3. (ČSN EN 1991-1-3, 2005) Zatěžovací stavy, kombinace zatěžovacích stavů, deformace, reakce, posouvající síly, ohybové momenty a samotné posouzení byly provedeny a automaticky vygenerovány v programu FIN EC 2020.

### **5.6.2 Komentář k návrhu z hlediska požáru**

Daná stavba je navržena jako jeden požární úsek v souladu s požadavky uvedenými v normě ČSN 73 0833 a vyhlášky 23/2008 Sb. Daná stavba má požární výšku 3,9 m. Skladba obvodových stěn, příček a podhledu stropu byla navržena s ohledem na odolnost proti požáru a proto jsou v daných skladbách použity sádrovláknité desky, které mají oproti běžně používanému sádrokartonu výborné protipožární vlastnosti. Posouzení velikosti požárních úseku se neuvažuje. (ČSN 73 0833, 2010)

### **5.6.3 Komentář k návrhu z hlediska kročejové neprůzvučnosti**

Při návrhu jednotlivých konstrukčních skladeb bylo dbáno na vhodný výběr zvukově izolačních materiálů, které zlepšují jak kročejovou, tak vzduchovou neprůzvučnost. Ve skladbě podlahy přilehlé k zemině byla konkrétně použita izolace z desek na bázi čedičové vlny ISOVER N od výrobce ISOVER, která zlepšuje kročejovou neprůzvučnost a dokonale pohlcuje zvuk.

Hodnota snížení hladiny kročejovou zvuku dle normy ČSN EN ISO 717-2 je u této izolace velmi dobrá a tak se jedná o vhodný výběr izolace pro zlepšení kročejové neprůzvučnosti. (ČSN EN ISO 717-2, 2013)

#### **5.6.4 Komentář k návrhu z hlediska vibrací**

Návrh z hlediska vibrací je řešen použitím již zmíněné izolace ISOVER N, která dokonale zabraňuje šíření kročejového zvuku vibracemi.

#### **5.6.5 Komentář k návrhu z hlediska funkčních vlastností**

Dřevostavba je navržena podle požadavků investora, tak aby splňovala celoroční bydlení pro čtyř člennou rodinu v nízkoenergetickém standardu.

#### **5.6.6 Komentář k návrhu z hlediska ceny**

Orientační výše pořizovací ceny tohoto domu na klíč je odhadována na 3 900 000 Kč. Odhad se řídí podle zastavěné a užitné plochy s ohledem na dispozici a typ konstrukce.

#### **5.6.7 Komentář z hlediska výhod a nevýhod navrhované konstrukce**

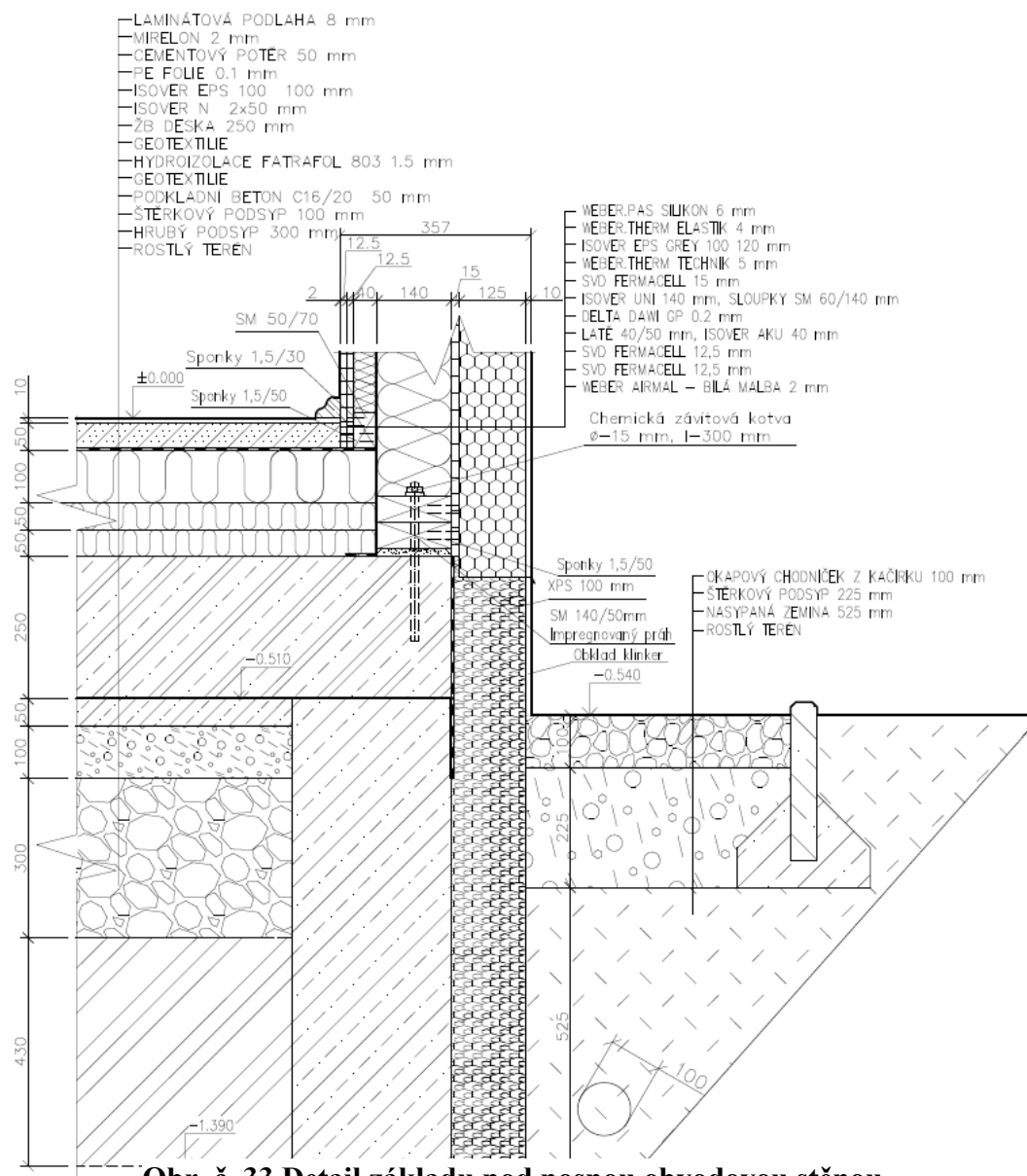
Výhodu daného konstrukčního řešení, kterým je difúzně uzavřená konstrukce lze vidět v nižší ceně oproti difúzně otevřené konstrukci. Dalšími výhodami je vysoká stabilita a tuhost stavby. Značnou nevýhodu lze vidět ve velkém nebezpečí ve smyslu poškození parozábrany, jejíž funkčnost je pro difúzně uzavřenou konstrukci klíčová. V případě, že by se tomu tak stalo, došlo by ke znehodnocení principu, na kterém je difúzně uzavřená konstrukce založena. S touto nevýhodou jsou úzce spjaty nevýhody další, kterými jsou například pracnost při montáži a náročnost na kvalitu provedení.

#### **5.6.8 Komentář k návrhu základních konstrukčních skladeb**

##### **Navržená konstrukce základu pod nosnou obvodovou stěnou a terasou**

Základová deska a základové pásy jsou navrženy v návaznosti na dispozici rodinného domu, přičemž výkres základů je součástí výkresové dokumentace, která je zařazena do příloh diplomové práce. Základové pásy jsou navrženy pod obvodovými stěnami rodinného domu a terasou, která je orientována k obvodové stěně ze severní strany. Třída betonu pro základové pásy byla zvolena s označením C16/20 v kombinaci s prokládaným kamenem. Základové pásy pod obvodovými stěnami mají šířku 350 mm. Podmínka hloubky základových pásů do nezámrazné hloubky 800 mm je splněna. Souvrství mezi základovými pásy se od rostlé zeminy k podlaze skládá z vrstvy hrubého podsypu v tloušťce 300 mm, podsypu ze štěrkopísku, který je zhutněn do tloušťky 100 mm. Na této vrstvě štěrkopísku bude provedena vrstva podkladního betonu v třídě C16/20 s tloušťkou 50 mm, na kterou bude natavena hydroizolace FATRAFOL 803 s protiradonovým účinkem Tato hydroizolace je z obou stran chráněna vrstvou geotextilie FATRATEX. Poslední a podstatnou částí je vyhotovení železobetonové základové desky o tloušťce 250 mm. Z vnější strany základových pásů je po jejich celé výšce navržena

izolace z extrudovaného polystyrenu v tloušťce 100 mm. Na část extrudovaného polystyrenu viditelného nad úrovní zeminy je navržen cihlový obklad. K extrudovanému polystyrenu dále od spodní hrany cihlové obkladu přiléhá souvrství okapového chodníčku, které se skládá z kačírku v tloušťce 100 mm, šterkového podsypu 225 mm a nasypané zeminy v tloušťce 525 mm. Šířka okapového chodníčku je 540 mm s obrubníkovým zakončením od výrobce BEST.



**Obr. č. 33 Detail základu pod nosnou obvodovou stěnou**

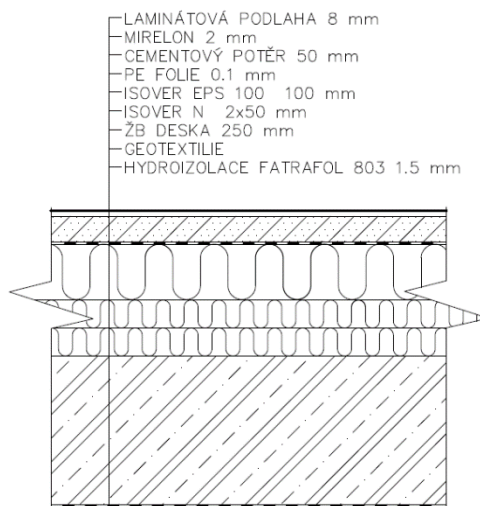
(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

Základové pásy terasy jsou pro její nosné sloupky navrženy v šířce 280 mm. Beton, který je použit na základové pásy terasy odpovídá třídě C16/20 v kombinaci s prokládaným kamenem. Podmínka hloubky základových pásů do nezámrzné hloubky 800

mm je splněna. Souvrství mezi základovými pasy se od rostlé zeminy k podlaze skládá z vrstvy hrubého podsypu tloušťky 300 mm, zhutněného štěrkového podsypu na tloušťku 100 mm, z vrstvy podkladního betonu o tloušťce 50 mm v třídě C16/20 a podkladního betonu v tloušťce 150 mm vyztuženého kari sítí. Na tomto podkladním betonu je položen rošt z hliníkových profilů, na kterém jsou upevněny dřevo plastové vlysy GELEND tvořící podlahu terasy.

### Navržené skladby podlah

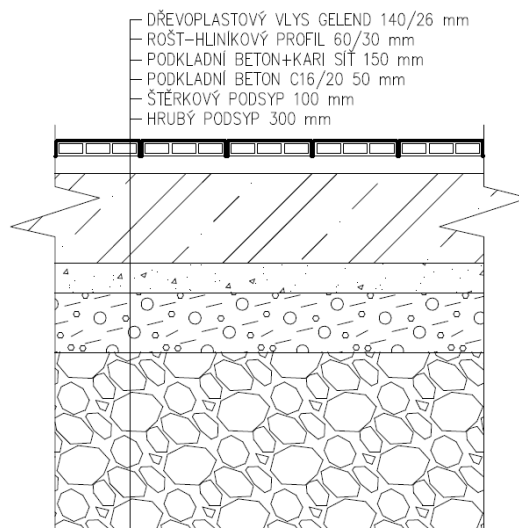
Jednotlivé skladby podlah jsou pro danou dřevostavbu navrženy s ohledem na typ a účel místnosti, snadnou údržbu, dlouhou životnost a estetický dojem. V této dřevostavbě jsou ve vnitřních místnostech navrženy dva druhy podlahových krytin, kterými jsou laminátová podlaha a keramická dlažba. Jaký konkrétní druh podlahové krytiny byl použit v jednotlivých místnostech, lze zjistit z tabulky místností, která je součástí výkresu 1.NP. Podlaha navržená pro terasu přiléhající k severní stěně dřevostavby je z dřevo-plastových desek. Souvrství těchto podlah, výrobci a názvy použitých materiálů jsou zobrazené na jednotlivých obrázcích pod tímto textem. Všechny tyto informace s detailem dané skladby jsou také uvedené ve výkresové dokumentaci umístěné v přílohách.



**Obr. č. 34 Detail skladby podlahy v kontaktu s terénem**

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

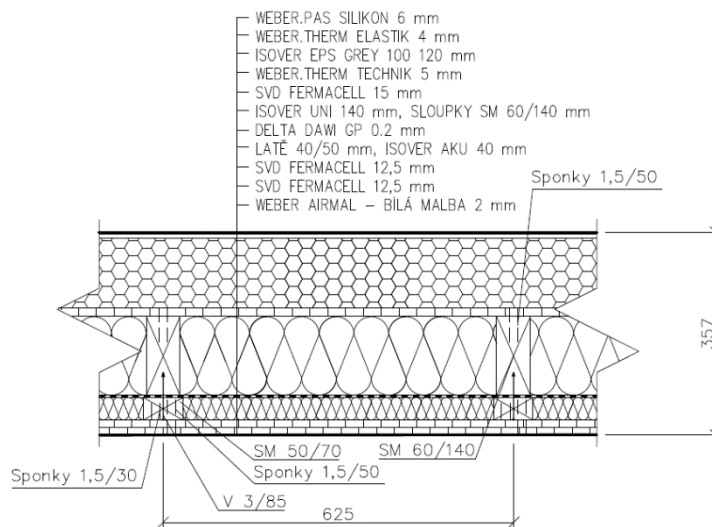




**Obr. č. 35 Detail skladby podlahy – terasa**  
(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

### Navržená skladba nosné obvodové stěny

Nosná obvodová stěna má u této dřevostavby navrženou nosnou kostru ze sloupků, které mají tloušťku 60 mm. Sloupky nosné kostry jsou vyrobeny ze smrkového rostlého dřeva a jsou uspořádány v pravidelném rastru v osových vzdálenostech 625 mm.



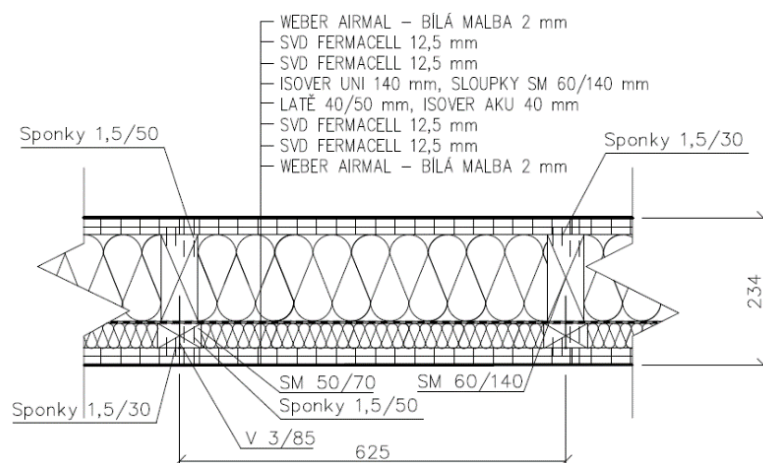
**Obr. č. 36 Detail skladby nosné obvodové stěny**  
(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

Prostor mezi sloupky je vyplněn tepelnou izolací ISOVER UNI v tloušťce 140 mm. Na nosné kostrě z interiérové strany spočívá parozábrana DELTA DAWI GP s funkcí zajišťující vzduchovou neprůvzdušnost. Dále je ze strany interiéru na nosnou kostru přes parozábranu osazena instalační předstěna tloušťky 40 mm, která je tvořena svislým roštem z hranolů ze smrkového rostlého dřeva. Prostor mezi hranoly instalační předstěny je vyplněn tepelnou izolací ISOVER AKU v tloušťce 40 mm. Instalační předstěna je

zaklopena dvěma sádrovláknitými deskami FERMACELL v tloušťce desky 12.5 mm, na které je provedena bílá malba WEBER AIRMAL. Ze strany exteriéru je na nosnou kostru upevněna sádrovláknitá deska FERMACELL v tloušťce 15 mm. Na tuto desku je přilepena vnější izolace ve formě šedého polystyrenu ISOVER EPS GREY, na který je nanesen fasádní systém WEBER. Souvrství obvodové nosné stěny, výrobci a názvy použitých materiálů jsou zobrazené na obrázku nad tímto textem. Všechny tyto informace s detailem dané skladby jsou také uvedené ve výkresové dokumentaci umístěné v přílohách.

### Navržená skladba nosné příčky tloušťky 234 mm

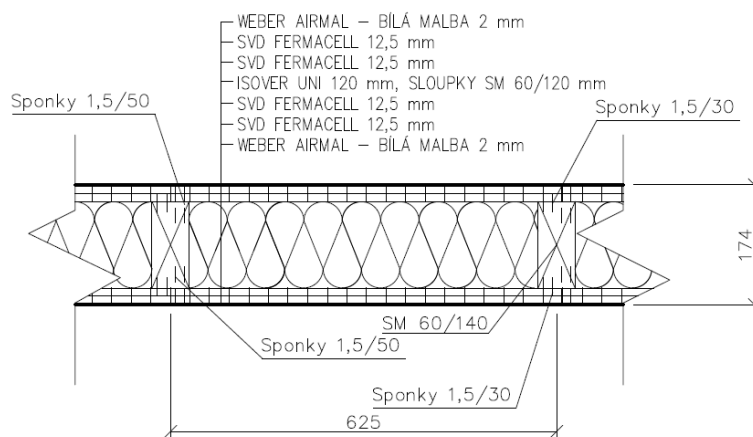
Nosná kostra pro nosnou příčku v tloušťce 234 mm je navržena ve formě sloupků. Tloušťka těchto sloupků je shodná s tloušťkou sloupků použitých v nosné obvodové stěně a též jsou tyto sloupky vyrobeny ze smrkového rostlého dřeva s rozmístěním v pravidelném rastru s osovou vzdáleností mezi jednotlivými sloupky 625 mm. Prostor mezi sloupky je vyplněn tepelnou izolací ISOVER UNI v tloušťce 140 mm. Nosná konstrukce má z jedné strany osazenou instalační předstěnu tloušťky 40 mm, která je tvořena svislým roštem z hranolů ze smrkového rostlého dřeva. Prostor mezi hranoly instalační předstěny je vyplněn tepelnou izolací ISOVER AKU v tloušťce 40 mm. Z obou stran této nosné příčky je navrženo dvojité opláštění sádrovláknitými deskami FERMACELL v tloušťce 25 mm, na které je provedena bílá malba WEBER AIRMAL. Souvrství nosné příčky tloušťky 234 mm, výrobci a názvy použitých materiálů jsou zobrazené na obrázku pod tímto textem. Všechny tyto informace s detailem dané skladby jsou také uvedené ve výkresové dokumentaci umístěné v přílohách.



**Obr. č. 37 Detail skladby nosné příčky tloušťky 234 mm**  
(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

### Navržená skladba nosné příčky tloušťky 174 mm

Nosná kostra pro nosnou příčku v tloušťce 174 mm je navržena také ve formě sloupků. Tloušťka těchto sloupků je shodná s tloušťkou sloupků použitých v nosné obvodové stěně a též jsou tyto sloupky vyrobeny ze smrkového rostlého dřeva s rozmístěním v pravidelném rastru s osovou vzdáleností mezi jednotlivými sloupky 625 mm. Prostor mezi sloupky je vyplněn tepelnou izolací ISOVER UNI v tloušťce 120 mm. Nosná konstrukce má z obou stran dvojité opláštění sádrovláknitými deskami FERMACELL v tloušťce 25 mm, na které je provedena bílá malba WEBER AIRMAL. Souvrství nosné příčky tloušťky 174 mm, výrobci a názvy použitých materiálů jsou zobrazené na obrázku pod tímto textem. Všechny tyto informace s detailem dané skladby jsou také uvedené ve výkresové dokumentaci umístěné v přílohách.

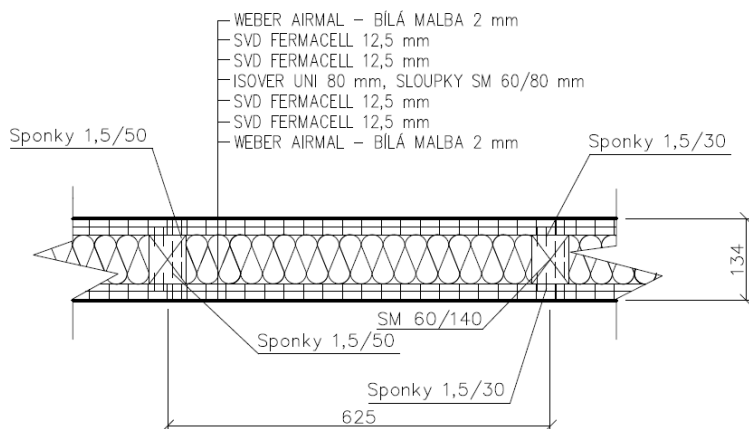


**Obr. č. 38 Detail skladby nosné příčky tloušťky 174 mm**

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

### Navržená skladba příčky tloušťky 134 mm

Nosná kostra pro příčku v tloušťce 134 mm je navržena ve formě sloupků. Tloušťka těchto sloupků je shodná s tloušťkou sloupků použitých v nosné obvodové stěně a též jsou tyto sloupky vyrobeny ze smrkového rostlého dřeva s rozmístěním v pravidelném rastru s osovou vzdáleností mezi jednotlivými sloupky 625 mm. Prostor mezi sloupky je vyplněn tepelnou izolací ISOVER UNI v tloušťce 80 mm. Nosná konstrukce má z obou stran dvojité opláštění sádrovláknitými deskami FERMACELL v tloušťce 25 mm, na které je provedena bílá malba WEBER AIRMAL. Souvrství nosné příčky tloušťky 134 mm, výrobci a názvy použitých materiálů jsou zobrazené na obrázku pod tímto textem. Všechny tyto informace s detailem dané skladby jsou také uvedené ve výkresové dokumentaci umístěné v přílohách.



**Obr. č. 39 Detail skladby příčky tloušťky 134 mm**

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

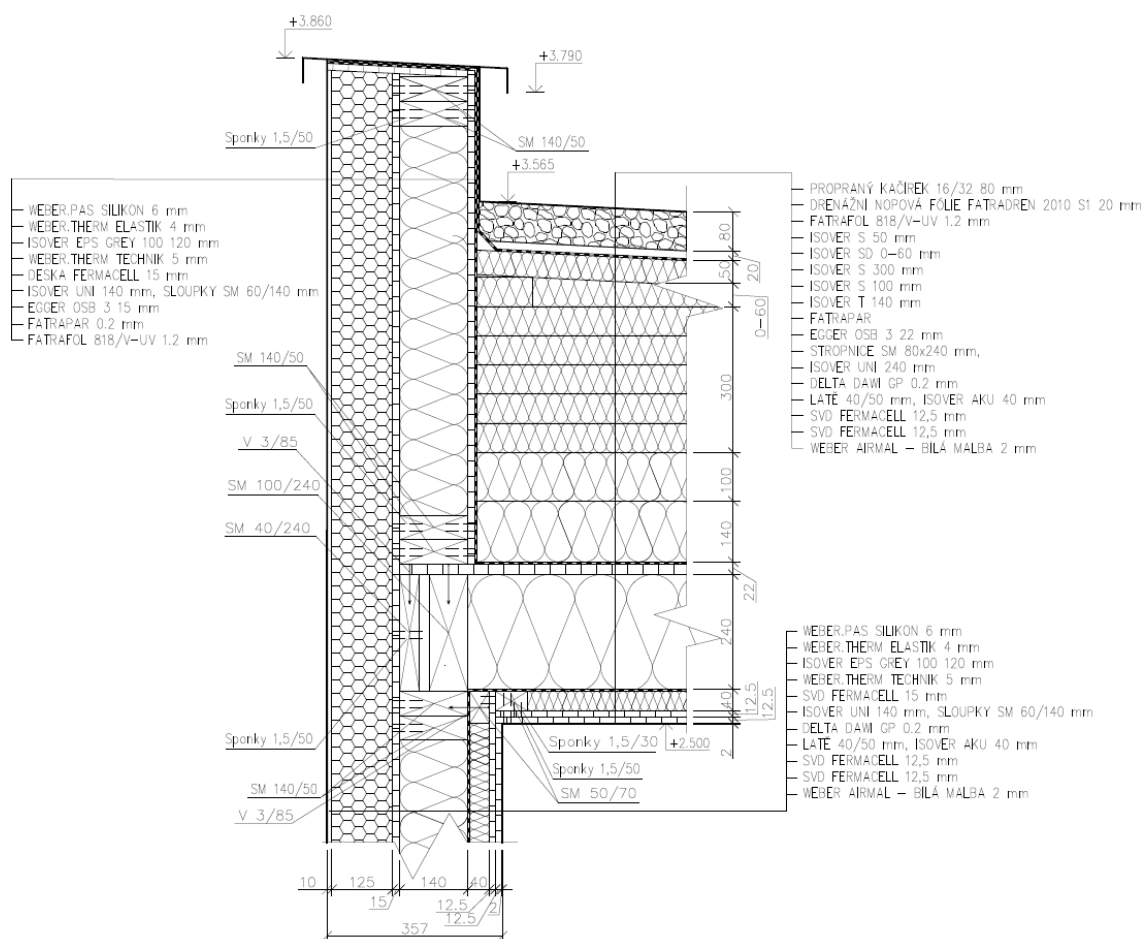
### Navržená stropní konstrukce

Stropní konstrukce je tvořena několika dřevěnými elementy. Prvním elementem jsou věncové fošny osazené tak, že u obvodových nosných stěn lícují s rovinou nosné kostry a u vnitřních nosných příček mají věncové fošny podélnou osu shodnou s osou věncových hranolků tvořící horní plochu kostry vnitřních nosných příček. Na věncových hranolkách jsou věncové fošny uloženy. To platí pro věncové hranolky, jak vnitřních nosných příček, tak nosné obvodové stěny. Věncové fošny jsou k věncovým hranolkům kotveny pomocí stavebních vrtů. Druhým elementem, který představuje hlavní nosný prvek stropu, jsou stropnice, které také spočívají na věncových hranolkách. Stropnice mohou být uloženy na věncových hranolkách dvěma způsoby. Prvním způsobem je uložení stropnic čelem k věncové fošně a druhý způsob představuje uložení stropnic, tak že lícují s vnitřní rovinou nosné kostry. Rozmístění stropnic je realizováno podle pravidelného rastru s osovou vzdáleností uvedenou ve výkrese stropu, který je součástí výkresové dokumentace umístěné v přílohách. Poloha stropnic je zabezpečena pomocí stavebních vrtů, přičemž tyto stavební vrty jdou skrz bok věncové fošny, až proniknou do čela stropnice. Volný prostor mezi stropnicemi je opatřen tepelnou izolací ISOVER UNI 240 mm. Pro tento strop tvořený stropnicemi je navržen z jejich vnější strany ztužující záklop konstrukčními deskami ve formě OSB desek od výrobce EGGER v tloušťce 22 mm. Z interiérové strany spočívá na stropnicích parozábrana DELTA DAWI GP a přes tuto parozábranu je navržen podhled, který je tvořen svislým roštem z hranolů ze smrkového rostlého dřeva. Prostor mezi hranoly je vyplněn tepelnou izolací ISOVER AKU v tloušťce 40 mm. Podhled je ukončen dvěma sádrovláknitými deskami FERMACELL v tloušťce desky 12.5 mm s konečnou povrchovou úpravou ve formě malby WEBER AIRMAL.

Souvrství stropní konstrukce, výrobci a názvy použitých materiálů jsou s detailem dané skladby uvedené ve výkresové dokumentaci umístěné v přílohách.

### Navržená skladba střešní konstrukce

Střešní konstrukce je navržena jako plochá střecha, kde její nosnou funkci zajišťuje již zmíněná konstrukce stropu tvořená stropnicemi. Souvrství ploché střechy od záklopu ve formě OSB desek od výrobce EGGER směrem do exteriéru se skládá z jednotlivých vrstev tepelných izolací od výrobce ISOVER, střešní fólie FATRAFOL 818/V-UV, drenážní nopové fólie FATRADREN a poslední vrstvy tvořené propíraným kačirkem. Sklon ploché střechy je vytvořen pomocí spádových klínek tepelné izolace a jeho hodnota je 3°. Souvrství střešní konstrukce, výrobci a názvy použitých materiálů jsou zobrazené na obrázku pod tímto textem. Všechny tyto informace s detailem dané skladby jsou také uvedené ve výkresové dokumentaci umístěné v přílohách.

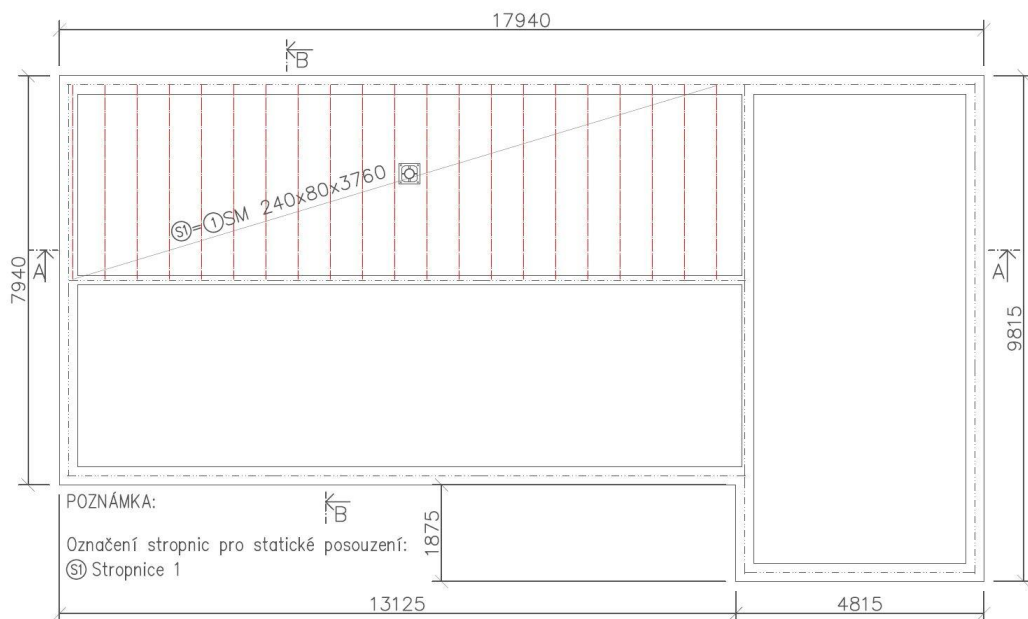


**Obr. č. 40 Detail skladby styk stěny, ploché střechy – příčný směr**  
(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

## 6. Statické posouzení vybraných konstrukčních prvků

### 6.1 Statické posouzení stropnice S1

#### 6.1.1 Půdorysné schéma – umístění stropnice S1



Obr. č. 41 Půdorysné schéma – umístění stropnice S1

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

#### 6.1.2 Protokol zatížení stropnice S1

##### Vlastní tíha stropnice S1

	Charakt.	Souč.	Návrh.
	[kN/m]	[-]	[kN/m]
Průřez: obdélník 80x240	0,08	1,35	0,11
Součet: Vlastní tíha nosné konstrukce	0,08	1,35	0,11
Součet: Stálé zatížení	0,08	1,35	0,11
<b>Součet zatížení</b>	<b>0,08</b>	<b>1,35</b>	<b>0,11</b>

##### Stálé zatížení stropnice S1

Charakt.	Souč.	Návrh.
[kN/m]	[-]	[kN/m]

*Stálé zatížení od pohledu k vrstvě Isover S 100 mm*

Isover S (1,47 × 0,100 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
Isover T (1,25 × 0,140 × 0,625)	0,11	1,35	0,15
EGGER OSB 3 (6,00 × 0,022 × 0,625)	0,08	1,35	0,11
Isover UNI (0,40 × 0,240 × 0,565)	0,05	1,35	0,07
Delta-Dawi GP (9,30 × 0,000 × 0,625)	0,00	1,35	0,00
Isover AKU (0,40 × 0,040 × 0,575)	0,01	1,35	0,01
Latě 40/50 (0,32 × 0,040 × 0,625)	0,01	1,35	0,01
SVD Fermacell (11,50 × 0,013 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
SVD Fermacell (11,50 × 0,013 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,53	1,35	0,72
Součet: Stálé zatížení	0,53	1,35	0,72
<b>Součet zatížení</b>	<b>0,53</b>	<b>1,35</b>	<b>0,72</b>

Charakt.	Souč.	Návrh.
[kN/m]	[-]	[kN/m]

#### *Stálé zatížení na levém konci stropnice S1*

Propraný kačírek 16/32 (17,00 × 0,080 × 0,625)	0,85	1,35	1,15
Nopová fólie Fatradren 2010 S1 (9,50 × 0,020 × 0,625)	0,12	1,35	0,16
Fatrafol 818/V-UV (13,45 × 0,001 × 0,625)	0,01	1,35	0,01
Isover S (1,47 × 0,050 × 0,625)	0,05	1,35	0,07
Isover SD (1,47 × 0,060 × 0,625)	0,06	1,35	0,08
Isover S (1,47 × 0,120 × 0,625)	0,11	1,35	0,15
Součet: Ostatní stálé zatížení	1,20	1,35	1,62
Součet: Stálé zatížení	1,20	1,35	1,62
<b>Součet zatížení</b>	<b>1,20</b>	<b>1,35</b>	<b>1,62</b>

Charakt.	Souč.	Návrh.
[kN/m]	[-]	[kN/m]

#### *Stálé zatížení na pravém konci stropnice S1*

Propíraný kačírek 16/32 (17,00 × 0,080 × 0,625)	0,85	1,35	1,15
Nopová fólie Fatradren 2010 S1	0,12	1,35	0,16

(9,50 × 0,020 × 0,625)

Fatrafol 818/V-UV (13,45 × 0,001 × 0,625)	0,01	1,35	0,01
Isover S (1,47 × 0,050 × 0,625)	0,05	1,35	0,07
Součet: Ostatní stálé zatížení	1,03	1,35	1,39
Součet: Stálé zatížení	1,03	1,35	1,39
<b>Součet zatížení</b>	<b>1,03</b>	<b>1,35</b>	<b>1,39</b>

### Užitné zatížení stropnice S1

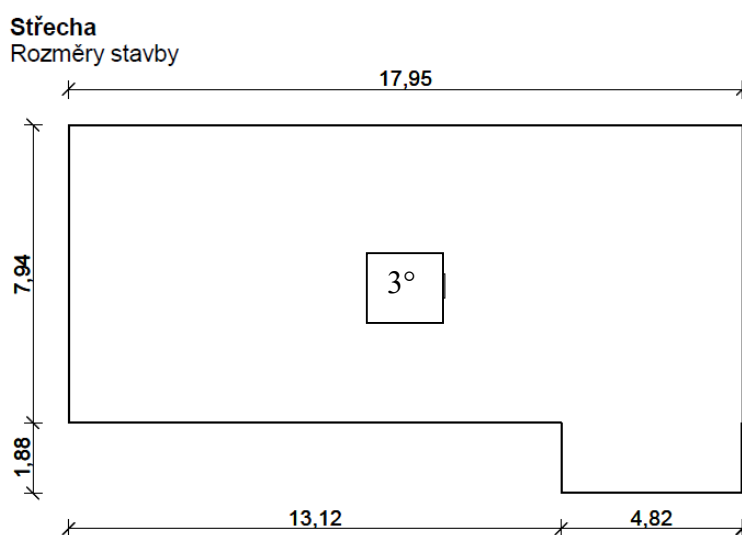
	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
<i>Běžná údržba a oprava střechy</i>			
Užitné zatížení	1,50	1,50	2,25
Součet: Užitné zatížení	1,50	1,50	2,25
Součet: Proměnné zatížení	1,50	1,50	2,25
<b>Součet zatížení</b>	<b>1,50</b>	<b>1,50</b>	<b>2,25</b>

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet FIN EC 2020)

### Zatížení větrem stropnice S1, S2 a S3

O zatíženích větrem se dá říci, že jsou v průběhu času, za který působí na konstrukci proměnná a patří do třídy zatížení, které se nazývá krátkodobé zatížení.

(Gulvanessian, 2012)



**Obr. č. 42 Rozměr stavby – plochá střecha**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-4

Větrná oblast:

II





### Zatížení sněhem stropnice S1, S2 a S3

Zatížení podle ČSN EN 1991-1-3

Sněhová oblast:	II
Charakteristická hodnota zatížení	$S_k = 1,00 \text{ kN/m}^2$
Typ krajiny:	normální
Součinitel expozice	$C_e = 1,00$
Tepelný součinitel	$C_t = 1,00$
Součinitel zatížení	$\gamma_f = 1,50$

#### *Tvar zastřešení: plochá střecha*

Sklon střechy	$\alpha = 3,0^\circ$
Tvarový součinitel	$\mu_1 = 0,80$

#### *Charakteristická hodnota zatížení (v závorce návrhová hodnota)*

$$s_1 = 0,80 \text{ kN/m}^2 \text{ (1,20 kN/m}^2\text{)}$$

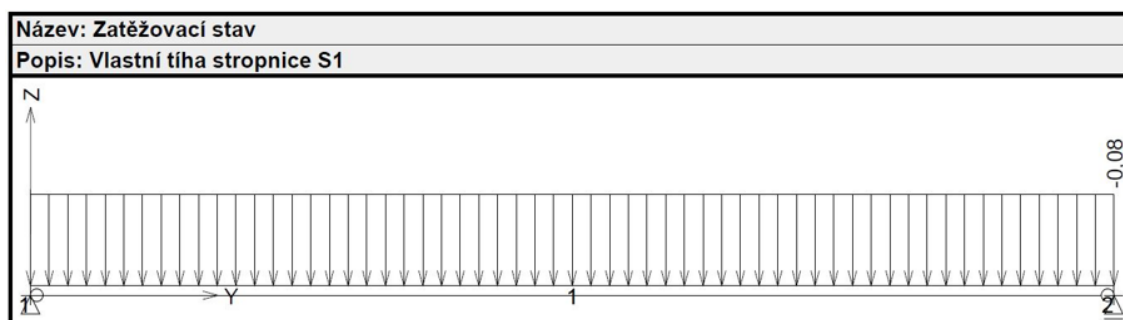
#### **Poznámka:**

Případ (i) zatížení navátým sněhem pro osovou vzdálenost stropnic 0,625 m:

$$s_1 = 0,8 \times 0,625 = \underline{\underline{0,5 \text{ kN/m}^2}} \text{ (1,2 kN/m}^2\text{)} \text{ (Zdroj: Autor – Martínek, výpočet FIN EC 2020)}$$

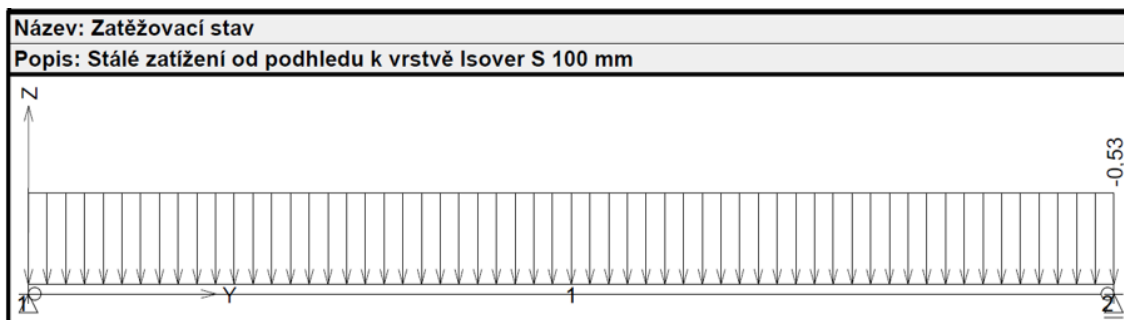
Při stanovování zatížení sněhem jsou velmi důležitými hodnotami změřená výška sněhu a změřené hmotnosti sněhu. Dalším parametrem, který je třeba popsat je poměrná hustota sněhu, jejíž hodnota je závislá na prostředí a na místní povětrnosti. Hodnota poměrné hustoty může být v rozmezí 0,1 až 0,4. Nový sníh definuje hodnota 0,1 a mokrý či starý sníh popisuje hodnota 0,4. Zatížení sněhem je definováno na půdorysnou plochu  $S_k$  a to pro výskyt jednou za 50 let. (EN 1995-1-1:2004, 2004)

### 6.1.3 Zatěžovací stavy - stropnice S1

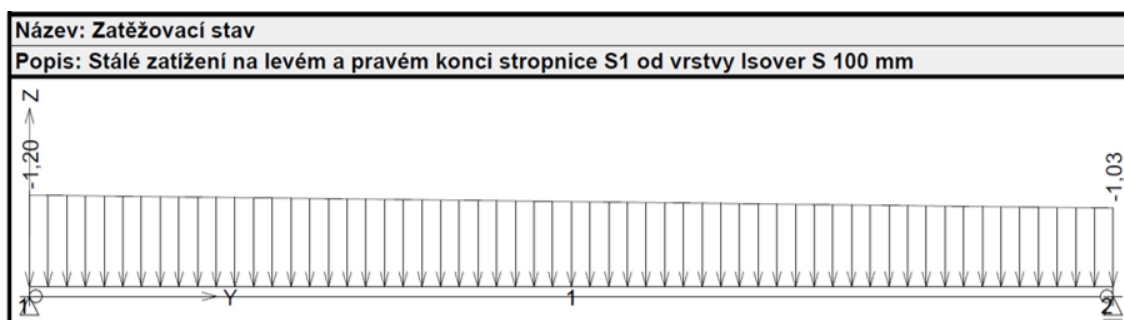


**Obr. č. 45** Zatěžovací stav – vlastní tíha stropnice S1

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



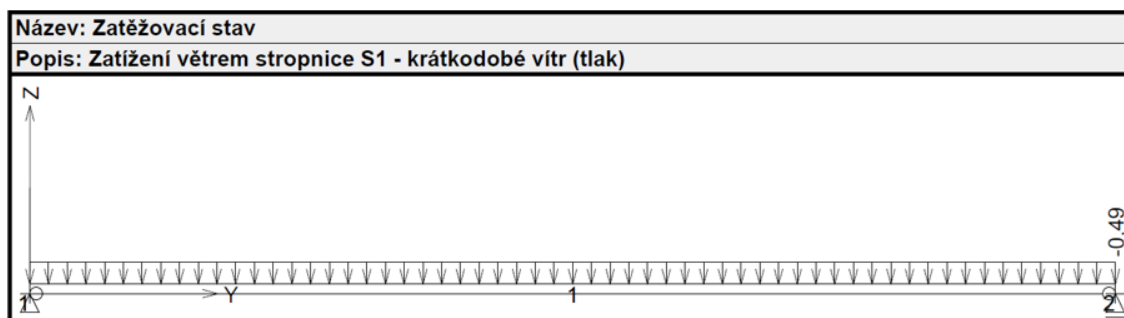
**Obr. č. 46 Zatěžovací stav – stálé zatížení od pohledu k vrstvě Isover S 100 mm**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



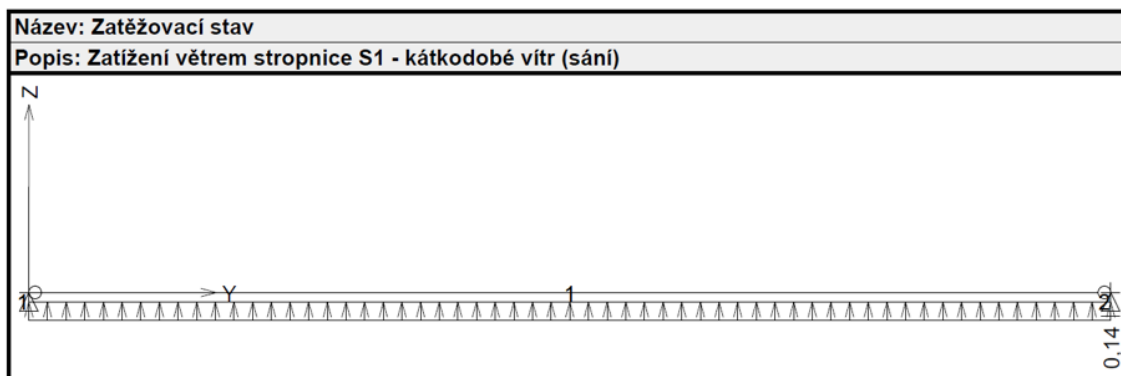
**Obr. č. 47 Zatěžovací stav – stálé zatížení na levém a pravém konci stropnice S1 od vrstvy Isover S 100 mm**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



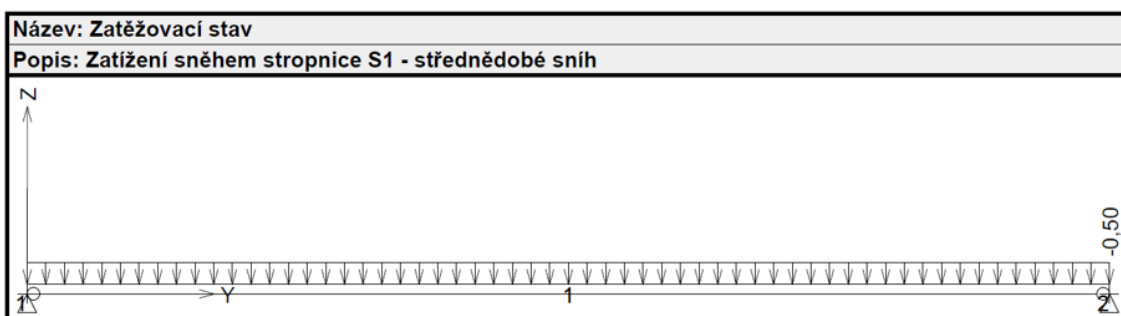
**Obr. č. 48 Zatěžovací stav – užité zatížení stropnice S1**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



**Obr. č. 49 Zatěžovací stav – zatížení větrem stropnice S1 – krátkodobé vítr (tlak)**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

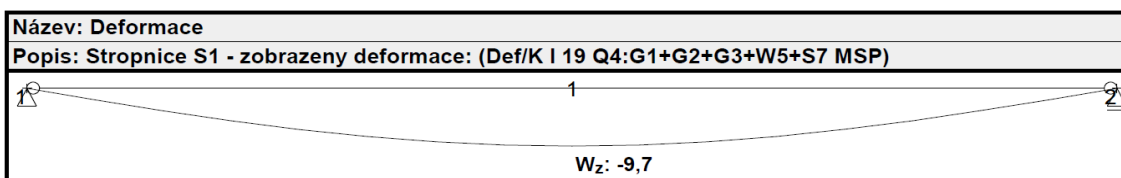


**Obr. č. 50 Zatěžovací stav – zatížení větrem stropnice S1 – krátkodobé vítr (sání)**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



**Obr. č. 51 Zatěžovací stav – zatížení sněhem stropnice S1 – střednědobé snih**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

#### 6.1.4 Deformace – Stropnice S1



**Obr. č. 52 Deformace - stropnice S1**

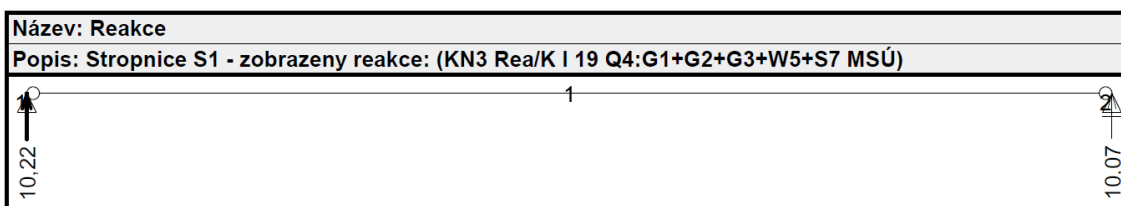
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

Průhyb:  $1/300 \cdot l > 9,7 \text{ mm}$

$$1/300 \cdot 3760 > 9,7 \text{ mm}$$

$$12,53 \text{ mm} > 9,7 \text{ mm} \Rightarrow \underline{\text{VYHOVUJE}}$$

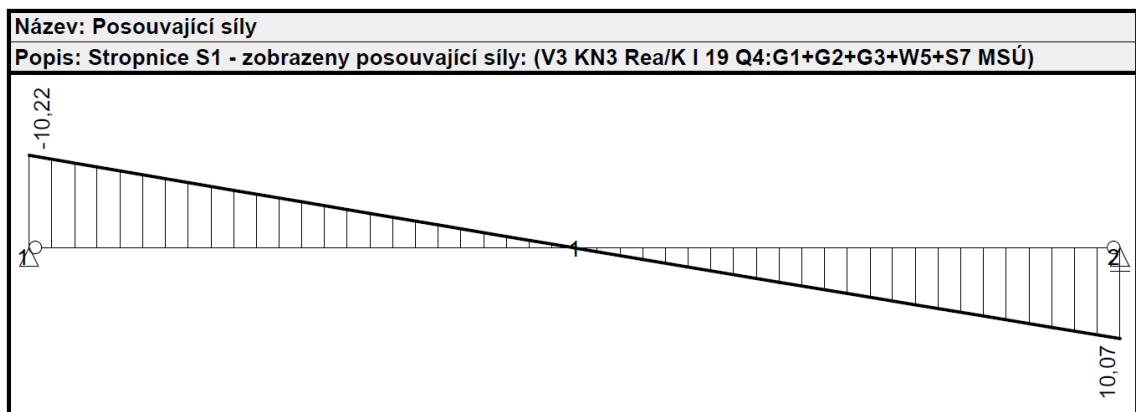
#### 6.1.5 Reakce – Stropnice S1



**Obr. č. 53 Reakce - stropnice S1**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

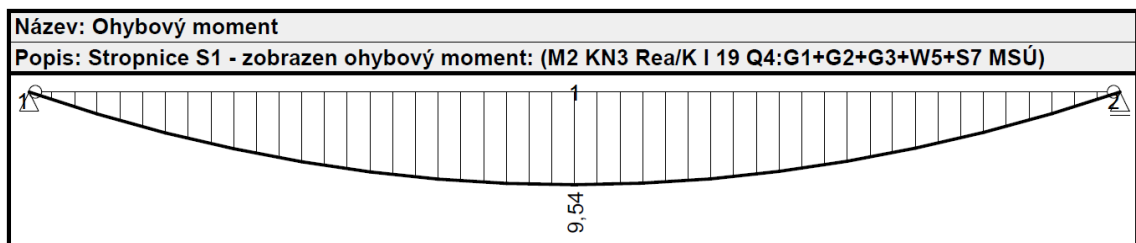
### 6.1.6 Posouvající síly – Stropnice S1



Obr. č. 54 Posouvající síly – stropnice S1

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

### 6.1.7 Ohybový moment – Stropnice S1



Obr. č. 55 Ohybový moment – stropnice S1

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

## 6.1.8 Posouzení – Stropnice S1

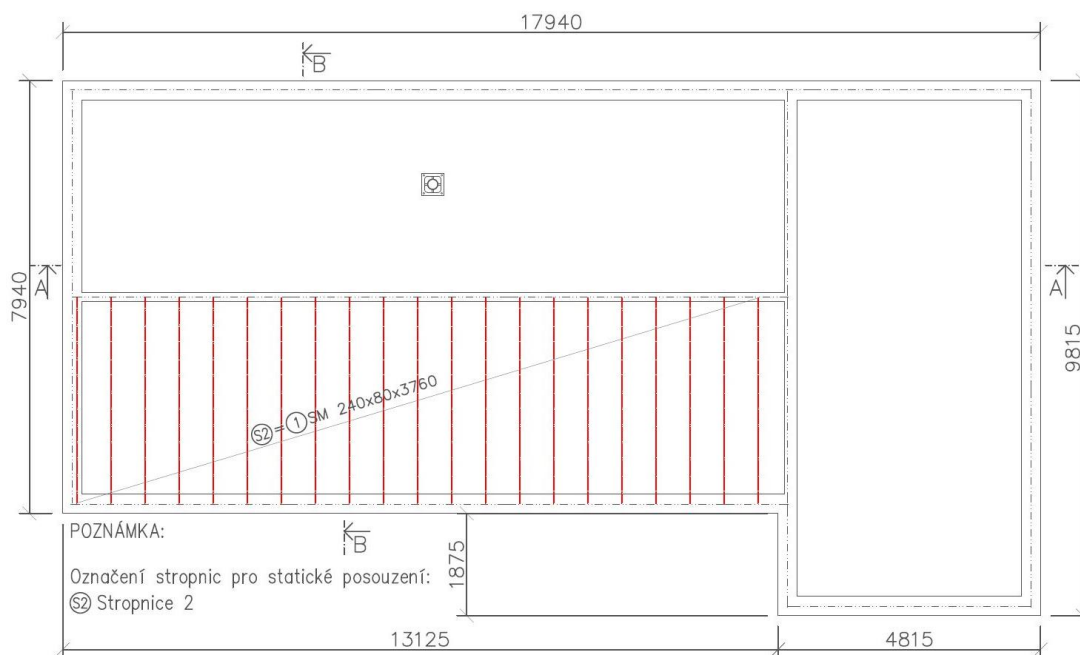
Kritický řez dílce "Stropnice S1" - průřez 1 (1,880m)																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : <math>\gamma_M = 1,300</math>  Mimořádná kombinace zatížení : <math>\gamma_M = 1,000</math></p> <p><b>Třída provozu: 2</b></p> <p><b>Průřez: obdélník 80x240</b>  <b>Rozměry:</b>  Výška průřezu <math>h = 240,0</math> mm  Šířka průřezu <math>b = 80,0</math> mm</p> <p><b>Materiál: S10 (C24) - jehličnaté</b>  <b>Druh dřeva: rostlé</b></p> <p><b>Materiálové charakteristiky:</b></p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td><math>f_{m,k}</math></td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td><math>f_{t,0,k}</math></td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td><math>f_{c,0,k}</math></td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td><math>f_{v,k}</math></td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td><math>f_{c,90,k}</math></td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td><math>f_{t,90,k}</math></td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td><math>E_{0,mean}</math></td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td><math>E_{0,05}</math></td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td><math>G_{mean}</math></td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td><math>\rho_k</math></td><td>: 350,0 kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel <math>k_h</math> pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$	: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$	: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$	: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k$	: 350,0 kg/m <sup>3</sup>
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$	: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$	: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$	: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k$	: 350,0 kg/m <sup>3</sup>																													
<p><b>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu:</b>  Zatěžovací případ s největším využitím  Kombinace č.19 - Q4:G1+G2+G3+W5+S7  Krátkodobé zatížení</p> <table> <tr><td><math>N = 0,000</math> kN</td><td></td><td></td></tr> <tr><td><math>M_y = 9,535</math> kNm</td><td><math>M_z = 0,000</math> kNm</td><td></td></tr> <tr><td><math>V_z = 0,036</math> kN</td><td><math>V_y = 0,000</math> kN</td><td></td></tr> </table>		$N = 0,000$ kN			$M_y = 9,535$ kNm	$M_z = 0,000$ kNm		$V_z = 0,036$ kN	$V_y = 0,000$ kN																						
$N = 0,000$ kN																															
$M_y = 9,535$ kNm	$M_z = 0,000$ kNm																														
$V_z = 0,036$ kN	$V_y = 0,000$ kN																														
<p><b>Vzpěr:</b>  Počítá se se vzpěrem  Délka úseku pro vzpěr <math>L_z = 3,760</math> m  Součinitel vzpěrné délky <math>k_z = 1,000</math>      Vzpěrná délka <math>L_{cr,z} = 3,760</math> m  Délka úseku pro vzpěr <math>L_y = 3,760</math> m  Součinitel vzpěrné délky <math>k_y = 1,000</math>      Vzpěrná délka <math>L_{cr,y} = 3,760</math> m</p>	<p><b>Klopení:</b>  S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení  <b>Rozhodující zatěžovací případ:</b> Kombinace č.19 - Q4:G1+G2+G3+W5+S7  Vnitřní síly: <math>N = 0,000</math> kN; <math>M_y = 9,535</math> kNm; <math>M_z = 0,000</math> kNm; <math>V_z = 0,036</math> kN; <math>V_y = 0,000</math> kN</p> <p><b>Posudek ohybu:</b>  Únosnost: <math>M_{y,R} = 12,761</math> kNm  <math>0,747 + 0,000 = 0,747 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p><b>Posudek smyku od posouvajících sil:</b>  Únosnost: <math>V_R = 23,749</math> kN  <math>0,002 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p>Štíhlost dílce: 162,8</p> <p><b>Průřez vyhovuje</b></p>																															
<b>74,7 % VYHOVUJE</b>																															

Obr. č. 56 Posouzení – stropnice S1

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

## 6.2 Statické posouzení stropnice S2

### 6.2.1 Půdorysné schéma – umístění stropnice S2



Obr. č. 57 Půdorysné schéma – umístění stropnice S2

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

### 6.2.2 Protokol zatížení stropnice S2

#### Vlastní tíha stropnice S2

	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
Průřez: obdélník 80x240	0,08	1,35	0,11
Součet: Vlastní tíha nosné konstrukce	0,08	1,35	0,11
Součet: Stálé zatížení	0,08	1,35	0,11
<b>Součet zatížení</b>	<b>0,08</b>	<b>1,35</b>	<b>0,11</b>

#### Stálé zatížení stropnice S2

	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
<i>Stálé zatížení od podhledu k vrstvě Isover S 100 mm</i>			
Isover S (1,47 × 0,100 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
Isover T (1,25 × 0,140 × 0,625)	0,11	1,35	0,15

EGGER OSB 3 (6,00 × 0,022 × 0,625)	0,08	1,35	0,11
Isover UNI (0,40 × 0,240 × 0,565)	0,05	1,35	0,07
Delta-Dawi GP (9,30 × 0,000 × 0,625)	0,00	1,35	0,00
Isover AKU (0,40 × 0,040 × 0,575)	0,01	1,35	0,01
Latě 40/50 (0,32 × 0,040 × 0,625)	0,01	1,35	0,01
SVD Fermacell (11,50 × 0,013 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
SVD Fermacell (11,50 × 0,013 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
Součet: Ostatní stálé zatížení	0,53	1,35	0,72
Součet: Stálé zatížení	0,53	1,35	0,72
<b>Součet zatížení</b>	<b>0,53</b>	<b>1,35</b>	<b>0,72</b>

Charakt.	Souč.	Návrh.
[kN/m]	[-]	[kN/m]

***Stálé zatížení na levém konci stropnice S2***

Propraný kačírek 16/32 (17,00 × 0,080 × 0,625)	0,85	1,35	1,15
Nopová fólie Fatradren 2010 S1 (9,50 × 0,020 × 0,625)	0,12	1,35	0,16
Fatrafol 818/V-UV (13,45 × 0,001 × 0,625)	0,01	1,35	0,01
Isover S (1,47 × 0,050 × 0,625)	0,05	1,35	0,07
Isover SD (1,47 × 0,060 × 0,625)	0,00	1,35	0,00
Isover S (1,47 × 0,120 × 0,625)	0,33	1,35	0,45
Součet: Ostatní stálé zatížení	1,36	1,35	1,84
Součet: Stálé zatížení	1,36	1,35	1,84
<b>Součet zatížení</b>	<b>1,36</b>	<b>1,35</b>	<b>1,84</b>

Charakt.	Souč.	Návrh.
[kN/m]	[-]	[kN/m]

***Stálé zatížení na pravém konci stropnice S2***

Propíraný kačírek 16/32 (17,00 × 0,080 × 0,625)	0,85	1,35	1,15
Nopová fólie Fatradren 2010 S1 (9,50 × 0,020 × 0,625)	0,12	1,35	0,16
Fatrafol 818/V-UV (13,45 × 0,001 × 0,625)	0,01	1,35	0,01



Isover S ( $1,47 \times 0,050 \times 0,625$ )	0,05	1,35	0,07
Isover SD ( $1,47 \times 0,004 \times 0,625$ )	0,00	1,35	0,00
Isover S ( $1,47 \times 0,18 \times 0,625$ )	0,17	1,35	0,23
Součet: Ostatní stálé zatížení	1,20	1,35	1,62
Součet: Stálé zatížení	1,20	1,35	1,62
<b>Součet zatížení</b>	<b>1,20</b>	<b>1,35</b>	<b>1,62</b>

#### Užitné zatížení stropnice S2

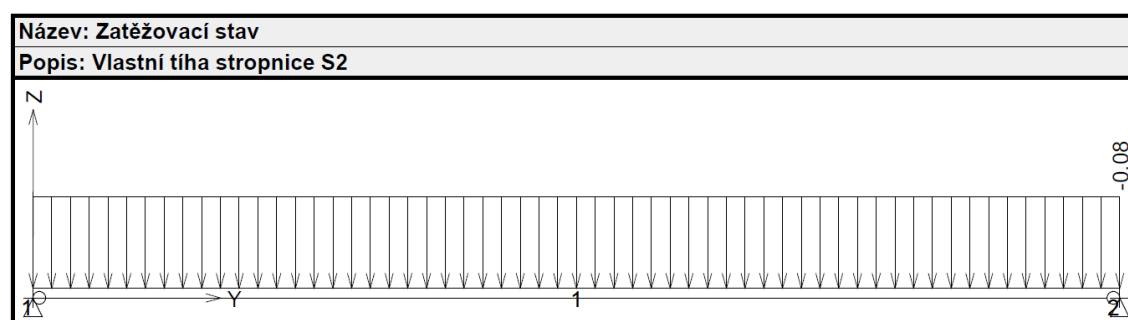
Charakt.	Souč.	Návrh.
[kN/m]	[-]	[kN/m]

#### Běžná údržba a oprava střechy

Užitné zatížení	1,50	1,50	2,25
Součet: Užitné zatížení	1,50	1,50	2,25
Součet: Proměnné zatížení	1,50	1,50	2,25
<b>Součet zatížení</b>	<b>1,50</b>	<b>1,50</b>	<b>2,25</b>

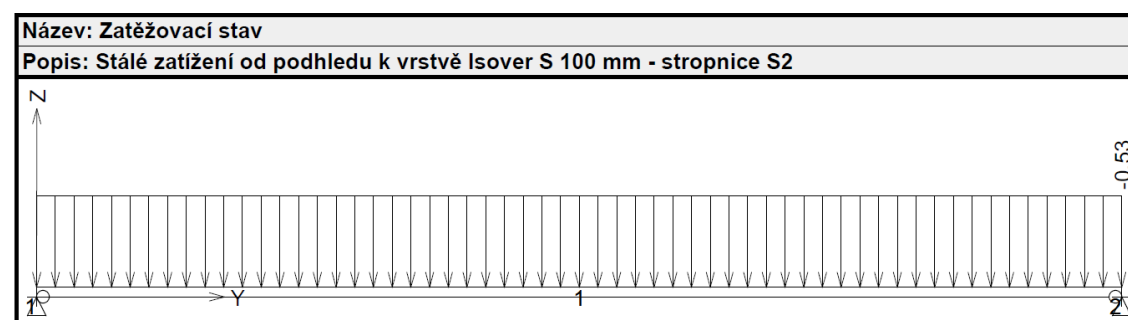
(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet FIN EC 2020)

### 6.2.3 Zatěžovací stavy - stropnice S2



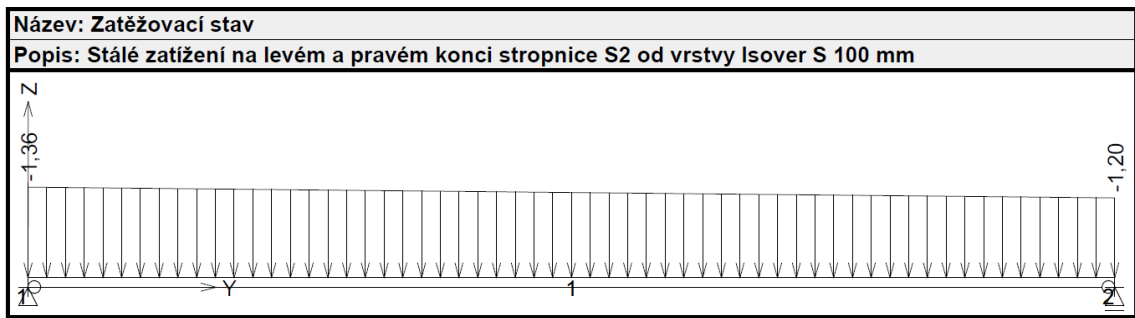
**Obr. č. 58** Zatěžovací stav – vlastní tíha stropnice S2

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



**Obr. č. 59** Zatěžovací stav – stálé zatížení od podhledu k vrstvě Isover S 100 mm – stropnice S2

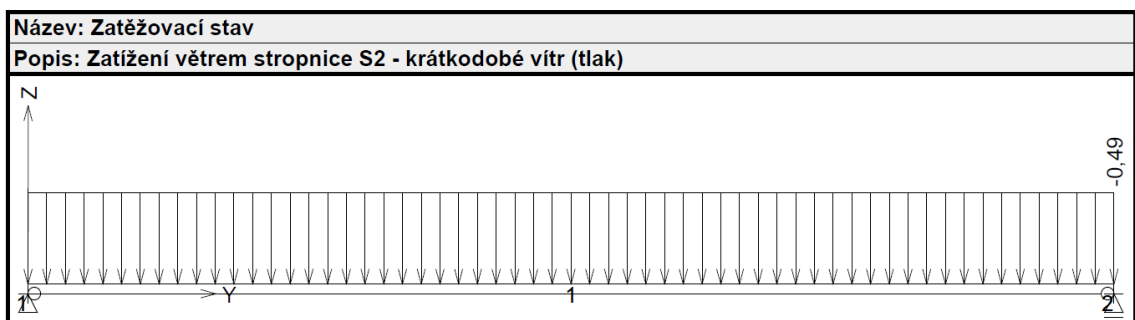
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



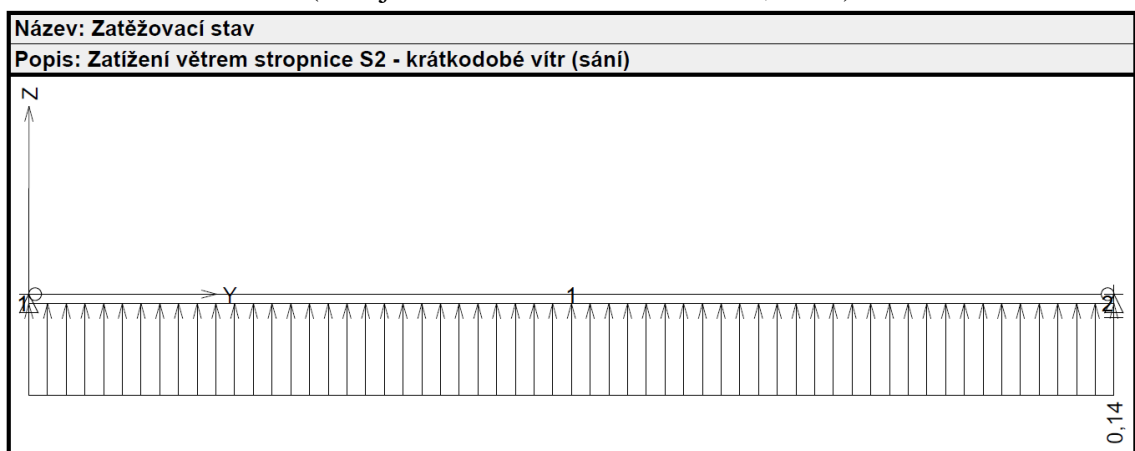
**Obr. č. 60 Zatěžovací stav – stálé zatížení na levém a pravém konci stropnice S2 od vrstvy Isover S 100 mm**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



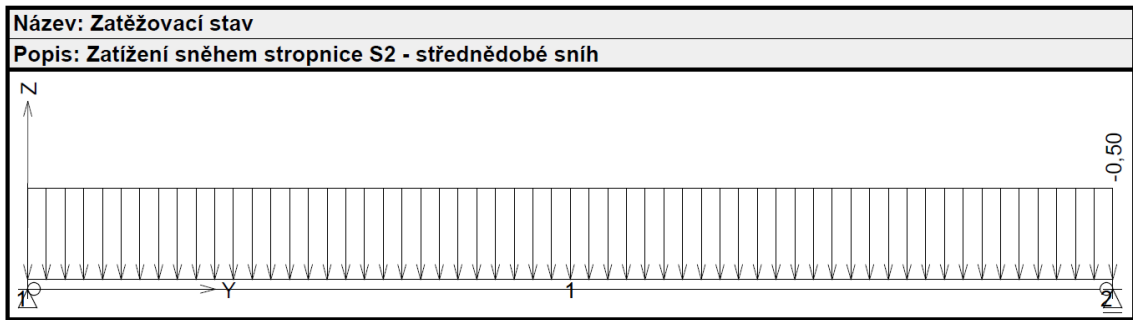
**Obr. č. 61 Zatěžovací stav – užiténé zatížení stropnice S2**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



**Obr. č. 62 Zatížení větrem stropnice S2 – krátkodobé vítr (tlak)**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



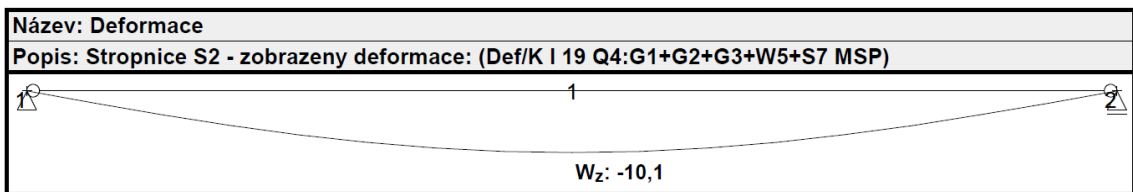
**Obr. č. 63 Zatížení větrem stropnice S2 – krátkodobé vítr (sání)**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



**Obr. č. 64 Zatížení sněhem stropnice S2 – střednědobé sněh**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

#### 6.2.4 Deformace – Stropnice S2



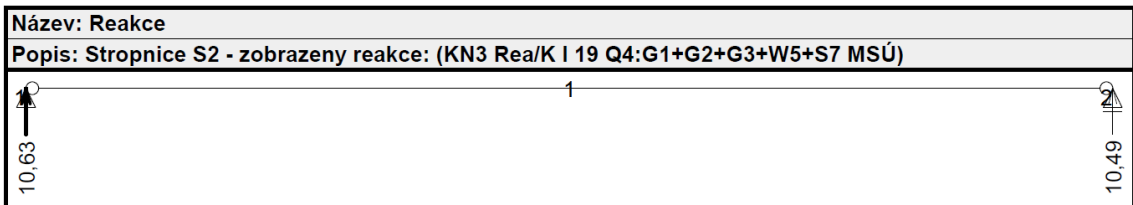
**Obr. č. 65 Deformace – stropnice S2**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

Průhyb:  $1/300 \cdot 1 > 10,1 \text{ mm}$ ,  $1/300 \cdot 3760 > 10,1 \text{ mm}$

$12,53 \text{ mm} > 10,1 \text{ mm} \Rightarrow$  **VYHOVUJE**

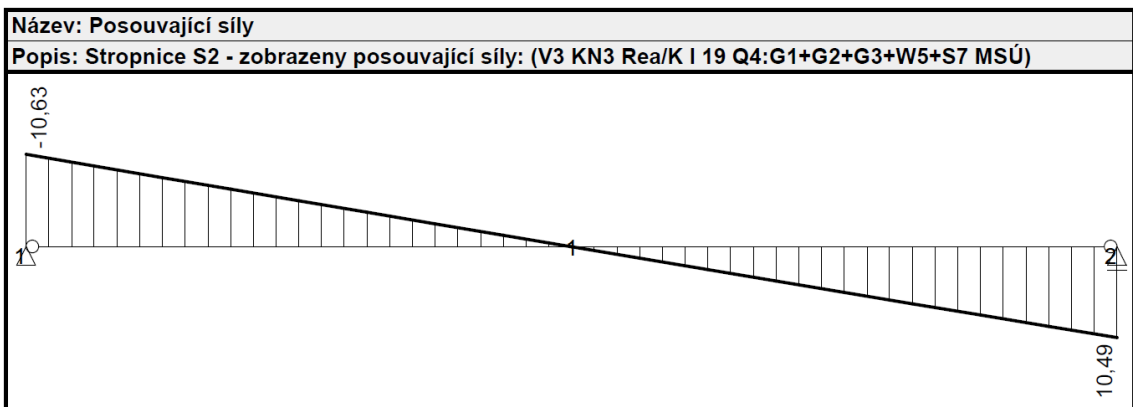
#### 6.2.5 Reakce – Stropnice S2



**Obr. č. 66 Reakce – stropnice S2**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

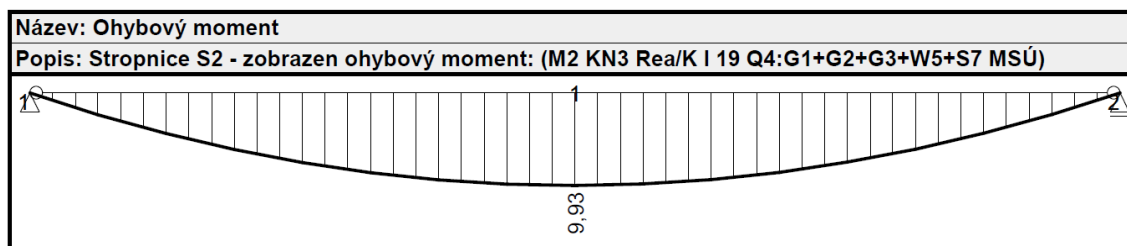
#### 6.2.6 Posouvající síly – Stropnice S2



**Obr. č. 67 Posouvající síly – stropnice S2**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

### 6.2.7 Ohybový moment – Stropnice S2



**Obr. č. 68 Ohybový moment – stropnice S2**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

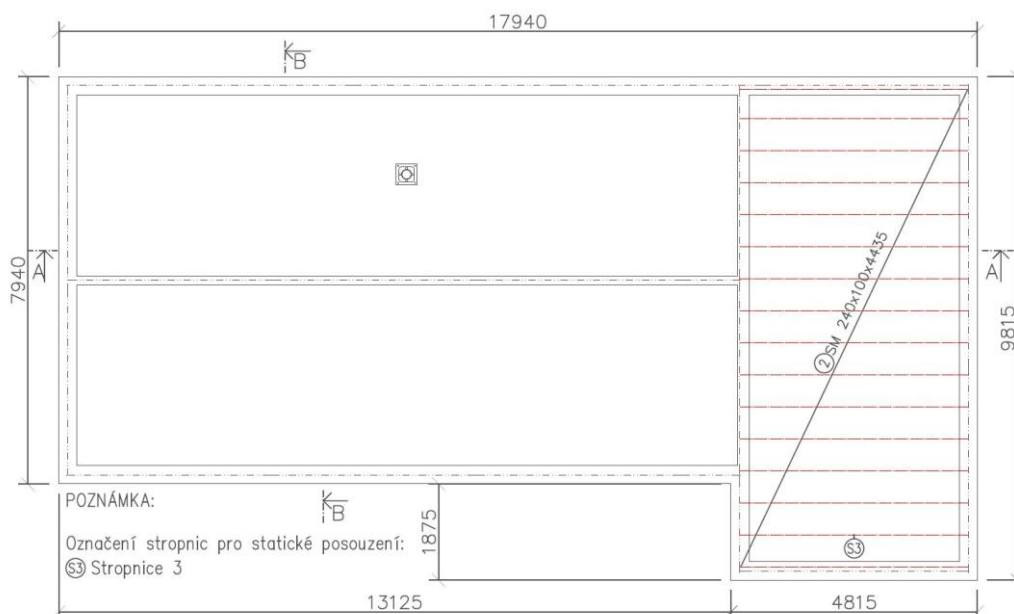
## 6.2.8 Posouzení – Stropnice S2

Kritický řez dílce "Stropnice S2" - průřez 1 (1,880m)																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : <math>\gamma_M = 1,300</math>  Mimořádná kombinace zatížení : <math>\gamma_M = 1,000</math></p> <p><b>Třída provozu: 2</b></p> <p><b>Průřez: obdélník 80x240</b>  <b>Rozměry:</b>  Výška průřezu <math>h = 240,0</math> mm  Šířka průřezu <math>b = 80,0</math> mm</p> <p><b>Materiál: S10 (C24) - jehličnaté</b>  <b>Druh dřeva: rostlé</b></p> <p><b>Materiálové charakteristiky:</b></p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td><math>f_{m,k}</math></td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td><math>f_{t,0,k}</math></td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td><math>f_{c,0,k}</math></td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td><math>f_{v,k}</math></td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td><math>f_{c,90,k}</math></td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td><math>f_{t,90,k}</math></td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td><math>E_{0,mean}</math></td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td><math>E_{0,05}</math></td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td><math>G_{mean}</math></td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td><math>\rho_k</math></td><td>: 350,0 kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel <math>k_H</math> pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$	: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$	: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$	: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k$	: 350,0 kg/m <sup>3</sup>
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$	: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$	: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$	: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k$	: 350,0 kg/m <sup>3</sup>																													
<p><b>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu:</b>  Zatěžovací případ s největším využitím  Kombinace č. 19 - Q4:G1+G2+G3+W5+S7  Krátkodobé zatížení</p> <table> <tr><td><math>N = 0,000</math> kN</td><td><math>M_z = 0,000</math> kNm</td></tr> <tr><td><math>M_y = 9,929</math> kNm</td><td><math>V_y = 0,000</math> kN</td></tr> <tr><td><math>V_z = 0,034</math> kN</td><td></td></tr> </table>		$N = 0,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 9,929$ kNm	$V_y = 0,000$ kN	$V_z = 0,034$ kN																									
$N = 0,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 9,929$ kNm	$V_y = 0,000$ kN																														
$V_z = 0,034$ kN																															
<p><b>Vzpěr:</b>  Počítá se se vzpěrem  Délka úseku pro vzpěr <math>L_z = 3,760</math> m  Součinitel vzpěrné délky <math>k_z = 1,000</math>      Vzpěrná délka <math>L_{cr,z} = 3,760</math> m  Délka úseku pro vzpěr <math>L_y = 3,760</math> m  Součinitel vzpěrné délky <math>k_y = 1,000</math>      Vzpěrná délka <math>L_{cr,y} = 3,760</math> m</p>	<p><b>Klopení:</b>  S klopením se nepočítá</p>																														
<p>Výsledky posouzení  <b>Rozhodující zatěžovací případ:</b> Kombinace č. 19 - Q4:G1+G2+G3+W5+S7  Vnitřní síly: <math>N = 0,000</math> kN; <math>M_y = 9,929</math> kNm; <math>M_z = 0,000</math> kNm; <math>V_z = 0,034</math> kN; <math>V_y = 0,000</math> kN</p> <p><b>Posudek ohybu:</b>  Únosnost: <math>M_{y,R} = 12,761</math> kNm  <math>0,778 + 0,000 = 0,778 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p><b>Posudek smyku od posouvajících sil:</b>  Únosnost: <math>V_R = 23,749</math> kN  <math>0,001 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p>Štíhlost dílce: 162,8</p> <p><b>Průřez vyhovuje</b></p>																															
<b>77,8 % VYHOVUJE</b>																															

Obr. č. 69 Posouzení – stropnice S2  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

## 6.3 Statické posouzení stropnice S3

### 6.3.1 Půdorysné schéma – umístění stropnice S3



**Obr. č. 70 Půdorysné schéma – umístění stropnice S3**

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

### 6.3.2 Protokol zatížení stropnice S3

#### Vlastní tíha stropnice S3

	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
Průřez: obdélník 80x240	0,10	1,35	0,14
Součet: Vlastní tíha nosné konstrukce	0,10	1,35	0,14
Součet: Stálé zatížení	0,10	1,35	0,14
<b>Součet zatížení</b>	<b>0,10</b>	<b>1,35</b>	<b>0,11</b>

#### Stálé zatížení stropnice S3

	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
<b>Stálé zatížení od pohledu k vrstvě kačírku</b>			
Propíraný kačírek 16/32 (17,00 × 0,080 × 0,625)	0,85	1,35	1,15
Nopová fólie Fatradren (9,50 × 0,020 × 0,625)	0,12	1,35	0,16
Fatrafol 818/V-UV (13,45 × 0,001 × 0,625)	0,01	1,35	0,01

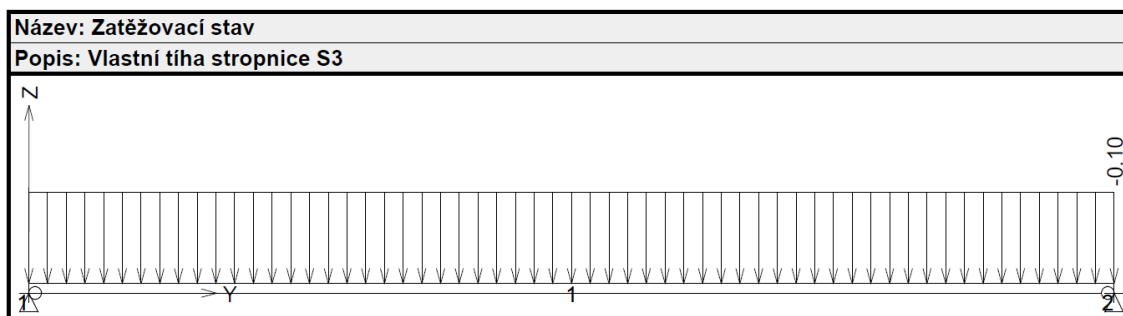
Isover S (1,47 × 0,050 × 0,625)	0,05	1,35	0,07
Isover SD (1,47 × 0,012 × 0,625)	0,01	1,35	0,01
Isover S (1,47 × 0,420 × 0,625)	0,39	1,35	0,53
Isover S (1,47 × 0,100 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
Isover T (1,25 × 0,140 × 0,625)	0,11	1,35	0,15
EGGER OSB 3 (6,00 × 0,022 × 0,625)	0,08	1,35	0,11
Isover UNI (0,40 × 0,240 × 0,565)	0,05	1,35	0,07
Delta-Dawi GP (9,30 × 0,000 × 0,625)	0,00	1,35	0,00
Isover AKU (0,40 × 0,040 × 0,575)	0,01	1,35	0,01
Latě 40/50 (0,32 × 0,040 × 0,625)	0,01	1,35	0,01
SVD Fermacell (11,50 × 0,013 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
SVD Fermacell (11,50 × 0,013 × 0,625)	0,09	1,35	0,12
Součet: Ostatní stálé zatížení	1,96	1,35	2,65
Součet: Stálé zatížení	1,96	1,35	2,65
<b>Součet zatížení</b>	<b>1,96</b>	<b>1,35</b>	<b>2,65</b>

### Užitné zatížení stropnice S3

	Charakt. [kN/m]	Souč. [-]	Návrh. [kN/m]
<i>Běžná údržba a oprava střechy</i>			
Užitné zatížení	1,50	1,50	2,25
Součet: Užitné zatížení	1,50	1,50	2,25
Součet: Proměnné zatížení	1,50	1,50	2,25
<b>Součet zatížení</b>	<b>1,50</b>	<b>1,50</b>	<b>2,25</b>

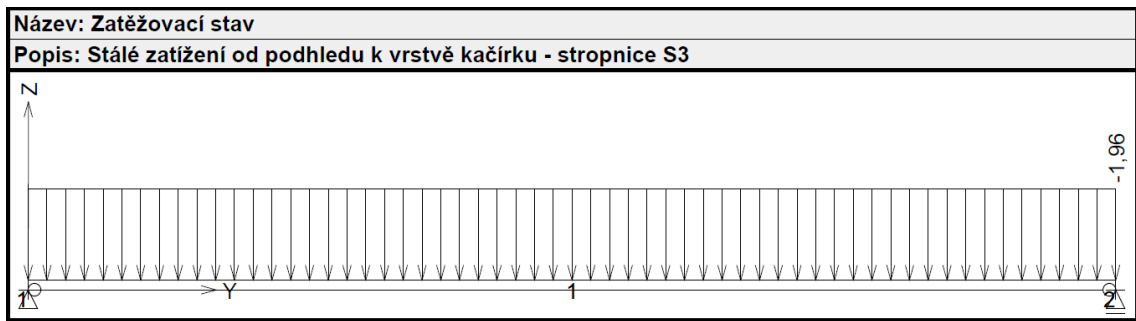
(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet FIN EC 2020)

### 6.3.3 Zatěžovací stavy - stropnice S3



**Obr. č. 71 Zatěžovací stav – vlastní tíha stropnice S3**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



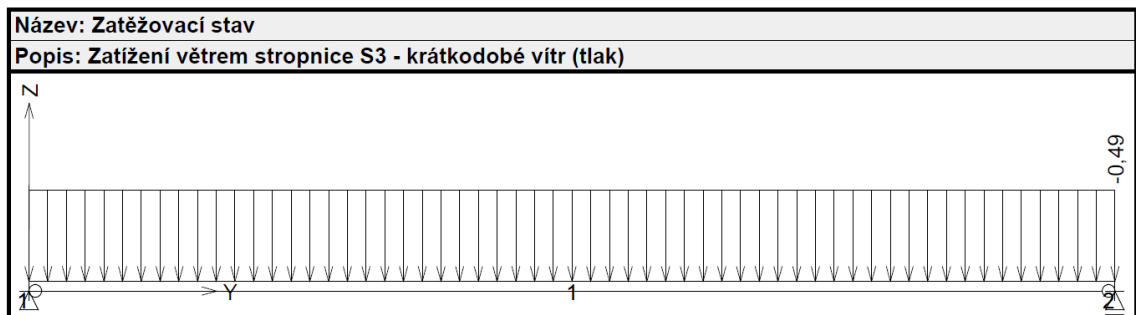
**Obr. č. 72 Zatěžovací stav – stálé zatížení od podhledu k vrstvě kačírku – stropnice S3**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



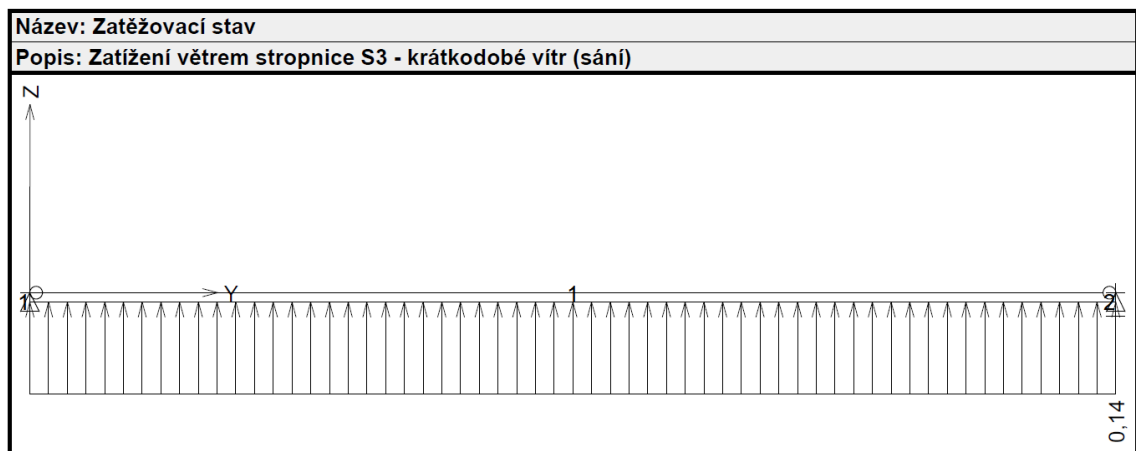
**Obr. č. 73 Zatěžovací stav – užité zatížení stropnice S3**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



**Obr. č. 74 Zatěžovací stav – zatížení větrem stropnice S3 – krátkodobé vítr (tlak)**

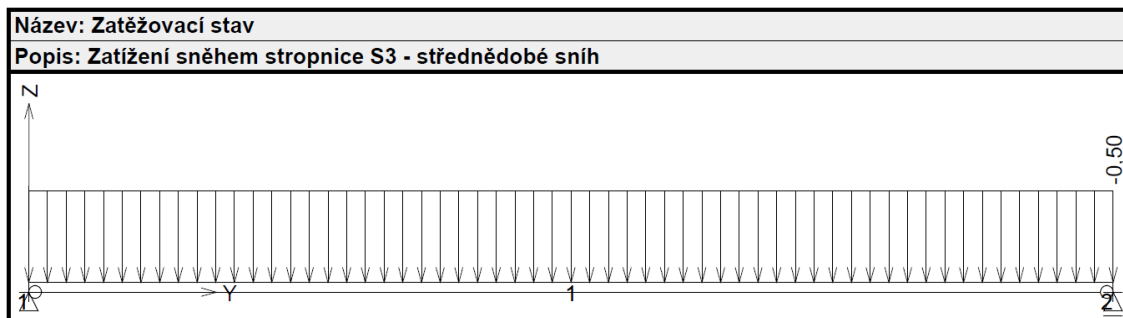
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)



**Obr. č. 75 Zatěžovací stav – zatížení větrem stropnice S3 – krátkodobé vítr (sání)**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

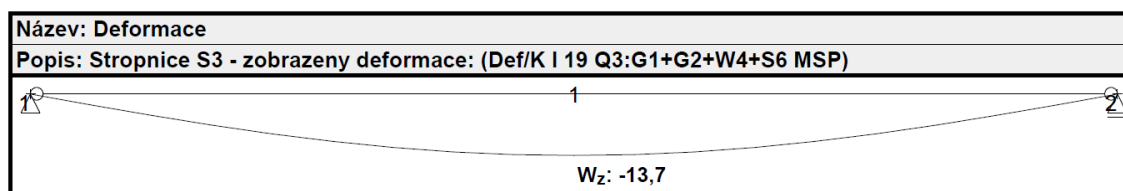




**Obr. č. 76** Zatěžovací stav – zatížení sněhem stropnice S3 – střednědobé snůh

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

### 6.3.4 Deformace – Stropnice S3



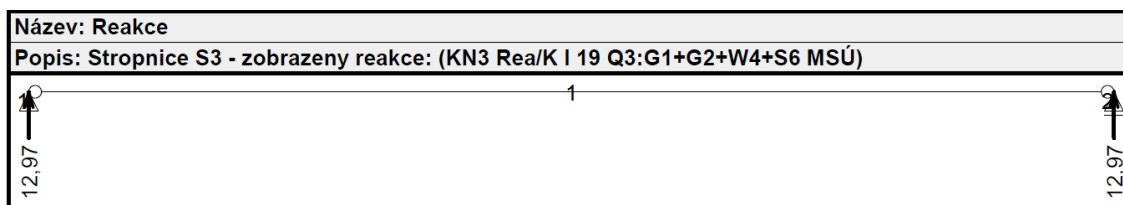
**Obr. č. 77** Deformace – stropnice S3

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

Průhyb:  $1/300 \cdot 1 > 13,7 \text{ mm}$ ,  $1/300 \cdot 3760 > 13,7 \text{ mm}$

$14,78 \text{ mm} > 13,7 \text{ mm} \Rightarrow$  **VYHOVUJE**

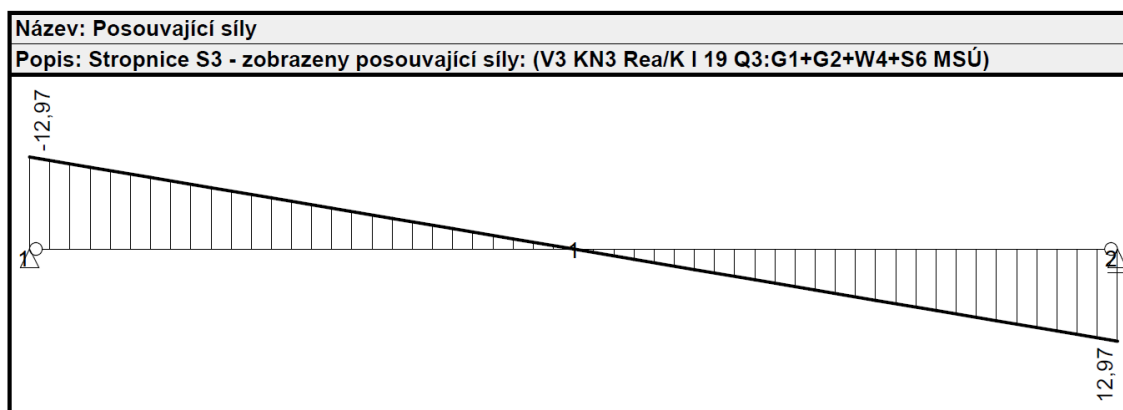
### 6.3.5 Reakce – Stropnice S3



**Obr. č. 78** Reakce – stropnice S3

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

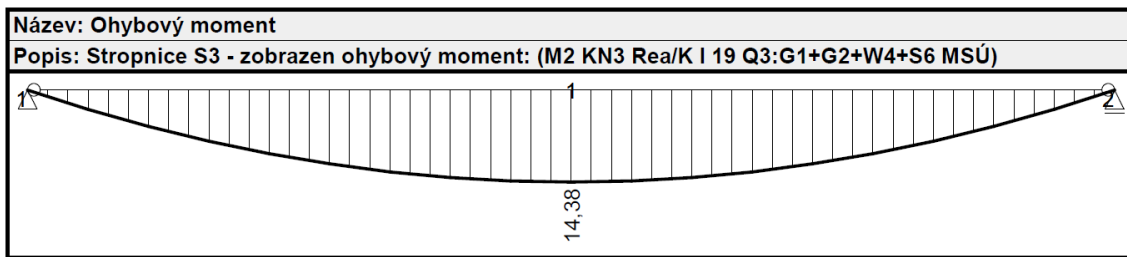
### 6.3.6 Posouvající síly – Stropnice S3



**Obr. č. 79** Posouvající síly – stropnice S3

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

### 6.3.7 Ohybový moment – Stropnice S3



**Obr. č. 80 Ohybový moment – stropnice S3**

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

### 6.3.8 Posouzení – Stropnice S3

Kritický řez dílce "Stropnice S3" - průřez 1 (2,218m)																															
	<p>Norma EN 1995-1-1/Česko.</p> <p>Rostlé dřevo, základní kombinace zatížení : <math>\gamma_M = 1,300</math>  Mimořádná kombinace zatížení : <math>\gamma_M = 1,000</math></p> <p><b>Třída provozu: 2</b></p> <p><b>Průřez: obdélník 100x240</b>  <b>Rozměry:</b>  Výška průřezu <math>h = 240,0</math> mm  Šířka průřezu <math>b = 100,0</math> mm</p> <p><b>Materiál: S10 (C24) - jehličnaté</b>  <b>Druh dřeva: rostlé</b></p> <p><b>Materiálové charakteristiky:</b></p> <table> <tr><td>Pevnost v ohybu</td><td><math>f_{m,k}</math></td><td>: 24,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu ve směru vláken</td><td><math>f_{t,0,k}</math></td><td>: 14,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku ve směru vláken</td><td><math>f_{c,0,k}</math></td><td>: 21,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost ve smyku</td><td><math>f_{v,k}</math></td><td>: 4,0 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tlaku kolmo na vlákna</td><td><math>f_{c,90,k}</math></td><td>: 2,5 MPa</td></tr> <tr><td>Pevnost v tahu kolmo na vlákna</td><td><math>f_{t,90,k}</math></td><td>: 0,4 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti</td><td><math>E_{0,mean}</math></td><td>: 11000 MPa</td></tr> <tr><td>5% kvantil modulu pružnosti</td><td><math>E_{0,05}</math></td><td>: 7400 MPa</td></tr> <tr><td>Modul pružnosti ve smyku</td><td><math>G_{mean}</math></td><td>: 690 MPa</td></tr> <tr><td>Charakteristická hodnota hustoty</td><td><math>\rho_k</math></td><td>: 350,0 kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table> <p>Při výpočtu je zohledněn součinitel <math>k_H</math> pro zvětšení pevnosti dřeva v tahu a ohybu.</p>	Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	: 24,0 MPa	Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$	: 14,0 MPa	Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$	: 21,0 MPa	Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	: 4,0 MPa	Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	: 2,5 MPa	Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	: 0,4 MPa	Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	: 11000 MPa	5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$	: 7400 MPa	Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	: 690 MPa	Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k$	: 350,0 kg/m <sup>3</sup>
Pevnost v ohybu	$f_{m,k}$	: 24,0 MPa																													
Pevnost v tahu ve směru vláken	$f_{t,0,k}$	: 14,0 MPa																													
Pevnost v tlaku ve směru vláken	$f_{c,0,k}$	: 21,0 MPa																													
Pevnost ve smyku	$f_{v,k}$	: 4,0 MPa																													
Pevnost v tlaku kolmo na vlákna	$f_{c,90,k}$	: 2,5 MPa																													
Pevnost v tahu kolmo na vlákna	$f_{t,90,k}$	: 0,4 MPa																													
Modul pružnosti	$E_{0,mean}$	: 11000 MPa																													
5% kvantil modulu pružnosti	$E_{0,05}$	: 7400 MPa																													
Modul pružnosti ve smyku	$G_{mean}$	: 690 MPa																													
Charakteristická hodnota hustoty	$\rho_k$	: 350,0 kg/m <sup>3</sup>																													
<p><b>Vnitřní síly v souřadném systému průřezu:</b>  Zatěžovací případ s největším využitím  Kombinace č.19 - Q3:G1+G2+W4+S6  Krátkodobé zatížení</p> <table> <tr><td><math>N = 0,000</math> kN</td><td><math>M_z = 0,000</math> kNm</td></tr> <tr><td><math>M_y = 14,378</math> kNm</td><td><math>V_y = 0,000</math> kN</td></tr> <tr><td><math>V_z = 0,000</math> kN</td><td></td></tr> </table>		$N = 0,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm	$M_y = 14,378$ kNm	$V_y = 0,000$ kN	$V_z = 0,000$ kN																									
$N = 0,000$ kN	$M_z = 0,000$ kNm																														
$M_y = 14,378$ kNm	$V_y = 0,000$ kN																														
$V_z = 0,000$ kN																															
<p><b>Vzpěr:</b>  Počítá se se vzpěrem  Délka úseku pro vzpěr <math>L_z = 4,435</math> m  Součinitel vzpěrné délky <math>k_z = 1,000</math>  Délka úseku pro vzpěr <math>L_y = 4,435</math> m  Součinitel vzpěrné délky <math>k_y = 1,000</math></p>	<p><b>Klopení:</b>  S klopením se nepočítá</p> <p>Vzpěrná délka <math>L_{or,z} = 4,435</math> m  Vzpěrná délka <math>L_{or,y} = 4,435</math> m</p>																														
<p>Výsledky posouzení  <b>Rozhodující zatěžovací případ:</b> Kombinace č.19 - Q3:G1+G2+W4+S6  Vnitřní síly: <math>N = 0,000</math> kN; <math>M_y = 14,378</math> kNm; <math>M_z = 0,000</math> kNm; <math>V_z = 0,000</math> kN; <math>V_y = 0,000</math> kN</p> <p><b>Posudek ohybu:</b>  Únosnosti: <math>M_{y,R} = 15,951</math> kNm  <math>0,901 + 0,000 = 0,901 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p>Štíhlost dílce: 153,6</p> <p><b>Průřez vyhovuje</b></p>																															
<p><b>90,1 % VYHOVUJE</b></p>																															

**Obr. č. 81 Posouzení – stropnice S3**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

## 6.4 Shrnutí statického posouzení

Předmět daného statického posouzení jsou vybrané konstrukční prvky, mezi které patří stropnice S1, S2 a S3. Tyto stropnice jsou klíčové z pohledu únosnosti stavby, jelikož mají zabezpečit přenesení veškerého zatížení, které může být na střešní konstrukci vyvinuto včetně stálého zatížení od skladby celé ploché střechy. Statické posouzení těchto prvků se také realizovalo z toho důvodu, že ve skladbě střešního pláště byla uvažována vrstva propíraného kačírku v tloušťce 80 mm, který jednotlivé stropnice značně přitížil, proto bylo nutné statickým výpočtem ověřit, zda navržené průřezy jednotlivých stropnic budou vyhovující. Statické posouzení bylo provedeno v programu FIN EC, kde byl nejdříve využit statický modul (Zatížení) pro výpočet jednotlivých zatížení - vlastní tíha stropnic, stálá zatížení, užitná zatížení, zatížení větrem a zatížení sněhem dle příslušných norem ČSN EN 1991-1-1, ČSN EN 1991-1-2, ČSN EN 1991-1-3 a ČSN EN 1991-1-4. Poté se tyto vypočtené zatížení převzali, a byly zaneseny do statického modulu 2D, kde byly vytvořeny jednotlivé zatěžovací stavy, které mohou reálně nastat, přičemž byly uvažovány i jejich kombinace, tak aby výsledky posouzení odpovídaly co nejvíce realitě. Posouzení ve zmíněném statickém modulu (Fin 2D) bylo provedeno metodou konečných prvků. Všechny posuzované stropnice S1, S2 a S3 byly statickým výpočtem vyhodnoceny jako vyhovující, jak z pohledu dostačující velikosti průřezu a jeho využití, tak z pohledu dovoleného průhybu.

## 7. Tepelně technické posouzení vybraných prvků obvodového pláště

### 7.1 Tepelně technické posouzení podlahy přilehlé k zemině

#### ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ PODLAHY PŘILEHLÉ K ZEMINĚ

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

##### Teplo 2010

Název úlohy: **Podlaha přilehlá k zemině**

Zpracovatel: Karel Martínek

Zakázka: Diplomová práce

Datum: 10. 03. 2020

##### 7.1.1 Kontrolní tisk vstupních dat

Typ hodnocené konstrukce: Podlaha - výpočet poklesu dotykové teploty

Korekce součinitele prostupu dU: 0.000 W/m<sup>2</sup>K

##### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m3]	Mi[-]	Ma[kg/m2]
1	Laminátová podl.	0.0080	0.1800	2510.0	600.0	157.0	0.0000
2	Cementový potěr	0.0500	1.3800	1570.0	2100.0	38.0	0.0000
3	PE folie	0.0010	0.3500	1470.0	900.0	144000.0	0.0000
4	Isover EPS 100	0.1000	0.0370	1270.0	18.0	30.0	0.0000
5	Isover N	0.1000	0.0360	800.0	100.0	1.0	0.0000
6	ŽB deska	0.2500	1.4300	1020.0	2300.0	23.0	0.0000
7	Fatrafol 803	0.0015	0.3500	1470.0	1345.0	11600.0	0.0000
8	Podkladní beton	0.0500	1.3000	1020.0	2200.0	20.0	0.0000
9	Štěrkový podsyp	0.1000	0.6500	800.0	1650.0	15.0	0.0000

##### Okrajové podmínky výpočtu:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi: 0.17 m<sup>2</sup>K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse: 0.00 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te: -17.0 °C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai: 21.0 °C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe: 85.0 %  
Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi: 55.0 %

### 7.1.2 Tisk výsledků vyšetřování

#### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: 5.94 m<sup>2</sup>K/W  
Součinitel prostupu tepla konstrukce U: 0.164 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované konstrukce U<sub>k,c</sub>: 0.18 / 0.21 / 0.26 / 0.36 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tepelných mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B. 9. 2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce ZpT: 9.3E+0011 m/s

#### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub>: 19.47 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub>: 0.960

#### Pokles dotykové teploty podlahy dle ČSN 730540:

Tepelná jímavost podlahové konstrukce B: 790.73 Ws/m<sup>2</sup>K

Pokles dotykové teploty podlahy DeltaT: 5.41 °C

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet Teplo 2010)

### 7.1.3 Vyhodnocení výsledků podle kritérií ČSN 730540-2 (2007)

Název konstrukce: Podlaha přilehlá k zemině

#### Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T<sub>i</sub>: 20,0 °C  
Návrhová venkovní teplota T<sub>ae</sub>: -17,0 °C  
Teplota na vnější straně T<sub>e</sub>: -17,0 °C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T<sub>ai</sub>: 21,0 °C  
Relativní vlhkost v interiéru RHi: 50,0 % (+5,0%)

#### Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Laminátová podlaha	0,008	0,180	157,0
2	Cementový potěr	0,050	1,380	38,0

3	PE folie	0,001	0,350	144000,0
4	Isover EPS 100	0,100	0,037	30,0
5	Isover N	0,100	0,036	1,0
6	ŽB deska	0,250	1,430	23,0
7	Fatrafol 803	0,0015	0,350	11600,0
8	Podkladní beton C16/20	0,050	1,300	20,0
9	Štěrkový podsyp	0,100	0,650	15,0

### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F = 0,804 + 0,000 = 0,804$

Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} = 0,960$

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $f_{Rsi,m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U_{N} = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$

Vypočtená hodnota:  $U = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

**$U < U_{N}$  POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

### III. Požadavek na pokles dotykové teploty (čl. 5.3 v ČSN 730540-2)

Požadavek: teplá podlaha -  $dT_{10,N} = 5,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Vypočtená hodnota:  $dT_{10} = 5,41 \text{ }^{\circ}\text{C}$

**$dT_{10} < dT_{10,N}$  ... POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

(Teplo 2010, (c) 2010 Svoboda Software)

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet Teplo 2010)

## 7.2 Tepelně technické posouzení obvodové stěny

### ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBVODOVÉ STĚNY

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

#### Teplo 2010

Název úlohy: **Obvodová stěna**  
Zpracovatel: Karel Martínek  
Zakázka: Diplomová práce  
Datum: 07. 03. 2020

#### 7.2.1 Kontrolní tisk vstupních dat

Typ hodnocené konstrukce: Obvodová stěna  
Korekce součinitele prostupu dU: 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m3]	Mi[-]	Ma[kg/m2]
1	SVD Fermacell	0.0125	0.3200	1100.0	1150.0	13.0	0.0000
2	SVD Fermacell	0.0125	0.3200	1100.0	1150.0	13.0	0.0000
3	Latě 40/50/Isover AKU	0.0400	0.0470	936.8	68.8	157.0	0.0000
4	Delta-Dawi GP	0.0002	0.1700	1700.0	930.0	500000.0	0.0000
5	Sloupky SM 60/140/Isover	0.1400	0.0510	964.2	74.6	157.0	0.0000
6	SVD Fermacell	0.0150	0.3200	1100.0	1150.0	13.0	0.0000
7	Weber.therm technik	0.0050	0.9000	900.0	1560.0	30.0	0.0000
8	Isover EPS Grey 100	0.1200	0.0330	1270.0	18.0	30.0	0.0000
9	Weber.therm elastik	0.0040	0.9000	900.0	1630.0	20.0	0.0000
10	Weber.pas silikon	0.0060	0.8600	920.0	1600.0	130.0	0.0000

#### Okrajové podmínky výpočtu:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru R<sub>si</sub>: 0.13 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet kondenzace a povrchových teplot R<sub>si</sub>: 0.25 m<sup>2</sup>K/W  
Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru R<sub>se</sub>: 0.04 m<sup>2</sup>K/W  
dtto pro výpočet kondenzace a povrchových teplot R<sub>se</sub>: 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota T<sub>e</sub>: 20.0 °C  
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T<sub>ai</sub>: 21.0 °C  
Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu R<sub>He</sub>: 85.0 %



Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RH<sub>i</sub>:

55.0 %

Měsíc	Délka[dny]	T <sub>ai</sub> [C]	RH <sub>i</sub> [%]	P <sub>i</sub> [Pa]	T <sub>e</sub> [C]	RH <sub>e</sub> [%]	P <sub>e</sub> [Pa]
1	31	21.0	54.2	1347.2	-2.2	81.2	412.9
2	28	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9
3	31	21.0	56.9	1414.3	3.2	79.4	610.0
4	30	21.0	57.8	1436.7	7.8	77.4	818.7
5	31	21.0	60.9	1513.7	12.7	74.5	1093.5
6	30	21.0	64.2	1595.7	16.1	71.8	1313.2
7	31	21.0	65.8	1635.5	17.6	70.3	1414.1
8	31	21.0	65.0	1615.6	16.9	71.0	1366.3
9	30	21.0	61.4	1526.1	13.2	74.2	1125.4
10	31	21.0	58.0	1441.6	8.1	77.3	834.5
11	30	21.0	56.9	1414.3	3.0	79.5	602.1
12	31	21.0	56.6	1406.8	-0.5	80.7	472.8

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti: 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let: 1

## 7.2.2 Tisk výsledků vyšetřování

### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: 7.38 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U: 0.133 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované konstrukce U<sub>kc</sub>: 0.15 / 0.18 / 0.23 / 0.33 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tepelných mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B. 9. 2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub>: 7.1E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce N<sub>y</sub>\*: 298.3

Fázový posun teplotního kmitu Psi\*: 9.4 h

### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub>: 20.97 °C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f,Rsi,p:

0.967

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		Tsi[C]	f,Rsi	RHsi[%]
	Tsi,m[C]	f,Rsi,m	Tsi,m[C]	f,Rsi,m			
1	14.8	0.733	11.4	0.586	20.2	0.967	56.8
2	15.5	0.743	12.0	0.585	20.3	0.967	59.0
3	15.6	0.695	12.1	0.502	20.4	0.967	59.0
4	15.8	0.607	12.4	0.346	20.6	0.967	59.4
5	16.6	0.474	13.2	0.057	20.7	0.967	61.9
6	17.5	0.279	14.0	-----	20.8	0.967	64.8
7	17.9	0.076	14.4	-----	20.9	0.967	66.2
8	17.7	0.186	14.2	-----	20.9	0.967	65.5
9	16.8	0.457	13.3	0.012	20.7	0.967	62.4
10	15.9	0.602	12.4	0.335	20.6	0.967	59.5
11	15.6	0.698	12.1	0.507	20.4	0.967	59.0
12	15.5	0.744	12.1	0.584	20.3	0.967	59.1

Poznámka:

RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu.

Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

### Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:

(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní: i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	e	
tepl.[C]:	21.0	21.0	21.0	20.8	20.8	20.5	20.5	20.5	20.0	20.0	20.0
p [Pa]:	1367	1368	1369	1398	1862	1964	1965	1966	1982	1983	1986
p,sat [Pa]:	2481	2480	2479	2462	2462	2408	2408	2407	2338	2338	2338

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry Gd: - 9.286E - 0010 kg/m<sup>2</sup>s

## **Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:**

### Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet Teplo 2010)

### **7.2.3 Vyhodnocení výsledků podle kritérií ČSN 730540-2 (2007)**

Název konstrukce: Obvodová stěna

#### **Rekapitulace vstupních dat**

Návrhová vnitřní teplota $T_i$ :	20,0 °C
Návrhová venkovní teplota $T_{ae}$ :	-17,0 °C
Teplota na vnější straně $T_e$ :	20,0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu $T_{ai}$ :	21,0 °C
Relativní vlhkost v interiéru $R_{Hi}$ :	50,0 % (+5,0%)

#### **Skladba konstrukce**

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	SVD Fermacell	0,0125	0,320	13,0
2	SVD Fermacell	0,0125	0,320	13,0
3	Latě 40/50/Isover AKU	0,040	0,047	157,0
4	Delta-Dawi GP	0,0002	0,170	500000,0
5	Sloupky SM 60/140/Isover	0,140	0,051	157,0
6	SVD Fermacell	0,015	0,320	13,0
7	weber.therm technik	0,005	0,900	30,0
8	Isover EPS Grey 100	0,120	0,033	30,0
9	Weber.therm elastik	0,004	0,900	20,0
10	Weber.pas silikon	0,006	0,860	130,0

#### **I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)**

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F = -6,436 + 0,015 = -6,421$

Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} = 0,967$

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost

na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $fR_{s,i,m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce. Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

## **II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)**

Požadavek:  $U, N =$  0,30 W/m<sup>2</sup>K

Vypočtená hodnota:  $U =$  0,13 W/m<sup>2</sup>K

**$U < U, N$  POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

## **III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)**

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
  2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
  3. Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.rok, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

**POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.**

(Teplo 2010, (c) 2010 Svoboda Software)

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet Teplo 2010)

### **7.3 Tepelně technické posouzení obvodové stěny koupelny**

#### **ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ OBVODOVÉ STĚNY KOUPELNY**

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

##### **Teplo 2010**

Název úlohy: **Obvodová stěna koupelny**

Zpracovatel: Karel Martínek

Zakázka: Diplomová práce

Datum: 23. 5. 2020

### 7.3.1 Kontrolní tisk vstupních dat

Typ hodnocené konstrukce: Obvodová stěna koupelny

Korekce součinitele prostupu dU: 0.000 W/m<sup>2</sup>K

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m3]	Mi[-]	Ma[kg/m2]
1	Keramický obklad	0.006	1.0100	840.0	2000.0	200	0.0000
2	2xCVD Fermacell	0.025	0.1730	1000.0	1000.0	56.0	0.0000
3	Latě 40/50/Isover AKU	0.0400	0.0470	936.8	68.8	157.0	0.0000
4	Delta-Dawi GP	0.0002	0.1700	1700.0	930.0	500000.0	0.0000
5	Sloupky SM 60/140/Isover	0.1400	0.0510	964.2	74.6	157.0	0.0000
6	SVD Fermacell	0.0150	0.3200	1100.0	1150.0	13.0	0.0000
7	Weber.therm technik	0.0050	0.9000	900.0	1560.0	30.0	0.0000
8	Isover EPS Grey 100	0.1200	0.0330	1270.0	18.0	30.0	0.0000
9	Weber.therm elastik	0.0040	0.9000	900.0	1630.0	20.0	0.0000
10	Weber.pas silikon	0.0060	0.8600	920.0	1600.0	130.0	0.0000

#### Okrajové podmínky výpočtu:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru Rsi: 0.13 m<sup>2</sup>K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrchových teplot Rsi: 0.25 m<sup>2</sup>K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru Rse: 0.04 m<sup>2</sup>K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrchových teplot Rse: 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota Te: 20.0 °C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu Tai: 25.0 °C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu RHe: 60.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu RHi: 95.0 %

Měsíc	Délka[dny]	Tai[C]	RHi[%]	Pi[Pa]	Te[C]	RHe[%]	Pe[Pa]
1	31	25.0	43.6	1380.3	-2.2	81.2	412.9
2	28	25.0	45.4	1437.3	-0.6	80.7	468.9
3	31	25.0	45.8	1450.0	3.2	79.4	610.0
4	30	25.0	46.5	1472.2	7.8	77.4	818.7
5	31	25.0	48.9	1548.1	12.7	74.5	1093.5
6	30	25.0	51.5	1630.4	16.1	71.8	1313.2

7	31	25.0	52.7	1668.4	17.6	70.3	1414.1
8	31	25.0	52.1	1649.4	16.9	71.0	1366.3
9	30	25.0	49.2	1557.6	13.2	74.2	1125.4
10	31	25.0	46.6	1475.3	8.1	77.3	834.5
11	30	25.0	45.8	1450.0	3.0	79.5	602.1
12	31	25.0	45.5	1440.5	-0.5	80.7	472.8

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírážka k vnitřní relativní vlhkosti: 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let: 1

### 7.3.2 Tisk výsledků vyšetřování

#### Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Tepelný odpor konstrukce R: 7.44 m<sup>2</sup>K/W

Součinitel prostupu tepla konstrukce U: 0.131 W/m<sup>2</sup>K

Součinitel prostupu zabudované konstrukce U<sub>kc</sub>: 0.15 / 0.18 / 0.23 / 0.33 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tepelných mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B. 9. 2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z<sub>pT</sub>: 7.2E+0011 m/s

Teplotní útlum konstrukce N<sub>y\*</sub>: 282.2

Fázový posun teplotního kmitu Psi\*: 9.6 h

#### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T<sub>si,p</sub>: 24.84 C

Teplotní faktor v návrhových podmínkách f<sub>Rsi,p</sub>: 0.968

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----				
	T <sub>si,m</sub> [C]	f <sub>Rsi,m</sub>	T <sub>si,m</sub> [C]	f <sub>Rsi,m</sub>	T <sub>si</sub> [C]	f <sub>Rsi</sub>	RH <sub>si</sub> [%]
1	15.2	0.639	11.8	0.513	24.1	0.968	46.0
2	15.8	0.641	12.4	0.507	24.2	0.968	47.7
3	16.0	0.585	12.5	0.427	24.3	0.968	47.8
4	16.2	0.488	12.7	0.287	24.4	0.968	48.1

5	17.0	0.349	13.5	0.066	24.6	0.968	50.1
6	17.8	0.192	14.3	-----	24.7	0.968	52.4
7	18.2	0.078	14.7	-----	24.8	0.968	53.5
8	18.0	0.135	14.5	-----	24.7	0.968	52.9
9	17.1	0.329	13.6	0.035	24.6	0.968	50.3
10	16.2	0.481	12.8	0.277	24.5	0.968	48.1
11	16.0	0.589	12.5	0.432	24.3	0.968	47.8
12	15.9	0.641	12.4	0.506	24.2	0.968	47.8

Poznámka: RH<sub>si</sub> je relativní vlhkost na vnitřním povrchu,  
T<sub>si</sub> je vnitřní povrchová teplota a f,R<sub>si</sub> je teplotní faktor.

### Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540: (bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní: i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	e	
tepl.[C]:	24.8	24.8	24.7	24.2	24.2	22.4	22.4	22.4	20.0	20.0	20.0
p [Pa]:	3008	2993	2977	2903	1719	1459	1457	1455	1412	1411	1402
p,sat [Pa]:	3136	3135	3117	3016	3016	2710	2706	2705	2342	2341	2341

Při venkovní návrhové teplotě nedochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Množství difundující vodní páry G<sub>d</sub>: 2. 367E - 0009 kg/m<sup>2</sup>s

### Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:

#### Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet Teplo 2010)

### 7.3.3 Vyhodnocení výsledků podle kritérií ČSN 730540-2 (2007)

Název konstrukce: **Obvodová stěna koupelny**

#### Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota T <sub>i</sub> :	24,0 C
Návrhová venkovní teplota T <sub>ae</sub> :	-17,0 C
Teplota na vnější straně T <sub>e</sub> :	20,0 C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu T <sub>ai</sub> :	25,0 C

Relativní vlhkost v interiéru RH<sub>i</sub>:

90,0 % (+5,0%)

### Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	Keramický obklad	0,006	1,010	200,0
2	2xCVD Fermacell	0,025	0,173	56,0
3	Latě 40/50/Isover AKU	0,040	0,047	157,0
4	Delta-Dawi GP	0,0002	0,170	500000,0
5	Sloupky SM 60/140/Isover	0,140	0,051	157,0
6	SVD Fermacell	0,0125	0,320	13,0
7	Weber.therm technik	0,005	0,900	30,0
8	Isover EPS Grey 100	0,120	0,033	30,0
9	Weber.therm elastik	0,004	0,900	20,0
10	Weber.pas silikon	0,006	0,860	130,0

### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr} + \Delta F =$

1,398+0,045 = 1,443

Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{Rsi,m} =$

0,968

Kritický teplotní faktor  $f_{Rsi,cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

**$f_{Rsi,m} < f_{Rsi,N}$  ... POŽADAVEK NENÍ SPLNĚN.**

Splnění požadavku ČSN 730540 je při vlhkosti vnitřního vzduchu nad 60% možné dosáhnout i takovým návrhem konstrukce, který zajistí bezchybnou funkci konstrukce při povrchové kondenzaci a který vyloučí riziko růstu plísní a nepříznivé působení kondenzátu na navazující konstrukce (při splnění požadavku na součinitele prostupu tepla).

Poznámka: Povrchové teploty a teplotní faktory v místě tepelných mostů ve skladbě je nutné stanovit řešením teplotního pole.

### II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $U_{N} =$

0,21 W/m<sup>2</sup>K

Vypočtená hodnota:  $U =$

0,13 W/m<sup>2</sup>K

**$U < U_{N}$  POŽADAVEK JE SPLNĚN.**



Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

### III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
  2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
  3. Roční množství kondenzátu  $M_c$ , a musí být nižší než  $0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ , nebo 3% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Vypočtené hodnoty: V konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

### POŽADAVKY JSOU SPLNĚNY.

(Teplo 2010, (c) 2010 Svoboda Software)

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet Teplo 2010)

## 7.4 Tepelně technické posouzení střešního pláště ploché střechy ZÁKLADNÍ KOMPLEXNÍ TEPELNĚ TECHNICKÉ POSOUZENÍ STŘEŠNÍHO PLÁŠTĚ PLOCHÉ STŘECHY

podle ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, ČSN 730540 a STN 730540

### Teplo 2010

Název úlohy: **Střešní plášť - plochá střecha**

Zpracovatel: Karel Martínek

Zakázka: Diplomová práce

Datum: 25. 03. 2020

#### 7.4.1 Kontrolní tisk vstupních dat

Typ hodnocené konstrukce: Střešní plášť - plochá střecha

Korekce součinitele prostupu  $dU$ :  $0.000 \text{ W/m}^2\text{K}$

#### Skladba konstrukce (od interiéru) :

Číslo	Název	D[m]	L[W/mK]	C[J/kgK]	Ro[kg/m3]	Mi[-]	Ma[kg/m2]
1	SVD Fermacell	0.0125	0.3200	1100.0	1150.0	13.0	0.0000
2	SVD Fermacell	0.0125	0.3200	1100.0	1150.0	13.0	0.0000
3	Latě 40/50/Isover AKU	0.0400	0.0490	936.8	68.8	157.0	0.0000
4	Dörken Delta-D	0.0002	0.1700	1700.0	930.0	500000.0	0.0000

5	Stropnice 240/ISOVER U	0.2400	0.0510	964.2	74.6	157.0	0.0000
6	EGGER OSB 3	0.0220	0.1300	2100.0	600.0	200.0	0.0000
7	Fatrapar	0.0003	0.3000	1470.0	900.0	550000.0	0.0000
8	Isover T	0.1400	0.0390	800.0	125.0	1.0	0.0000
9	Isover S	0.1000	0.0400	800.0	147.0	1.0	0.0000
10	Isover S	0.0500	0.0400	800.0	147.0	1.0	0.0000
11	Fatrafol 818/V	0.0012	0.3500	1470.0	1345.0	20000.0	0.0000

### Okrajové podmínky výpočtu:

Tepelný odpor při přestupu tepla v interiéru  $R_{si}$ : 0.10 m<sup>2</sup>K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrchových teplot  $R_{si}$ : 0.25 m<sup>2</sup>K/W

Tepelný odpor při přestupu tepla v exteriéru  $R_{se}$ : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

dtto pro výpočet kondenzace a povrchových teplot  $R_{se}$ : 0.04 m<sup>2</sup>K/W

Návrhová venkovní teplota  $T_e$ : -17.0 °C

Návrhová teplota vnitřního vzduchu  $T_{ai}$ : 21.0 °C

Návrhová relativní vlhkost venkovního vzduchu  $R_{He}$ : 85.0 %

Návrhová relativní vlhkost vnitřního vzduchu  $R_{Hi}$ : 55.0 %

Měsíc	Délka [dny]	$T_{ai}$ [C]	$R_{Hi}$ [%]	$P_i$ [Pa]	$T_e$ [C]	$R_{He}$ [%]	$P_e$ [Pa]
1	31	21.0	54.2	1347.2	-2.2	81.2	412.9
2	28	21.0	56.5	1404.4	-0.6	80.7	468.9
3	31	21.0	56.9	1414.3	3.2	79.4	610.0
4	30	21.0	57.8	1436.7	7.8	77.4	818.7
5	31	21.0	60.9	1513.7	12.7	74.5	1093.5
6	30	21.0	64.2	1595.7	16.1	71.8	1313.2
7	31	21.0	65.8	1635.5	17.6	70.3	1414.1
8	31	21.0	65.0	1615.6	16.9	71.0	1366.3
9	30	21.0	61.4	1526.1	13.2	74.2	1125.4
10	31	21.0	58.0	1441.6	8.1	77.3	834.5
11	30	21.0	56.9	1414.3	3.0	79.5	602.1
12	31	21.0	56.6	1406.8	-0.5	80.7	472.8

Pro vnitřní prostředí byla uplatněna přírůžka k vnitřní relativní vlhkosti: 5.0 %

Výchozí měsíc výpočtu bilance se stanovuje výpočtem dle ČSN EN ISO 13788.

Počet hodnocených let:

1

#### 7.4.2 Tisk výsledků vyšetřování

##### Teplný odpor a součinitel prostupu tepla dle ČSN EN ISO 6946:

Teplný odpor konstrukce R:	13.11 m <sup>2</sup> K/W
Součinitel prostupu tepla konstrukce U:	0.075 W/m <sup>2</sup> K

Součinitel prostupu zabudované konstrukce U<sub>k,c</sub>: 0.10 / 0.13 / 0.18 / 0.28 W/m<sup>2</sup>K

Uvedené orientační hodnoty platí pro různou kvalitu řešení tepelných mostů vyjádřenou přibližnou přírážkou dle poznámek k čl. B. 9. 2 v ČSN 730540-4.

Difuzní odpor konstrukce Z <sub>pT</sub> :	1.8E+0012 m/s
Teplotní útlum konstrukce N <sub>y</sub> *:	4106.1
Fázový posun teplotního kmitu Psi*:	19.6 h

##### Teplota vnitřního povrchu a teplotní faktor dle ČSN 730540 a ČSN EN ISO 13788:

Vnitřní povrchová teplota v návrhových podmínkách T <sub>si,p</sub> :	20.29 °C
Teplotní faktor v návrhových podmínkách f <sub>Rsi,p</sub> :	0.981

Číslo měsíce	Minimální požadované hodnoty při max. rel. vlhkosti na vnitřním povrchu:				Vypočtené hodnoty		
	----- 80% -----		----- 100% -----		T <sub>si</sub> [C]	f <sub>Rsi</sub>	RH <sub>si</sub> [%]
	T <sub>si,m</sub> [C]	f <sub>Rsi,m</sub>	T <sub>si,m</sub> [C]	f <sub>Rsi,m</sub>	T <sub>si</sub> [C]	f <sub>Rsi</sub>	RH <sub>si</sub> [%]
1	14.8	0.733	11.4	0.586	20.6	0.981	55.7
2	15.5	0.743	12.0	0.585	20.6	0.981	57.9
3	15.6	0.695	12.1	0.502	20.7	0.981	58.1
4	15.8	0.607	12.4	0.346	20.8	0.981	58.7
5	16.6	0.474	13.2	0.057	20.8	0.981	61.5
6	17.5	0.279	14.0	-----	20.9	0.981	64.6
7	17.9	0.076	14.4	-----	20.9	0.981	66.1
8	17.7	0.186	14.2	-----	20.9	0.981	65.3
9	16.8	0.457	13.3	0.012	20.9	0.981	62.0
10	15.9	0.602	12.4	0.335	20.8	0.981	58.9
11	15.6	0.698	12.1	0.507	20.7	0.981	58.1
12	15.5	0.744	12.1	0.584	20.6	0.981	58.0

Poznámka: RHsi je relativní vlhkost na vnitřním povrchu.  
Tsi je vnitřní povrchová teplota a f,Rsi je teplotní faktor.

**Difuze vodní páry v návrhových podmínkách a bilance vlhkosti dle ČSN 730540:**  
(bez vlivu zabudované vlhkosti a sluneční radiace)

Průběh teplot a tlaků v návrhových okrajových podmínkách:

rozhraní:	i	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
tepl.[C]:	20.3	20.2	20.1	17.8	17.8	4.4	3.9	3.9	-6.2	-13.3
p [Pa]:	1367	1366	1366	1343	973	833	817	206	206	205
p,sat [Pa]:	2379	2363	2347	2031	2031	837	809	809	360	192

rozhraní:	10-11	e
tepl.[C]:	-16.9	-16.9
p [Pa]:	205	116
p,sat [Pa]:	138	138

Při venkovní návrhové teplotě dochází v konstrukci ke kondenzaci vodní páry.

Kond.zóna číslo	Hranice kondenzační zóny		Kondenzující množství vodní páry [kg/m <sup>2</sup> s]
	levá	[m] pravá	
1	0.6175	0.6175	5.986E-0010

**Celoroční bilance vlhkosti:**

Množství zkondenzované vodní páry Mc,a: 0.001 kg/m<sup>2</sup>,rok

Množství vypařitelné vodní páry Mev,a: 0.065 kg/m<sup>2</sup>,rok

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než -5.0 °C.

**Bilance zkondenzované a vypařené vlhkosti dle ČSN EN ISO 13788:**

Roční cyklus č. 1

V konstrukci nedochází během modelového roku ke kondenzaci.

Poznámka: Hodnocení difuze vodní páry bylo provedeno pro předpoklad 1D šíření vodní páry převažující skladbou konstrukce. Pro konstrukce s výraznými systematickými tepelnými mosty je výsledek výpočtu jen orientační. Přesnější výsledky lze získat s pomocí 2D analýzy.

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet Teplo 2010)

### 7.4.3 Vyhodnocení výsledků podle kritérií ČSN 730540-2 (2007)

Název konstrukce: **Střešní plášť - plochá střecha**

#### Rekapitulace vstupních dat

Návrhová vnitřní teplota $T_i$ :	20,0 °C
Návrhová venkovní teplota $T_{ae}$ :	-17,0 °C
Teplota na vnější straně $T_e$ :	-17,0 °C
Návrhová teplota vnitřního vzduchu $T_{ai}$ :	21,0 °C
Relativní vlhkost v interiéru $R_{Hi}$ :	50,0 % (+5,0%)

#### Skladba konstrukce

Číslo	Název vrstvy	d [m]	Lambda [W/mK]	Mi [-]
1	SVD Fermacell	0,0125	0,320	13,0
2	SVD Fermacell	0,0125	0,320	13,0
3	Latě 40/50/Isover AKU	0,040	0,049	157,0
4	Delta-Dawi GP	0,0002	0,170	500000,0
5	Stropnice 240/ISOVER U	0,240	0,051	157,0
6	EGGER OSB 3	0,022	0,130	200,0
7	Fatrapar	0,0003	0,300	550000,0
8	Isover T	0,140	0,039	1,0
9	Isover S	0,100	0,040	1,0
10	Isover S	0,050	0,040	1,0
11	Fatrafol 818/V-UV	0,0012	0,350	20000,0

#### I. Požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2)

Požadavek:  $f_{R_{si},N} = f_{R_{si},cr} + \Delta F = 0,804 + 0,015 = 0,819$

Vypočtená průměrná hodnota:  $f_{R_{si},m} = 0,981$

Kritický teplotní faktor  $f_{R_{si},cr}$  byl stanoven pro maximální přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80% (kritérium vyloučení vzniku plísní).

Průměrná hodnota  $f_{R_{si},m}$  (resp. maximální hodnota při hodnocení skladby mimo tepelné mosty a vazby) není nikdy minimální hodnotou ve všech místech konstrukce.

Nelze s ní proto prokazovat plnění požadavku na minimální povrchové teploty

zabudované konstrukce včetně tepelných mostů a vazeb. Její převýšení nad požadavkem naznačuje pouze možnosti plnění požadavku v místě tepelného mostu či tepelné vazby.

## **II. Požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2)**

Požadavek:  $U, N =$  0,24 W/m<sup>2</sup>K

Vypočtená hodnota:  $U =$  0,08 W/m<sup>2</sup>K

**$U < U, N$  POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

Vypočtený součinitel prostupu tepla musí zahrnovat vliv systematických tepelných mostů (např. krokví v zateplené šikmé střeše).

## **III. Požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2)**

- Požadavky:
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce.
  2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu.
  3. Roční množství kondenzátu  $M_{c,a}$  musí být nižší než 0,1 kg/m<sup>2</sup>.rok, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu (nižší z hodnot).

Limit pro max. množství kondenzátu odvozený z min. plošné hmotnosti materiálu v kondenzační zóně činí: 0,048 kg/m<sup>2</sup>.rok (materiál: Fatrafol 818/V-UV).

Dále bude použit limit pro max. množství kondenzátu: 0,048 kg/m<sup>2</sup>.rok

Vypočtené hodnoty: V kci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci.

Roční množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a} = 0,0008$  kg/m<sup>2</sup>.rok

Roční množství odpařitelné vodní páry  $M_{ev,a} = 0,0653$  kg/m<sup>2</sup>.rok

**Vyhodnocení 1. požadavku musí provést projektant.**

**$M_{c,a} < M_{ev,a}$  ... 2. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

**$M_{c,a} < M_{c,N}$  ... 3. POŽADAVEK JE SPLNĚN.**

(Teplo 2010, (c) 2010 Svoboda Software)

(Zdroj: Autor – Martínek, výpočet Teplo 2010)

## 7.5 Shrnutí tepelně technického posouzení

Předmětem tepelně technického posouzení jsou vybrané konstrukce, mezi které patří podlaha přilehlá k zemině, obvodová stěna, obvodová stěna koupelny a střešní plášť. Tyto konstrukce a jejich skladby jsou klíčové pro správnou obálku budovy, jelikož mají být navrženy tak, aby splňovaly požadavky minimálně na hodnoty nízkoenergetické stavby, nejlépe však stavby pasivní. Tepelně technické posouzení jednotlivých konstrukcí bylo provedeno v programu TEPLO 2010, kde byla nejdříve vyplněna tabulka se základními parametry konstrukce neboli složení skladeb z vrstev jednotlivých materiálů. Daným materiálům byly přiřazeny uvažované tloušťky a jejich technické parametry, které byly pro výpočet vyžadovány. V případě, že byla v dané skladbě navržena nehomogenní vrstva, například nosná kostra vyplněná tepelnou izolací, tak se provedlo tzv. stanovení tepelné vodivosti nehomogenní vrstvy složené ze dvou materiálů. Poté byly také stanoveny okrajové podmínky výpočtu, které představují například vnitřní vlhkostní podmínky (třída vnitřní vlhkosti), tepelný odpor při přestupu tepla, návrhové hodnoty pro výpočet vnitřní povrchové teploty, teplotního faktoru a bilance podle ČSN 730540 či měsíční průměrné hodnoty pro výpočet bilance podle ČSN EN ISO 13788. Posouzení ve zmíněném programu TEPLO 2010 bylo provedeno metodou pro výpočet základních tepelně technických parametrů stavebních konstrukcí podle norem ČSN 730540, ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, STN 730540. Všechny posuzované konstrukce mají hodnotu součinitele prostupu tepla vyhovující jak nízkoenergetickému, tak pasivnímu standardu. Dále veškeré posuzované konstrukce splňují požadavky na šíření vlhkosti konstrukcí. V případě požadavku na teplotní faktor je nutné pro jeho splnění uživatelská ohleduplnost ve smyslu pravidelného přirozeného větrání, tak aby bylo vyhověno dané normě.

## 8. Metodika

V rámci návrhu difúzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu byla pro tento návrh v návaznosti na literární řešerši a s ohledem na požadavky zadané investorem vypracována výkresová dokumentace, tepelně technické posouzení, statické posouzení vybraných konstrukčních prvků a vizualizace.

Zásadním požadavkem byl návrh konstrukce jako difúzně uzavřené, jejíž skladby konstrukcí by měly splňovat minimálně standard nízkoenergetického domu. Proto byly jednotlivé skladby navrženy dle příslušných norem tak, aby tyto zásadní požadavky splňovaly. Tomu byl přizpůsoben výběr jednotlivých materiálů, které svými vlastnostmi umožnili dané skladby v nízkoenergetickém standardu navrhnout. Po výběru správných materiálů pro složení jednotlivých skladeb konstrukcí bylo vypracováno tepelně technické posouzení. V rámci tepelně technického posouzení byly dané skladby posouzeny v programu TEPLO 2010, kde bylo ověřeno, zda navržené skladby vyhovují minimálně standardu nízkoenergetického bydlení z pohledu součinitele prostupu tepla.

Dalším bodem v návaznosti na návrh jednotlivých skladeb konstrukce posouzených z pohledu tepelně technických vlastností byla zpracována výkresová dokumentace rodinného domu v programu AutoCAD 2015 s ohledem na požadavek investora, který požádal o návrh rodinného domu ve formě jednopodlažního objektu. Se zřetelem na navržené konstrukční skladby, vhodnou orientaci místností ke světovým stranám a pravidla navrhování sloupkových staveb v pravidelném rastru sloupků 625 mm byl zpracován půdorys prvního nadzemního podlaží. Tomuto půdorysu byl přizpůsoben návrh základové konstrukce ve formě základových pasů a základové desky, které jsou znázorněny ve výkresu s označením základy. Další výkres, který byl zpracován, zobrazuje navrženou stropní konstrukci, která se skládá z několika dřevěných elementů, kterými jsou věncové fošny a stropnice S1, S2 a S3. V tomto výkresu stropu je viditelné jednotlivé rozmístění stropnic splňující jejich osovou vzdálenost v pravidelném rastru 625 mm. Všechny navržené stropnice museli být posouzeny v programu FIN EC 2020, jelikož bylo nutné ověřit, zda budou schopny přenášet veškeré zatížení, která na ně budou působit, a to nejen od skladby ploché střechy, která na daných stropnicích spočívá. U stropnic bylo ověřeno, zda vyhovují z pohledu navržené velikosti průřezu a jeho využití, tak z pohledu dovoleného průhybu. Dále bylo nutné zpracovat výkres ploché střechy, kde se řešil vhodný výběr materiálu a navržení skladby pro vytvoření požadovaného sklonu. Zde bylo převzato řešení přímo od výrobce ISOVER, který vyrábí



spádové izolační klínky pro vytvoření požadovaného sklonu. Poté byly zpracované výkresy řezů v návaznosti na předešlé výkresy. Pro lepší znázornění, orientaci rodinného domu ke světovým stranám a popsání materiálu, které byly použity z exteriéru rodinného domu, museli být vykresleny technické pohledy. Jedná se konkrétně o pohled severní, jižní, východní a západní. Poslední fází bylo zpracování 3D vizualizace v programu SketchUP 2016, tak aby se mohl navržený rodinný dům co nejlépe prezentovat investorovi a on tak mohl dostat reálný pohled na svůj nový domov, který byl navržen podle jeho veškerých požadavků.

## 9. Výsledky

Zásadní část diplomové práce byla zaměřena na tepelně technické posouzení vybraných prvků obvodového pláště a statické posouzení vybraných konstrukčních prvků. Rodinný dům má tedy difúzně uzavřenou sloupkovou konstrukci navrženou s ohledem na výsledky posouzení, jak z pohledu statiky, tak tepelné techniky.

### Statické posouzení – výsledky

Statické posouzení bylo realizováno pro tři stropnice s označením S1, S2 a S3. Všechny stropnice jsou navrženy z rostlého jehličnatého smrkového dřeva s označením S10 (C24), které má své materiálové charakteristiky popsané výše v kapitole statické posouzení vybraných konstrukčních prvků. U všech stropnic byl uvažován vzpěr v celé jejich délce. Klopení uvažováno nebylo.

U stropnice s označením S1 byl navržen průřez s výškou  $h = 240$  mm a šířkou  $b = 80$  mm. Daná stropnice má délku 3,76 m. Rozhodujícím zatěžovacím případem byla pro tuto stropnici kombinace zatěžovacích stavů pod číslem 19. Po jejím statickém posouzení bylo zjištěno, že ve všech posuzovaných směrech je vyhovující, ať už z pohledu ohybového momentu, smyku od posouvajících sil, štíhlostí dílce, tak z pohledu navržené velikosti a využití průřezu. Využití průřezu je u této stropnice 74,7 %. Dané výsledky jsou uvedené na obrázku pod tímto textem.

Výsledky posouzení <b>Rozhodující zatěžovací případ:</b> Kombinace č.19 - Q4:G1+G2+G3+W5+S7 Vnitřní síly: $N = 0,000$ kN; $M_y = 9,535$ kNm; $M_z = 0,000$ kNm; $V_z = 0,036$ kN; $V_y = 0,000$ kN
<b>Posudek ohybu:</b> Únosnosti: $M_{y,R} = 12,761$ kNm $0,747 + 0,000 = 0,747 < 1$ <b>Vyhovuje</b>
<b>Posudek smyku od posouvajících sil:</b> Únosnost: $V_R = 23,749$ kN $0,002 < 1$ <b>Vyhovuje</b>
Štíhlost dílce: 162,8
<b>Průřez vyhovuje</b>
<b>74,7 % VYHOVUJE</b>

**Obr. č. 82 Výsledky statického posouzení – stropnice S1**  
(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

U stropnice s označením S2 byl navržen průřez s výškou  $h = 240$  mm a šířkou  $b = 80$  mm. Daná stropnice má délku 3,76 m. Rozdílem ve statickém posouzení mezi stropnicí S1 a S2 bylo odlišné stálé zatížení, které na stropnice působí. Tento rozdíl byl dán odlišnou tloušťkou skladby střešního pláště na stropnici S1 a S2. Rozhodujícím zatěžovacím případem byla pro tuto stropnici kombinace zatěžovacích stavů pod číslem 19. Po jejím statickém posouzení bylo zjištěno, že ve všech posuzovaných směrech je

vyhovující, ať už z pohledu ohybového momentu, smyku od posouvajících sil, štíhlosti dílce, tak z pohledu navržené velikosti a využití průřezu. Využití průřezu je u této

<p>Výsledky posouzení  <b>Rozhodující zatěžovací případ:</b> Kombinace č. 19 - Q4:G1+G2+G3+W5+S7  Vnitřní síly: <math>N = 0,000</math> kN; <math>M_y = 9,929</math> kNm; <math>M_z = 0,000</math> kNm; <math>V_z = 0,034</math> kN; <math>V_y = 0,000</math> kN</p> <p><b>Posudek ohybu:</b>  Únosnosti: <math>M_{y,R} = 12,761</math> kNm  <math>0,778 + 0,000 = 0,778 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p><b>Posudek smyku od posouvajících sil:</b>  Únosnost: <math>V_R = 23,749</math> kN  <math>0,001 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p>Štíhlost dílce: 162,8</p> <p><b>Průřez vyhovuje</b></p>
<b>77,8 % VYHOVUJE</b>

### Obr. č. 83 Výsledky statické posouzení – stropnice S2

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

U stropnice s označením S3 byl navržen průřez s výškou  $h = 240$  mm a šířkou  $b = 100$  mm. Daná stropnice má délku 4,435 m. Rozdílem ve statickém posouzení mezi stropnicí S3 a stropnicemi S1 a S2 bylo odlišné stálé zatížení, které na stropnice působí. Tento rozdíl byl dán odlišnou tloušťkou skladby střešního pláště na stropnici S3. Rozhodujícím zatěžovacím případem byla pro tuto stropnici kombinace zatěžovacích stavů pod číslem 19. Po jejím statickém posouzení bylo zjištěno, že ve všech posuzovaných směrech je vyhovující, ať už z pohledu ohybového momentu, smyku od posouvajících sil, štíhlosti dílce, tak z pohledu navržené velikosti a využití průřezu. Využití průřezu je u této stropnice 90,1 %. Dané výsledky jsou uvedené na obrázku pod tímto textem.

<p>Výsledky posouzení  <b>Rozhodující zatěžovací případ:</b> Kombinace č. 19 - Q3:G1+G2+W4+S6  Vnitřní síly: <math>N = 0,000</math> kN; <math>M_y = 14,378</math> kNm; <math>M_z = 0,000</math> kNm; <math>V_z = 0,000</math> kN; <math>V_y = 0,000</math> kN</p> <p><b>Posudek ohybu:</b>  Únosnosti: <math>M_{y,R} = 15,951</math> kNm  <math>0,901 + 0,000 = 0,901 &lt; 1</math> <b>Vyhovuje</b></p> <p>Štíhlost dílce: 153,6</p> <p><b>Průřez vyhovuje</b></p>
<b>90,1 % VYHOVUJE</b>

### Obr. č. 84 Výsledky statického posouzení – stropnice S3

(Zdroj: Autor – Martínek – FIN EC, 2020)

## Tepelně technické posouzení – výsledky

Tepelně technické posouzení bylo realizováno pro podlahu přilehlou k zemině, obvodovou stěnu, obvodovou stěnu koupelny a střešní plášť. Všechny zmíněné konstrukční skladby byly posouzeny podle norem ČSN 730540, ČSN EN ISO 13788, ČSN EN ISO 6946, STN 730540 a byly u nich shodně zadány standardní okrajové podmínky vnějšího prostředí pro lokalitu neboli okres Strakonice, kde investor předpokládá výstavbu rodinného domu.

### Podlaha přilehlá k zemině – výsledky

Skladba podlahy přilehlé k zemině má tloušťku 661,5 mm a výsledkem tepelně technického posouzení u této skladby je, že skladba splňuje 1. požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2) v případě, že bude splněna uživatelská ohleduplnost ve smyslu pravidelného přirozeného větrání, tak aby bylo dané normě vyhověno a předešlo se tak vzniku plísní. Vypočtená průměrná hodnota teplotního faktoru se rovná 0,96. Daná skladba splňuje i 2. požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2) a vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla se pro tuto skladbu rovná 0,164 W/m<sup>2</sup>K. Z pohledu 3. požadavku na pokles dotykové teploty (čl. 5.3 v ČSN 730540-2) je tato skladba také vyhovující a její vypočtená hodnota se rovná 5,41°C. Dané výsledky jsou s doplňujícími vypočtenými hodnotami uvedené na obrázku pod tímto textem.

Název projektu:	Výsledky tepelně technického posouzení - Diplomová práce	
Název posuzované skladby:	Podlaha přilehlá k zemině	
<b>Veličina:</b>	<b>Vypočtená hodnota</b>	<b>Jednotky</b>
Teplotní faktor $f_{Rsi,p}$ (návrhové pod.):	0,96	-
Součinitel prostupu tepla U:	0,164	W/m <sup>2</sup> .K
Pokles dotykové teploty $dT_{10}$ :	5,41	°
Tepelný odpor R:	5,94	m <sup>2</sup> .K/W

**Obr. č. 85** Výsledky tepelně technického posouzení – podlaha přilehlá k zemině

### Obvodová stěna – výsledky

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

Skladba obvodové stěny má tloušťku 357 mm a výsledkem tepelně technického posouzení u této skladby je, že skladba splňuje 1. požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2) v případě, že bude splněna uživatelská ohleduplnost ve smyslu pravidelného přirozeného větrání, tak aby bylo dané normě vyhověno a předešlo se tak vzniku plísní. Vypočtená průměrná hodnota teplotního faktoru se rovná 0,967. Daná skladba splňuje i 2. požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2) a vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla se pro tuto skladbu rovná 0,133 W/m<sup>2</sup>K.

Z pohledu 3. požadavku na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2) je tato skladba také vyhovující a v konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci. Dané výsledky jsou s doplňujícími vypočtenými hodnotami uvedené na obrázku pod tímto textem.

Název projektu:	Výsledky tepelně technického posouzení - Diplomová práce	
Název posuzované skladby:	Obvodová stěna	
<b>Veličina:</b>	<b>Vypočtená hodnota</b>	<b>Jednotky</b>
Teplotní faktor $f_{Rsi,p}$ (návrhové pod.):	0,967	-
Součinitel prostupu tepla U:	0,133	W/m <sup>2</sup> .K
Fázový posun teplotního kmitu $\Psi_i^*$ :	9,4	h
Tepelný odpor R:	7,38	m <sup>2</sup> .K/W

### Obr. č. 86 Výsledky tepelně technického posouzení – obvodová stěna

#### Obvodová stěna koupelny – výsledky

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

Skladba obvodové stěny koupelny má tloušťku 357 mm a výsledkem tepelně technického posouzení u této skladby je, že skladba splňuje 1. požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2) v případě, že bude splněna uživatelská ohleduplnost ve smyslu pravidelného přirozeného větrání, tak aby bylo dané normě vyhověno a předešlo se tak vzniku plísním. Pokud tomu tak nebude, požadavek splněn není. Vypočtená průměrná hodnota teplotního faktoru se rovná 0,968. Daná skladba splňuje i 2. požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2) a vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla se pro tuto skladbu rovná 0,131 W/m<sup>2</sup>K. Z pohledu 3. požadavku na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2) je tato skladba také vyhovující a v konstrukci nedochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci. Dané výsledky jsou s doplňujícími vypočtenými hodnotami uvedené na obrázku pod tímto textem.

Název projektu:	Výsledky tepelně technického posouzení - Diplomová práce	
Název posuzované skladby:	Obvodová stěna koupelny	
<b>Veličina:</b>	<b>Vypočtená hodnota</b>	<b>Jednotky</b>
Teplotní faktor $f_{Rsi,p}$ (návrhové pod.):	0,968	-
Součinitel prostupu tepla U:	0,131	W/m <sup>2</sup> .K
Fázový posun teplotního kmitu $\Psi_i^*$ :	9,6	h
Tepelný odpor R:	7,44	m <sup>2</sup> .K/W

### Obr. č. 87 Výsledky tepelně technického posouzení – obvodová stěna koupelny

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

#### Střešní plášť ploché střechy – výsledky

Výsledkem tepelně technického posouzení střešního pláště je, že skladba splňuje 1. požadavek na teplotní faktor (čl. 5.1 v ČSN 730540-2) v případě, že bude splněna uživatelská ohleduplnost ve smyslu pravidelného přirozeného větrání, tak aby bylo dané normě vyhověno a předešlo se tak vzniku plísním. Vypočtená průměrná hodnota

teplotního faktoru se rovná 0,968. Daná skladba splňuje i 2. požadavek na součinitel prostupu tepla (čl. 5.2 v ČSN 730540-2) a vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla se pro tuto skladbu rovná 0,075 W/m<sup>2</sup>K. Z pohledu 3. požadavku na šíření vlhkosti konstrukcí (čl. 6.1 a 6.2 v ČSN 730540-2) je tato skladba také vyhovující i přes to, že v konstrukci dochází při venkovní návrhové teplotě ke kondenzaci. Vyhovění skladby tomuto požadavku zaručuje podmínka, že roční množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$  je menší než množství odpařitelné vodní páry  $M_{ev,a}$ . Vypočtená hodnota  $M_{c,a}$  se rovná 0,0008 kg/m<sup>2</sup>.rok a vypočtená hodnota  $M_{ev,a}$  je rovna 0,0653 kg/m<sup>2</sup>.rok. Dané výsledky jsou s doplňujícími vypočtenými hodnotami uvedené na obrázku pod tímto textem.

Název projektu:	Výsledky tepelně technického posouzení - Diplomová práce	
Název posuzované skladby:	Střešní plášť - plochá střecha	
<b>Veličina:</b>	<b>Vypočtená hodnota</b>	<b>Jednotky</b>
Teplotní faktor $f_{Rsi,p}$ (návrhové pod.):	0,981	-
Součinitel prostupu tepla $U$ :	0,075	W/m <sup>2</sup> .K
Fázový posun teplotního kmitu $\Psi_i^*$ :	19,6	h
Tepelný odpor $R$ :	13,11	m <sup>2</sup> .K/W
Roční množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$ :	0,0008	kg/m <sup>2</sup> .rok
Roční množství odpařitelné vodní páry $M_{ev,a}$ :	0,0653	kg/m <sup>2</sup> .rok

**Obr. č. 88** Výsledky tepelně technického posouzení – střešní plášť – plochá střecha  
(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

## 10. Diskuse

Z výsledků tepelně technického posouzení vyšli všechny posuzované skladby rodinného domu v pasivním standardu, který byl investorem preferován. Investorova hlavní myšlenka ve smyslu preference bydlení v pasivním domě byla v provozních nákladech na vytápění za rok, kde se tato částka pohybuje kolem 10 000,- Kč. V případě, že by byly navrženy skladby v nízkoenergetickém standardu, jednalo by se o částku vyšší zhruba kolem 20 000 - 25 000,- Kč, kde už by to znamenalo dvojnásobné náklady na vytápění. Na druhou stranu u rodinného domu navrženého v pasivním standardu je nutné počítat s vyššími pořizovacími náklady, do kterých se promítnou větší tloušťky tepelně izolačních materiálů případně materiály, které mají lepší vlastnosti spojené s vyšší cenou. Pro představu, na obálce pasivního domu je nutné přidat například u izolace fasády o 100 až 150 mm tloušťky tepelné izolace, u stropní konstrukce to bývá kolem 100 až 140 mm, u podlah přilehlých k zemině se přidává na tloušťce izolace až o 100 mm. Další položkou, která může být u pasivních domů cenově vyšší, jsou výplně stavebních otvorů, na které jsou samozřejmě u pasivních domů kladeny vyšší nároky oproti nízkoenergetickým stavbám. Tyto nároky se můžou projevit na výsledné ceně. A asi nejzásadnější položkou, která může udělat vyšší rozdíl v ceně je pořízení jednotky řízeného větrání, kterou naopak nízkoenergetické stavby ve většině případů nevyžadují. Nízkoenergetické stavby mají zajištěné větrání v drtivě většině přirozenou cestou, a to okny či infiltrací obvodovými konstrukcemi. Naopak pasivní stavby by měly být vždy vybaveny jednotkou pro řízené větrání, která zajišťuje kontrolu přívodu vzduchu do interiéru stavby a zabezpečuje tak úspornou regulaci ve spotřebě energií. Se všemi těmito výhodami a nevýhodami byl investor seznámen a bylo rozhodnuto, že rodinný dům bude navržen jako pasivní i přes to, že jeho pořizovací cena bude zhruba o 10-15 % vyšší.

Dále byl řešen typ materiálu, ze kterého budou nakonec vyrobeny stropnice. Jednalo se zejména o stropnici S3, která měla větší průřez. Investor měl zde obavy, aby daný průřez, který byl navržen z rostlého dřeva vyhověl a zda v případě vyhotovení stropnice z lepeného dřeva nevyjde v menším průřezu a s přijatelnější cenou. Po rychlém ověření, bylo zjištěno, že stropnice navržená z lepeného dřeva by musela mít minimální průřez 80x240 a její cena by byla o něco vyšší než stropnice navržená z rostlého dřeva s rozměrem průřezu 100x240, která vyhověla statickému výpočtu, zahrnutém v kapitole 6. statické posouzení vybraných konstrukčních prvků. Proto po argumentaci, která

vyplýnula z informací sepsaných výše, bylo investorem rozhodnuto, že budou dané stropnice navrženy z rostlého smrkového dřeva s označením S10 (C24).



## 11. Závěr

V rámci návrhu difúzně uzavřené sloupkové konstrukce rodinného domu, která je navržena pro bydlení klasické české čtyřčlenné rodiny, byla splněna podmínka rodinného domu v pasivním standardu a v již zmíněném provedení, v systému difúzně uzavřeném. Rodinný dům je navržen jako stavba pro celoroční bydlení, kde díky navrženým skladbám v pasivním standardu, pro který se investor rozhodl, došlo k mírnému zvýšení pořizovací ceny vzhledem k použitým materiálům a náročnost na provedení jednotlivých konstrukčních detailů. Pořizovací cena je tedy o 10-15 % vyšší oproti standardu nízkoenergetickém. S tímto navýšením byl investor seznámen a nemá s tím žádný problém.

Z pohledu klimatických oblastí je rodinný dům navržen pro klimatickou oblast K1, jelikož lokalita neboli město Strakonice, kde investor bude daný rodinný dům realizovat, spadá do této klimatické oblasti. V návaznosti na zařazení rodinného domu do této klimatické oblasti bylo provedeno statické posouzení jednotlivých stropnic, které je vyhovující s ohledem na kombinace zatíženích – vlastní tíha, stálé zatížení, proměnné zatížení a zatížení větrem a sněhem, které právě z určené klimatické oblasti K1 vychází.

V návaznosti na zjištěné výsledky tepelně technickým posouzením jsou skladby rodinného domu z pohledu součinitele prostupu tepla vyhovující normovým hodnotám pro pasivní bydlení. Toto porovnání vypočtených a normových hodnot pro jednotlivé konstrukční skladby je uvedené na obrázku níže s doplněným součinitelem prostupu tepla oken a posuvných dveří, které byly pro rodinný dům vybrány. Tyto okna a posuvné dveře také vyhovují požadavkům pasivního domu z pohledu součinitele prostupu tepla. Dané normové hodnoty jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540.

Název projektu:		Porovnání vypočtených hodnot součinitele prostupu tepla s hodnotami doporučenými normou či udanými výrobcem		
Název posuzované skladby:	Veličina:	Vypočtená hodnota U:	Normová hodnota - doporučená Un:	Jednotky:
Podlaha přilehlá k zemině	Součinitel prostupu tepla:	0,164	0,15 - 0,22	W/m <sup>2</sup> .K
Obvodová stěna	Součinitel prostupu tepla:	0,133	0,12 - 0,18	W/m <sup>2</sup> .K
Obvodová stěna - koupelny	Součinitel prostupu tepla:	0,131	0,12 - 0,18	W/m <sup>2</sup> .K
Střešní plášť - plochá střecha	Součinitel prostupu tepla:	0,075	0,10 - 0,15	W/m <sup>2</sup> .K
Název stavebních otvorů:	Veličina:	Hodnota udaná výrobcem Uw:	Normová hodnota - doporučená Uw:	Jednotky:
Okna - Exklusiv HI 77	Součinitel prostupu tepla:	0,72	0,6 - 0,8	W/m <sup>2</sup> .K
Posuvné dveře - Exklusiv HI PSK	Součinitel prostupu tepla:	0,72	0,6 - 0,8	W/m <sup>2</sup> .K

**Obr. č. 89 Porovnání vypočtených hodnot součinitele prostupu tepla s hodnotami doporučenými normou či udanými výrobcem**

(Zdroj: Autor – Martínek, 2020)

Na závěr je nutné konstatovat, že veškeré cíle, které byli investorem vytyčeny, se podařilo splnit s ohledem na proveditelnost celé stavby spojené s jednotlivými konstrukčními detaily.

Základním cílem a účelem této práce z pohledu autora bylo vytvoření dostatečných podkladů k rodinnému domu pro komunikaci s investorem, tak aby měl investor jasnou představu o svém bydlení, která bude založena na konkrétních údajích a podložena několika posouzeními v návaznosti na investorovi požadavky. Daná práce by měla sloužit i jako projektová dokumentace stavebního řešení bez technické zprávy.

## 12. Seznam literatury a použitých zdrojů:

### Literatura:

Borgström, E. Design of timber structures: Structural aspects of timber construction. SE 102 04 Stockholm: Swedish Forest Industries Federation, 2016. ISBN 978-91-980304-8-8

Čechura, J. STAVEBNÍ FYZIKA 10. Akustika stavebních konstrukcí. 1. vyd. Praha: Vydavatelství České vysoké učení technické v Praze 1997. 173s. ISBN 80-01-01593-9

ČSN 73 0833. Požární bezpečnost staveb – Budovy pro bydlení a ubytování. Praha: Český normalizační institut, 2010. 20 s.

ČSN EN 1991-1-1, 2004. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. Praha: Český normalizační institut, 2004. 44 s.

ČSN EN 1991-1-3. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. Praha: Český normalizační institut, 2005. 52 s.

ČSN EN 1991-1-4 ed. 2. Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. Praha: Český normalizační institut, 2013. 124 s.

ČSN EN ISO 717-2. Akustika – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 2: Kročejová neprůzvučnost. Praha: Český normalizační institut, 2013. 24 s.

EN 1995-1-1:2004 (2004). Eurocode 5: Design of timber structures Part1-1: General-Common rules and rules for buildings

Fišarová, Z. STAVEBNÍ FYZIKA. Stavební akustika v teorii a praxi. 1. vyd. Brno: Vydavatelství Vysoké učení technické v Brně 2014. 129s. ISBN 978-80-214-4878-0

Gulvanessian, H., Calgaro, J.A., Holický, M. Designers' guide to Eurocode: basis of structural design: EN1990. 2nd ed. London: ICE Publishing, 2012. ISBN 9780727741714

Jodidido, P. 100 Contemporary Wood Buildings. Köln: Taschen, 2019. ISBN 978-3-8365-6156-3

Kaňka, J., Nováček, J. Stavební fyzika 3. Akustika pozemních staveb. 1. vyd. Praha: Vydavatelství České vysoké učení technické v Praze, Česká technika – nakladatelství ČVUT 2015. 130s. ISBN 978-80-01-05674-5

Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. 1. vyd. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT 2005. Technická knihovna autorizovaného inženýra a technika. 172s. ISBN 80-86769-72-0

Kuklík, P. Dřevěné konstrukce. 1. vyd. Praha: Vydavatelství České vysoké učení technické v Praze Česká technika – nakladatelství ČVUT 2005. 188s. ISBN 80-01-03310-4

Kulhánek, F. Stavební fyzika II. Stavební tepelná technika. 3. vyd. Praha: Vydavatelství České vysoké učení technické v Praze, Česká technika – nakladatelství ČVUT 2006. 143s. ISBN 80-01-03408-9

Neufert, E., Neufert, P. Navrhování staveb: zásady, normy, předpisy o zařízeních, stavbě, vybavení, nárocích na prostor, prostorových vztazích, rozměrech budov, prostorech, vybavení, přístrojích z hlediska člověka jako měřítko a cíle. 2. české vyd., (35. německé vyd.). Praha: Vydavatelství Consultinvest v Praze 2000. 618 s. ISBN 80-901486-6-2

Newman, M. Design and Construction of Wood Framed Buildings, New York: McGraw-Hill Education, 1994. ISBN 978-0070463639

Pavlas, M. Dřevostavby z vrstvených masivních panelů. Technologie CLT. 1. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2016. 96s. ISBN 978-80-271-0055-2

Perlík, M. Jak vybrat rodinný dům 70 typů. 1. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2017. 222s. ISBN 978-80-271-0246-4

Skopalová, Z., Šenfelder, P. Dřevostavby pro bydlení: Vzdělávací materiály. Ostrava: MSDK, Moravskoslezský dřevařský klastr 2015. 40s. ISBN 978-80-905447-8-9

Štefko, J. a kol. Moderné dřevostavby. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelství AN TAR 2010. 135s. ISBN 80-967718-9-2

Štefko, J., Reinprecht, L. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelství JAGA 2014. 196s. ISBN 80-88905-95-8

Šubrt, R. a kol. Tepelné mosty. Pro nízkoenergetické a pasivní domy. 1. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 224s. ISBN 978-80-247-4059-1

Vajkay, F. STAVEBNÍ FYZIKA. Světelná technika v teorii a praxi. 1. vyd. Brno: Vydavatelství Vysoké učení technické v Brně 2014. 80s. ISBN 978-80-214-4880-3

Vaverka, J., Havířová, Z., Jindrák, M. a kol. Dřevostavby pro bydlení. 1. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2008. 380s. ISBN 978-80-247-2205-4

Zahradníček, V., Horák, P. Moderní dřevostavby. 2. vyd. Brno: Vydavatelství Computer Press 2011. 155s. ISBN 978-80-251-3568-6

## Web:

Hanzelín, P. Dřevěné skeletové stavby. *Stavebniny-rychle* [online]. 2015-9-21 [cit. 2020-3-7]. Dostupné z WWW:

<<http://www.stavebniny-rychle.cz/drevene-skeletove-stavby.html>>

Hejhálek, J. Difúze vodní páry – veličiny, hodnoty a jednotky. *Stavebnictví3000* [online]. 2010-12-18 [cit. 2020-5-16]. Dostupné z WWW:

<<https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/difuze-vodni-pary-veliciny-hodnoty-a-jednotky>>

Hradílek, A. Co je dřevostavba a jaké jsou její druhy. *DŘEVO&stavby* [online]. 2014-12-9 [cit. 2019-11-23]. Dostupné z WWW:

<<https://www.drevoastavby.cz/vse-o-drevostavbach/jak-na-drevostavbu/co-je-drevostavba-a-jake-jsou-jeji-druhy/3006-co-je-drevostavba-a-jake-jsou-jeji-druhy#>>

Krynický, M. Měrná tepelná kapacita I. *Realisticky* [online]. 2019-11-7 [cit. 2020-5-16]. Dostupné z WWW:

<<http://www.realisticky.cz/hodina.php?id=950>>

Kuthan, J. Konstrukce dřevostaveb: Těžký dřevěný skelet: dřevostavby plné vzdušnosti a světla. *DŘEVO&stavby* [online]. 2019-10-21 [cit. 2020-3-7]. Dostupné z WWW:

<<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5680-tezky-dreveny-sleket-drevostavby-plne-vzdusnosti-a-svetla>>

Nováková, L. Co je to dřevostavba? *25m* [online]. 2017-5-20 [cit. 2019-11-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.25m.cz/2017/05/20/co-je-to-drevostavba/>>

Smutný, M. Fyzikální veličiny: Objemová hmotnost. *Izolace-info* [online]. 2013-5-16 [cit. 2020-5-16]. Dostupné z WWW:

<<https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/fyzikalni-veliciny/9483-objemova-hmotnost-fyzikalni-veliciny-a.html#.Xr-fZ2gzaUk>>

Smutný, M. Tepelný odpor – výpočty. *Izolace-info* [online]. 2017-3-13 [cit. 2020-5-16]. Dostupné z WWW:

<<https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/vypocet-prostupu-tepla/>>

Suchopár, P. Dřevěné domy od A do Z – Jak a proč stavět svépomocí z nejstaršího materiálu? *Pineca* [online]. [cit. 2020-1-25]. Dostupné z WWW:

<<https://www.pineca.cz/blog/drevene-domy-od-a-do-z-jak-a-proc-stavet-svepomoci-z-nejstarsiho-materialu.html>>

### **Zdroje fotografií a obrázků:**

Obr. č. 1 Zdroj: Lustigová, P. (2019) Prosklená dřevostavba v malebné krajině. Dostupné z WWW: <https://www.bydlo.cz/blog/prosklena-slovinska-drevostavba>

Obr. č. 2 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 3 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 4 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 5 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 6 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 7 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 8 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 9 Zdroj: Štefko, J., Reinprecht, L. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelství JAGA 2014. 196s. ISBN 80-88905-95-8

Obr. č. 10 Zdroj: Štefko, J., Reinprecht, L. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelství JAGA 2014. 196s. ISBN 80-88905-95-8

Obr. č. 11 Zdroj: Papežík, J. (2019) Sruby papežík. Dostupné z WWW:  
<https://www.naturwool.cz/reference/sruby-papezik/>

Obr. č. 12 Zdroj: Pavlíček, M. (2019) Exteriéry srubových domů. Dostupné z WWW:  
<https://www.woodlife.cz/galerie/exterior>

Obr. č. 13 Zdroj: Šopík, M. (2019) Dřevěný srub z lepených hranolů. Dostupné z WWW: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/srubove-domy-fakta-a-inspirace/249>

Obr. č. 14 Štefko, J. a kol. Moderné dřevostavby. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelství ANTAR 2010. 135s. ISBN 80-967718-9-2

Obr. č. 15 Zdroj: Ježek, J. (2016) Kostel Míru. Dostupné z WWW:  
<http://bohemiaorientalis.cz/kostel-miru/>

Obr. č. 16 Zdroj: Macek, D., Střelcová, I. (2013) Dřevostavby a cenové ukazatele nosných obvodových zdí. Dostupné z WWW:  
<http://old.konstrukce.cz/clanek/drevostavby-a-cenove-ukazatele-nosnych-obvodovych-zdi/>

Obr. č. 17 Zdroj: Štefko, J., Reinprecht, L. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelství JAGA 2014. 196s. ISBN 80-88905-95-8

Obr. č. 18 Zdroj: Štefko, J., Reinprecht, L. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelství JAGA 2014. 196s. ISBN 80-88905-95-8

Obr. č. 19 Zdroj: Štefko, J., Reinprecht, L. Dřevěné stavby. Konstrukce, ochrana a údržba. 1. vyd. Bratislava: Vydavatelství JAGA 2014. 196s. ISBN 80-88905-95-8



Obr. č. 20 Zdroj: Šimonová, D. (2019) Jak se rodí panelové dřevostavby. Dostupné z WWW:

<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/3400-jak-se-rodí-panelove-drevostavby>

Obr. č. 21 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 22 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 23 Zdroj: Kuthan, J. (2019) Těžký dřevěný skelet: dřevostavby plné vzdušnosti a světla. Dostupné z WWW: <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5680-tezky-dreveny-sleket-drevostavby-plne-vzdusnosti-a-svetla>

Obr. č. 24 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 25 Zdroj: Daňková, D. (2020) Dřevostavby z vrstvených masivních panelů – představujeme technologii CLT. Dostupné z WWW:

<https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/stavba-drevostavby/konstrukce-drevostaveb/5482-drevostavby-z-clt-panelu-vrstveneho-masivniho-dreva>

Obr. č. 26 Zdroj: Zveiger, A., Doolittle, M. (2018) Prohloubení přidané hodnoty díky CLT, produktu budoucnosti. Dostupné z WWW:

<https://www.pfeifergroup.com/cs/newsblog/prohloubeni-pridane-hodnoty-diky-clt-produktu-budoucnosti/>

Obr. č. 27 Zdroj: Dohnal, R. (2018) Dřevěná skládanka Brettstapel: z malých kousků dřeva postaví velké domy. Dostupné z WWW:

<https://www.drevostavitel.cz/clanek/drevena-skladanka-brettstapel>

Obr. č. 28 Zdroj: Kolb, J. Dřevostavby – Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. 2. vyd. Praha: Vydavatelství GRADA 2011. 320s. ISBN 978-80-247-4071-3

Obr. č. 29 Zdroj: Němcová, L. (2019) Modulární mini dřevostavba FINCUBE – víkendové i trvalé bydlení nezávislé na místě. Dostupné z WWW: <https://www.drevoastavby.cz/dum-na-bazi-dreva/215-drevostavby-ve-svete/3857-prirodni-hi-tech>

Obr. č. 30 Zdroj: Němcová, L. (2019) Modulární mini dřevostavba FINCUBE – víkendové i trvalé bydlení nezávislé na místě. Dostupné z WWW: <https://www.drevoastavby.cz/dum-na-bazi-dreva/215-drevostavby-ve-svete/3857-prirodni-hi-tech>

Obr. č. 31 Zdroj: Lehtinen, K. (2019) Obecné informace o zvuku – zvuk jako vlnění. Dostupné z WWW: <https://www.paroc.cz/knowhow/zvuk/obecne-informace-o-zvuku>

Obr. č. 32 Zdroj: Vajkay, F. STAVEBNÍ FYZIKA. Světelná technika v teorii a praxi. 1. vyd. Brno: Vydavatelství Vysoké učení technické v Brně 2014. 80s. ISBN 978-80-214-4880-3

Obr. č. 33 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 34 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 35 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 36 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 37 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 38 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 39 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 40 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 41 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 42 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 43 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 44 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 45 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 46 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 47 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 48 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 49 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 50 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 51 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 52 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 53 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 54 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 55 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 56 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 57 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 58 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 59 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 60 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 61 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 62 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 63 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 64 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 65 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 66 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 67 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 68 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 69 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 70 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu AutoCAD 2015)

Obr. č. 71 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 72 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 73 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 74 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 75 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 76 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 77 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 78 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 79 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 80 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 81 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 82 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 83 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 84 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Obrázek vytvořený v programu FIN EC 2020)

Obr. č. 85 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu Excel 2016)

Obr. č. 86 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu Excel 2016)

Obr. č. 87 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu Excel 2016)

Obr. č. 88 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu Excel 2016)

Obr. č. 89 Zdroj: Autor – Martínek, K. (2020) (Vlastní obrázek vytvořený v programu Excel 2016)

## **13. Seznam příloh**

### **13.1 Výkresová dokumentace**

1. Základy	1:50
2. Půdorys 1.NP	1:50
3. Řez A-A	1:50
4. Řez B-B	1:50
5. Strop	1:50
6. Plochá střecha	1:50
7 D1 – Detail rohu	1:10
8 D2 – Detail T – Styk	1:10
9 D3 – Detail základ	1:10
10 D4 – Detail styk stěny, ploché střechy – podélný směr	1:10
11 D5 – Detail styk stěny, ploché střechy – příčný směr	1:10
12 D6 – Detail ukončení střechy	1:10
13 D7 – Detail předloženého schodiště – hlavní vstup	1:10
14 D8 – Detail styk obvodová stěna, terasa	1:10
15 D9 – Detail parapetu francouzského okna	1:10
16 Technické pohledy	1:50
17 Specifikace oken a dveří	1:50

### **13.2 Vizualizace**

Scéna 1
Scéna 2
Scéna 3
Scéna 4
Scéna 5
Scéna 6

### **13.3 Elektronická verze diplomové práce – datový nosič**