

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta lesnická a dřevařská**

**Katedra zpracování dřeva a biomateriálů**



**Konstrukční návrh saunového komplexu s využitím  
konstrukčního systému na bázi dřeva**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jiří Kopaný, DiS.**

**Obor studia: Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva**

**Vedoucí práce: Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jiří Kopaný, DiS.

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

**Konstrukční návrh saunového komplexu s využitím konstrukčního systému na bázi dřeva**

Název anglicky

**Project of Wood-Based Construction Sauna Complex**

### Cíle práce

Cílem práce je vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby části architektonicko-stavebního řešení vlastního návrhu saunového komplexu s využitím konstrukčního systému na bázi dřeva. V první části bude navrženo základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení s umístěním objektu do konkrétní lokality včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště. V druhé části práce bude zpracováno architektonicko-stavební řešení včetně konstrukčních detailů a technické zprávy. Dílčím cílem je návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky. Obsahem projektové dokumentace bude (1) souhrnná technická zpráva, (2) situační výkresy objektu, (3) dokumentace dílčího technického řešení (architektonicko-stavební řešení) a (4) optimalizace konstrukčních skladeb z hlediska stavební fyziky.

### Metodika

- Literární rešerše
- Návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení vč. optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště
- Souhrnná technická zpráva
- Situační výkresy objektu
- Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby – Architektonicko-stavební řešení
- Posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky
- Závěr

Harmonogram práce:

- červenec – říjen 2021: literární rešerše, návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení objektu vč. optimalizace a osazení objektu na konkrétní parcele
- listopad – leden 2022: architektonicko-stavební řešení vč. technické zprávy

- únor – březen 2022: posouzení a optimalizace konstrukce z hlediska stavební fyziky

- duben 2022: odevzdání závěrečné práce



## Doporučený rozsah práce

30 – 50 normostran textu + přílohy

## Klíčová slova

Konstrukce na bázi dřeva; konstrukční detaily; stavební fyzika; architektonicko-stavební řešení.

---

## Doporučené zdroje informací

BLASS, Hans Joachim a Carmen SANDHAAS. Timber Engineering – Principles for Design. 2013. ISBN 3731506734.

GREEN, Michael a Jim TAGGART. Tall wood buildings: design, construction and performance. Basel: Birkhäuser, 2017. ISBN 3035604754;9783035604757;.

HERZOG, Thomas. Timber construction manual. Boston: Birkhäuser, 2004. ISBN 978-3-7643-7025-1.

KOLB, Josef. Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště. Vyd. 3., přeprac. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

PAVLAS, Marek. Dřevostavby z vrstvených masivních panelů: Technologie CLT [online].1. elektronické vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 8027100550.

RŮŽIČKA, Martin. Moderní dřevostavba. Third edition. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.

Vyhláška č. 268/2009 Sb.: Vyhláška o technických požadavcích na stavby. Ministerstvo pro místní rozvoj, Praha, Česká republika, 2009. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2009-268>

Vyhláška č. 499/2006 Sb.: Vyhláška o dokumentaci staveb. Ministerstvo pro místní rozvoj, Praha, Česká republika, 2006. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-499>

Zákon č. 183/2006 Sb.: Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). Parlament České republiky, Praha, Česká republika, 2006. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183>

---

## Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

## Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 29. 7. 2021

**doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 10. 2. 2022

**prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.**

Děkan

V Praze dne 24. 02. 2022

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Konstrukční návrh saunového komplexu s využitím konstrukčního systému na bázi dřeva“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Miloše Paveleka, Ph.D. a použil 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 Praze dne 7. 4. 2022



### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Miloši Pavelekovi Ph.D., za rady a vedení při zpracovávání práce.

## **Abstrakt**

Diplomová práce řeší vypracování dokumentace saunové centra s využitím konstrukčního systému na bázi dřeva.

V práci je zpracována literární rešerše s rozbohem konstrukčních systémů dřevostaveb s používanými materiály a jejich možnostmi. Dále jsou v rešerši popsány jednotlivé druhy a terminologie saun. V navazující části jsou vysvětleny základní vlastnosti a veličiny potřebné pro stavební fyziku. Literární rešerše je podkladem pro vypracování praktické části práce v podobě projektové dokumentace. Grafická část je zpracována v programu ArchiCAD. Vyhodnocení z hlediska stavební fyziky je provedeno v programech Teplo a Area. Statické výpočty jsou zpracovány programem FIN EC a za pomoci Excelu.

Výsledkem je projektová dokumentace pro realizaci stavby, která obsahuje architektonicko-stavební řešení stavby, posouzení obvodového pláště z hlediska stavební fyziky a statické posouzení prvku a dvou spojů.

Vypracovaná dokumentace splňuje požadavky, které jsou pro ni stanoveny legislativně z oblasti stavební fyziky, prostorového uspořádání, hygieny a u vybraných prvků i statiky.

**Klíčová slova:** konstrukce na bázi dřeva; konstrukční detaily; stavební fyzika; architektonicko-stavební řešení.

## **Abstract**

The thesis deals with project documentation for a sauna center, using a wood-based construction system.

There is also a literature research analyzing structural systems of wooden houses and a list of relevant materials with description of its possible utilization.

Further on there is a description of specific types of saunas and its terminology. Following part explains basic properties and quantities, necessary for building physics. The aforementioned research serves as a source for the practical part of the thesis in the form of project documentation. In order to create the technical drawings the ArchiCAD program was used. For the assessment of the concept in the matter of building physics, programs Teplo and Area has been used. Structural calculations are processed by FIN EC and Excel.

The outcome of the thesis is the project documentation which includes the architectural and structural design of the building, an assessment of the building envelope in terms of building physics and a structural assessment of the structural elements and pair of typical joints.

The elaborated documentation meets the requirements set for it by legislation in the field of building physics, spatial arrangement, hygiene and, for selected elements, statics.

**Keywords:** wood-based construction; construction details; building physics; architectural and construction solutions.



# Obsah

<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>12</b>
<b>Seznam vzorců.....</b>	<b>12</b>
<b>Seznam tabulek.....</b>	<b>12</b>
<b>Seznam použitých zkratk .....</b>	<b>14</b>
<b>Seznam použitých veličin .....</b>	<b>14</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>18</b>
<b>2 Cíle práce .....</b>	<b>19</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>20</b>
3.1 Konstrukční systémy dřevostaveb .....	20
3.1.1 Systémy prutové.....	20
3.1.2 Masivní konstrukční systémy .....	23
3.2 Materiály pro dřevostavby .....	25
3.2.1 Tepelné izolace .....	25
3.2.1.1 Minerální izolace .....	26
3.2.1.2 Syntetické izolace .....	27
3.2.1.3 Organické izolace.....	28
3.2.1.4 Speciální izolace .....	29
3.2.2 Deskové materiály.....	30
3.2.2.1 Desky z masivního dřeva .....	31
3.2.2.2 Překližované desky .....	32
3.2.2.3 Desky z plochých třísek .....	32
3.2.2.4 Dřevotřískové desky.....	33
3.2.2.5 Dřevovláknité desky.....	33
3.2.2.6 Desky pojené minerálními pojivy .....	33
3.2.2.7 Dřevoplastové kompozity.....	35
3.2.2.8 Kompaktní desky .....	35
3.2.3 Nosné kompozitní materiály.....	35
3.2.4 Dřevo.....	36

3.2.4.1	Rostlé konstrukční dřevo.....	36
3.2.4.2	Tepelně modifikované dřevo.....	37
3.2.4.3	Konstrukční délkově nastavované dřevo – KVH.....	37
3.2.4.4	Lepené lamelové dřevo BSH.....	37
3.2.4.5	Duo/trio.....	38
3.2.4.6	Speciální dřevěné nosníky.....	38
3.3	Druhy obvodových plášťů.....	39
3.3.1	Difuzně otevřená / uzavřená konstrukce.....	39
3.3.1.1	Difuzně otevřená konstrukce.....	39
3.3.1.2	Difúzně uzavřená konstrukce.....	40
3.3.2	Vrstvy skladeb konstrukcí.....	41
3.4	Sauny.....	44
3.4.1	Terminologie saun.....	44
3.4.2	Dělení saun.....	45
3.4.2.1	Způsoby vytápění saun.....	46
3.4.2.2	Sauny dle umístění.....	47
3.4.3	Druhy saun.....	48
3.5	Teoretický základ pro praktické výpočty ve stavební fyzice.....	51
3.5.1	Fyzikální vlastnosti materiálů – teplotní.....	51
3.5.2	Fyzikální vlastnosti materiálů – vlhkostní.....	52
3.5.3	Fyzikální vlastnosti konstrukcí.....	52
3.6	Legislativní požadavky.....	58
3.6.1	Požadavky na tepelnou ochranu a vlhkost v konstrukcích.....	58
3.6.2	Hygienické požadavky na sauny.....	60
3.6.3	Stavebně technické požadavky na stavby.....	63
3.6.4	Požadavky na bezbariérové užívání.....	65
3.6.5	Hygienické požadavky pro šatny umývárny a sprchy.....	65
<b>4</b>	<b>Metodika.....</b>	<b>70</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>71</b>
5.1	Vyhodnocení skladeb.....	71
5.1.1	Obvodová stěna.....	71
5.1.2	Strop.....	72
5.1.3	Podlaha.....	73
5.2	Vyhodnocení detailů.....	75
5.2.1	Sokl.....	75
5.2.2	Ostění okna.....	76

<b>6 Závěr .....</b>	<b>78</b>
<b>Seznam použitých zdrojů.....</b>	<b>79</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>87</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Materiály na bázi dřeva (Böhm, 2012).....	31
Obrázek 2: Difúzně otevřená a uzavřená konstrukce (vlastní zpracování) .....	41
Obrázek 3: Vrstvy pláště (vlastní zpracování).....	43
Obrázek 4: Normové hodnoty činitelů prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011).....	56
Obrázek 5: Normové požadavky pro součinitel tepla (ČSN 73 0540-2, 2011).....	59
Obrázek 6: Mikroklimatické podmínky pro prostory saun (Vyhláška č. 238/2011 Sb.)	63
Obrázek 7: Manipulační plocha zařizovacích předmětů (ČSN 73 4108, 2020).....	66
Obrázek 8: Uspořádání umývárny s řadou umyvadel (ČSN 73 4108, 2020).....	66
Obrázek 9: Uspořádání hromadných sprch (ČSN 73 4108, 2020) .....	67
Obrázek 10: Manipulační plocha u záchodů a pisoárů (ČSN 73 4108, 2020) .....	68
Obrázek 11: Uspořádání kabiny pro invalidy (ČSN 73 4108, 2020).....	68

## Seznam vzorců

Vzorec 1: Výpočet ekvivalentní difúzní tloušťky .....	52
Vzorec 2: Výpočet tepelného odporu jedné vrstvy .....	53
Vzorec 3: Výpočet tepelného odporu konstrukce .....	53
Vzorec 4: Výpočet součinitele prostupu tepla .....	53
Vzorec 5: Výpočet povrchové teploty .....	54
Vzorec 6: Výpočet kritického teplotního faktoru .....	55
Vzorec 7: Výpočet lineárního činitele prostupu tepla .....	55
Vzorec 8: Výpočet bodového činitele prostupu tepla .....	56
Vzorec 9: Přepočet součinitele prostupu tepla pro nestandartní parametry .....	59

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Požadavek na součinitel prostupu tepla – obvodová stěna .....	71
Tabulka 2: Požadavek na teplotní faktor – obvodová stěna .....	72
Tabulka 3: Požadavek na šíření vlhkosti – obvodová stěna .....	72
Tabulka 4: Požadavek na součinitel prostupu tepla – strop.....	72
Tabulka 5: Požadavek na teplotní faktor – strop.....	73
Tabulka 6: Požadavek na šíření vlhkosti – strop.....	73
Tabulka 7: Požadavek na součinitel prostupu tepla – podlaha .....	73

Tabulka 8: Požadavek na teplotní faktor – podlaha .....	74
Tabulka 9: Požadavek na šíření vlhkosti – podlaha .....	74
Tabulka 10: Požadavek na teplotní faktor – sokl .....	75
Tabulka 11: Požadavky na šíření vlhkosti – sokl .....	75
Tabulka 12: Požadavek na teplotní faktor – ostění .....	76
Tabulka 13: Požadavky na šíření vlhkosti – ostění .....	76
Tabulka 14: Požadavek na lineární činitel prostupu tepla – ostění .....	77

## Seznam použitých zkratek

BSH	Brettschichtholz
CLT	Cross laminated timber
ČSN	Česká technická norma
DHF	Středně tvrdá dřevovláknitá deska
EPS	Expandovaný polystyren
KCE	Konstrukce
KVH	Konstruktionsvollholz
LVL	Laminated Veneer Lumber
Min	Minimálně
OSB	Oriented Strand Board
PIR	Tvrdá pěna z polyisocyanurátu
PUR	Tvrdá polyuretanová pěna
SDK	Sádrokarton
UV	Ultrafialové záření
WC	Toaleta
WPC	WoodPlastic
XPS	Extrudovaný polystyren

## Seznam použitých veličin

$A_j$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha geometrického modelu
$B$	[m]	Šířka prvku
$c$	[J/kgK]	Měrná tepelná kapacita
$d$	[m]	Tloušťka
$e_1$	[-]	Součinitel typu budovy
$E$	[Pa]	Modul pružnosti
$f$	[N]	Pevnost
$f_{Rsi}$	[-]	Teplotní faktor vnitřního povrchu
$f_{Rsi,cr}$	[-]	Kritický teplotní faktor vnitřního povrchu.
$f_{Rsi,N}$	[-]	Požadovaná nejnižší hodnota teplotního faktoru
$F$	[N]	Síla
$H$	[m]	Výška prvku

I	[m]	Moment setrvačnosti
$K_{\text{mod}}$	[-]	Modifikační součinitel
L	[m]	Délka prvku
$L_2^{\text{Dj}}$	[W/mK]	Lineární propustnost detailu
$L^3_{\text{Dj}}$	[W/K]	Prostorová tepelná propustnost
$l_j$	[m]	Délka geometrie detailu z vnější stany
M	[Nm]	Moment
$M_{\text{ev}}$	[kg /m <sup>2</sup> a]	Množství vypařitelné vodní páry
$M_{\text{c,a}}$	[kg /m <sup>2</sup> a]	Množství zkondenzované vodní páry za rok
m	[kg]	Hmotnost
N	[N]	Normálová síla
R	[m <sup>2</sup> K/W]	Tepelný odpor
R	[N]	Únosnost spojovacího vrutu
Sd	[m]	Ekvivalentní difuzní tloušťka
T	[°]	Teplota
T	[m]	Tloušťka
U	[W/m <sup>2</sup> K]	Součinitel prostupu tepla
$\Delta U$	[W/m <sup>2</sup> K]	Korekce součinitele prostupu tepla
V	[m <sup>3</sup> ]	Objem
V	[N]	Posouvací síla
W	[m]	Průhyb
$\gamma_m$	[-]	Dílčí součinitel vlastnosti materiálu
$\lambda$	[W/ m K]	Součinitel tepelné vodivosti
$\mu$	[-]	Faktor difuzního odporu
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Objemová hmotnost
$\sigma$	[Pa]	Napětí
$\varphi$	[%]	Relativní vlhkost vzduchu
$\chi$	[W/K]	Bodový činitel prostupu tepla
$\psi$	[W/mK]	Lineární činitel prostupu tepla

## Indexy

a	Rok
ax	Vytažení

c	Tlak
d	Charakteristická
e	Exteriér
fin	Konečný
head	Hlava
i	Interiér
inst	Okamžitý
ip	Povrch
k	Návrhová
m	Ohyb
min	Minimální
N,20	Normová
pas	Pasivní
rec	Doporučená
t	Vypočteno
v	Střih
vl	Vlastní tíha
w	Vítr
x	Lokální
y	Osa Y
z	Osa Z
0	Rovnoběžně s vlákny
90	Kolmo na vlákna

## **Jednotky**

°C	Stupeň Celsia
J	Joule
K	Kelvin
kg	Kilogram
kN	Kilonewton
MPa	Megapascal
m	Metr



$m^2$	Metr čtvereční
$m^3$	Metr krychlový
mm	Milimetr
N	Newton
Pa	Pascal
W	Watt

# Úvod

Tato práce je zaměřena na návrh saunového centra s konstrukčním systémem na bázi dřeva. Návrh bude respektovat aktuální legislativu a metodiku při navrhování a posuzování staveb.

Podíl dřevostaveb v České republice v rámci nové výstavby rok od roku roste. V roce 2020 činil podíl dřevostaveb u rodinných domů 16 % (Bernardová, 2021). Stejně tak je tomu i v ostatních zemích světa. Využívání dřevěných konstrukčních systémů pro malé stavby typu rodinných domů a rekreačních objektů se stává pomalu běžnou záležitostí. Prosazení dřevostaveb pro větší budovy nebo komplexy typu bazénů, škol, škole a podobných budov je však velmi pomalé. Z nemalé části je to dáno legislativou, která v rámci České republiky těmto systémům na rozdíl od zahraničí příliš nepřeje.

Druhým faktorem, proč jsou dřevěné systémy pro větší stavby využívány málo je obava investorů z krátké živostnosti. Tyto obavy pramení z mýtů, které jsou rozšířené ve veřejnosti díky neznalosti problematiky. K tomu velmi napomohlo období komunismu, kdy byly stavby na bázi dřeva využívány velmi málo a kvalita staveb byla nízká. Toto je však pomalu vyvraceno novými stavbami v tuzemsku i zahraničí.

Motivací pro vypracování tohoto tématu je, že věřím v masivní nárůst využívání dřevěných konstrukcí i pro tento druh staveb a tato práce by mohla ovlivnit rozhodování investorů pro volbu dřevěného konstrukčního systému. Dále pak osobní prohloubení znalostí, které bych rád dále využíval v profesní kariéře.

K využívání konstrukcí na bázi dřeva dochází z velké části z důvodu vývoje lidstva. V současné době sílí tlak o snížení ekologických dopadů a udržitelnost ve stavebnictví. Dřevo splňuje většinu těchto požadavků. Je výborným stavebním materiálem, který má dobré mechanické vlastnosti, dokáže mít nízkou uhlíkovou stopu, je obnovitelným zdrojem, dá se dobře recyklovat a při jeho šetrné likvidaci nevznikají nebezpečné látky. Lze tedy předpokládat, že jeho uplatňování ve stavebnictví v budoucnu bude velmi rozšířené. Důkazy toho, že je možné systémy na bázi dřeva využívat i pro velké objekty se pomalu objevují po celém světě. V tuzemsku jde však o výjimky.

Je tedy otázkou, kdy a jak dojde k úpravě legislativy pro uvolnění pravidel na dřevostavby, a tedy i k podpoře jejich výstavby. Nejvíce současně limitujícím prvkem jsou požadavky na požární bezpečnost staveb. Aktuálně je možné postavit stavbu s čistě dřevěnou nosnou částí do třech podlaží. A však již probíhají jednání na základě studií

a měření o snížení nároků, respektive o zlepšení vlastností dřevěných konstrukcí při navrhování jako je tomu v zahraničí.

Poznatky této práce mají přispět k osvětě společnosti v oblasti dřevostaveb. Přílohou této práce je projektová dokumentace ve stupni pro realizaci stavby a výsledky z programů Teplo a Area pro hodnocení stavební fyziky. Okrajově je spočítána i statika v programu FIN EC. Tyto výsledky by měly prokazovat, že dřevostavby mohou nalézt uplatnění i ve výstavbě velkých objektů.

## 1 Cíle práce

Cílem práce je vypracování projektové dokumentace pro realizaci stavby, části architektonicko-stavebního řešení vlastního návrhu saunového komplexu s využitím konstrukčního systému na bázi dřeva. V první části bude navrženo základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení s umístěním objektu do konkrétní lokality, včetně optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště. Ve druhé části práce bude zpracováno architektonicko-stavební řešení, včetně konstrukčních detailů a technické zprávy. Dílčím cílem je návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky. Obsahem projektové dokumentace bude:

- (1) souhrnná technická zpráva,
- (2) situační výkresy objektu,
- (3) dokumentace dílčího technického řešení (architektonicko-stavební řešení),
- (4) optimalizace konstrukčních skladeb z hlediska stavební fyziky.

## **2 Literární rešerše**

### **2.1 Konstrukční systémy dřevostaveb**

Tato kapitola se bude věnovat známým konstrukčním systémům dřevostaveb, základnímu popisu jejich fungování, vývoji, jejich přednostem nebo naopak jejich nedostatkům.

Dřevostavby se vyvíjely společně s člověkem. Tak jak přicházely nové materiály, znalosti nebo dovednosti měnily se i konstrukce dřevostaveb dle aktuálních trendů. Od dřevěných chatrčí po dnešní vícevrstvé konstrukce. V této kapitole proto budou popsány jednotlivé hlavní konstrukční systémy.

#### **2.1.1 Systémy prutové**

Jde o vývojově nejstarší systém, který vznikl. Základním znakem tohoto systému je, že konstrukce se skládá z jednotlivých prvků. Tato konstrukce přenáší všechna svislá zatížení. Společně s opláštěním deskovými materiály či pomocí diagonál a vzpěr přenáší i všechna zbylá zatížení. Jejich předností je spojení nosné a alespoň části tepelně izolační vrstvy v jednu, čímž se šetří tloušťka konstrukcí a zvětšuje využitelný prostor stavby (Vaverka, 2008).

#### **Hrázděný systém**

Jde o jeden z nejstarších systémů dřevostaveb. Dnes je tento systém používán pouze zřídka, a to zejména při obnově a při stavbách historických replik. Konstrukce se skládá z poměrně masivních hranolů, které jsou spojeny tesařsky. Veškerá zatížení přenáší dřevěná kostra. Ta musí být vhodně spojena, aby zajistila dostatečnou tuhost konstrukce. Jako výplň slouží nejčastěji vyzdívka z nepálených cihel. Dřevěná konstrukce zůstává pohledová a zdivo se často omítá. Není tomu však vždy pravidlem. Jedná se o architektonicky velmi zajímavé stavby což je jejich největší devízou. Další výhodou bylo použití lokálních zdrojů surovin. Naopak nevýhodou je velká pracnost, která musí být ještě podpořena zručností a zkušenostmi s tímto druhem práce. Dalším mínusem je poměrně velká spotřeba dřeva. Největší problém je však vyhovět podmínkám na zateplení budov (Vaverka, 2008).

## **Rámové systémy**

Vznikly vývojem z hrázděných staveb jejich zjednodušením. Občas je také označován jako sloupkový systém, nebo lehký skelet. Dnes jde o nejvíce používaný systém. Jeho předností je úspora materiálu, flexibilita, možnost unifikace a nenáročnost výstavby, kterou je možné unifikovat a prefabrikovat. Vznik tohoto systému umožnila z velké části snadná výroba deskových materiálů na bázi dřeva. Koncem 19. století se tyto systémy začaly provádět v Americe pod názvem „*TWO by FOUR*“. Do Evropy tyto systémy pronikly na počátku 20. století. Původní označení bylo odvozeno z prvotně používaných průřezů, které měly 2x4palce. Dnes se u nás nejčastěji používají průřezy 60 - 100 mm x 120-240 mm. Ve většině případů se pro konstrukci používá KVH, méně často pak sušené řezivo. Nesušené řezivo by nemělo být pro tyto stavby vůbec užíváno. Konstrukci tvoří štíhlé svislé prvky – sloupky, které jsou dole postaveny na spodní pásnici a nahoře je svazuje horní pásnice. Pro vymezení otvorů slouží tzv. paždíky. Ke spojení prvků se používají kovové spojovací prostředky nejčastěji hřebíky nebo vlnovce. Sloupky bývají zpravidla v osových roztečích 625 mm. Tento rozměr vychází z rozměrů deskových materiálů, které jsou používány na jednostranné nebo oboustranné zapláštění. Desky ztužují konstrukci a přebírají vodová a smyková zatížení. Jejich dalším úkolem je bránit ve vybočení (vzpěru) sloupků, které přenášejí svislá zatížení. Díky tomuto se ze stěny stává tuhý prvek. Diagonály a vzpěry již bývají často vypuštěny, jelikož jejich funkci přebraly desky (Kolb, 2011).

Tento konstrukční systém dělíme na dva podtypy:

- U Ballon-frame jsou sloupky průběžné, přes dvě a více podlaží. Stropní trámy jsou připevněny ke stojkám. Pro osazení slouží nejčastěji stojatá fošna, která je zapuštěna do stojek. Jde o ranější druh staveb, který se dnes již používá spíše výjimečně.
- U Platform-frame jsou sloupky pouze přes jedno patro. Stropní trámy jsou ukládány na horní prahy stěn. To znamená že každé patro má svou vlastní stěnu. Tento systém v současné době převládá (Kolb, 2011).

Podle toho, kde je prováděna většina prací na dřevěných konstrukcích rozeznáváme následující druhy montáží / staveb.

## **Staveništní montáž**

Jak už název napovídá všechny procesy probíhají na stavbě. Na pozemek se dovezou veškeré materiály a ty se zde dle potřeby formátují. Prvotně je postavena dřevěná konstrukce s provizorním větráním. Poté se celý skelet opláští konstrukčními či dočasně konstrukčními deskami. Následují tepelné izolace, parobrzdění, zbylé deskové materiály a úpravy povrchů. Tento systém je velmi vhodný pro těžko dostupné pozemky, neboť všechny prvky je možné přemísťovat lidskou silou. Další výhodou je variabilita. To znamená, že je možné konstrukci upravit dle nerovností základů, či že do poslední chvíle je možné provést změny v dispozici. Celý proces je také lépe kontrolovatelný, jelikož stavba roste na očích. Nevýhodou je delší doba výstavby, kdy je celá konstrukce vystavena povětrnostním vlivům. Dále je tento systém náchylnější na technologickou nedokonalost. Možnou prefabrikací je možnost přivést na stavbu již vyřezané konstrukce, které se jen složí. Tato předvýroba značně zkrátí dobu výstavby a zlepší její kvalitu (Matušková, 2020).

### **Panelová výstavba**

Většina prací je prováděna v klimatizovaných halách, kde nehrozí zvlhnutí materiálů. Panely jsou dokončovány do různého stupně. Někdy je dokončena pouze nosná část panelu jindy je panel dokončen včetně osazených výplní a provedených instalací, které se pouze napojí na stavbě. Další výhodou je dosažení lepší kvality prací a větší hospodárnosti ve využití materiálů. Největší devízou systému je rychlost výstavby na pozemku, kam jsou přivezeny panely, které se pospojují a dokončí dle potřeby. Tento fakt velmi zkracuje dobu, kdy se může do konstrukce dostat vlhkost. Nutností tohoto řešení však je, aby byl pozemek dostupný pro těžkou techniku (Matušková, 2020).

### **Modulová výstavba**

Je nejvyšším stupněm prefabrikace. Na halách se vyrábějí celé buňky nebo moduly, které se převážejí na staveniště. Díky tomu jde o velmi rychlou výstavbu. Díky automatizaci prací jde o poměrně levnou výstavbu, která je využívána mladými lidmi, kteří si po rozšíření rodiny mohou pořídit další modul, a tak zvětšit svůj dům (Matušková, 2020).

### **Skeletové stavby**

Jde o rámové stavby, které jsou tvořeny z prvků většího průřezu. Charakteristikou tohoto systému jsou poměrně velké rozpony mezi jednotlivými prvky. Opláštění

konstrukce bývá pomocí panelů, které nejsou pevně spojeny s nosnými prvky, a tedy nemají statickou funkci. Pro zavětrování jsou nejčastěji používána ocelová táhla a diagonály. K zavětrování přispívají velkou měrou také vodorovné dělicí konstrukce. Spoje jsou prováděny tesařky, častěji však pomocí kovových spojovacích prostředků. Opláštění nosné konstrukce bývá umístěno z vnější strany, a tudíž skelet je z interiéru zcela pohledový. Toto řešení tvoří prostor, ale podstatnější skutečností je, že opláštění chrání nosnou konstrukci před povětrnostními vlivy. Výhodou tohoto systému jsou velké světlé rozpory, které umožňují variabilitu vnitřního prostoru v krátkém čase, za vynaložení malých nákladů. Nevýhodou jsou však poměrně velká spotřeba materiálů a složitá manipulace s prvky (Kolb, 2020).

### **2.1.2 Masivní konstrukční systémy**

Většina těchto systémů je používána již dlouhá léta. Nosným systémem je masivní panel či stěna, složená z jednotlivých prvků těsně vedle sebe. Tepelně izolační vrstva může být umístěna z interiéru či exteriéru nosné konstrukce. Masivnost dřevěných stěn zaručuje plné využití předností dřeva, jako je pohledovost či práce s vlhkostí. V případě pohledových stěn je nutné provést rozvody v předem připravených drážkách a chránit tyto stěny a jejich prvky před mechanickým poškozením či ušpiněním (Vaverka, 2008).

#### **Sruby**

Historie srubů sahá již do středověku a jsou spojovány hlavně se severskými zeměmi. Vzniknou vodorovným vrstvením kulatin na sebe. Kmeny mohou být kónické, tak jak narostly nebo soustruženy na jednotný průměr. Ve vodorovných spárách jsou kmeny profilovány a těsněny poddajnou tepelnou izolací a paměťovými pásky. Pokud jsou stavěny z nesusušeného materiálu je nutno u nich počítat s velkým sedáním, cca 5 cm na 1 m výšky v průběhu prvních let. Tento fakt musí být zohledněn zejména u výplní otvorů, kde musí nad otvorem zůstat volné místo a také u sloupů, které musí být rektifikovatelné. V rozích jsou klády nejčastěji přeplátovány se zhlavím. Proti vybočení jsou klády fixovány závitovými tyčemi nebo kolíky. Jde o velmi pracný systém, který je náročný na čas, kvalitu práce a kvalitu materiálu, což se odráží na ceně. Díky těmto skutečnostem společně s požadavky na zateplení budov, nejsou tyto stavby u nás příliš časté. Výhodou je však velmi kvalitní vnitřní prostředí a jedinečný vzhled (Štefko, 2006).

## **Roubenky**

Jde o vývojově novější stupeň, který vznikl ze srubů. Tento systém historicky nalézáme i na našem území. Ke stavbě jsou využívány opracované trámy s konstantním průřezem. Pro spojování trámů jsou používány složitější spoje, jako je rybinovité přeplátování. Obdobně jako u srubů jsou ložné spáry profilovány a těsněny měkkou izolací a pamět'ovými pásky. Proti vybočení slouží kolíky, či závitové tyče. V současné době se nejčastěji používá sušené dřevo, u kterého odpadají velké problémy se sesycháním a dotvarováním dřeva. Roubenky jsou často stavěny s dvojitým roubením, kde vzniklá dutina slouží pro uložení izolace, ta je nutná pro splnění tepelně izolačních požadavků. Výhodou je kvalita vnitřního prostředí a vzhled, kdy je dřevo přiznané. Nevýhodou těchto staveb je jejich cena, která vychází z velké spotřeby materiálu, který musí být kvalitní, dále vychází z pracnosti a také dlouhé doby výstavby (Štefko, 2006).

## **Panely z vrstveného dřeva**

Nejběžnějším zástupcem jsou CLT. Tyto stavby se skládají z plošných plnostěnných dílců, které jsou vzájemně spojovány. Nejčastěji jsou tvořeny z masivního dřeva-prken. Ty jsou k sobě spojovány buď lepením, šroubováním nebo pomocí dřevěných kolíků. Hlavní výhodou tohoto systému je rychlá montáž a subtilní nosná konstrukce, která se u rodinných domů pohybuje dle systému a výrobce okolo 100-150 mm. Dalším benefitem je kvalita vnitřního prostředí a vizuálnost u pohledových panelů. Nevýhodou jsou poměrně vysoké náklady na výstavbu a nutnost těžké techniky (Kolb, 2011).

Pro svou práci jsem zvolil sloupkový systém s předpokladem panelové montáže. Pro objekt mé práce ho považuji za nejvhodnější. Je ekonomický, prostorově úsporný a umožňuje použití široké škály materiálů a tím lze vyhovět požadavkům pro tento druh staveb. V neposlední řadě může jít v případě využití vyššího stupně prefabrikace o rychlou montáž stavby.



## 2.2 Materiály pro dřevostavby

V současné době je pro stavbu dřevostaveb využíváno velké množství materiálů. Převážná část konstrukcí se skládá z několika vrstev a téměř vždy se s v souvrství nalézají více materiálů. Každý materiál může mít jednu nebo i více funkcí. V této kapitole proto budou rozebrány ty nejdůležitější materiály s popisem jejich vlastností a hodnot, které je pro daný materiál nutné sledovat. Taktéž budou popsány základní vrstvy skladeb, jejich funkce a umístění v konstrukci.

### 2.2.1 Tepelné izolace

Tepelná izolace je látka, která špatně vede teplo. Jako tepelnou izolaci označujeme materiál, který výrazně omezuje šíření tepla. Porovnávací jednotkou je součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [W/ m K]. Abychom mohli materiál nazvat jako izolant, musí být  $\lambda \leq 0.1$  W/ m K. Jejím účelem je udržet ve stavbě adekvátní tepelnou pohodu. Tedy v zimě udržet teplo v budově a v létě zabránit jejímu přehřívání (ČSN 730540-1, 2005).

Dalšími hodnotami, které ovlivňují volbu izolace jsou objemová hmotnost, měrná tepelná kapacita, tuhost, reakce na oheň, reakce na UV záření a vztah k vlhkosti, kam spadá hlavně difúzní odpor a navlhavost, která snižuje izolační schopnosti (Hens, 2012).

#### Základní rozdělení izolací

Izolace je možné dělit do několika základních kategorií, podle původu nebo chemického složení.

Nejběžněji rozeznáváme izolace:

- Minerální, kam řadíme skelné, kamenné a keramické vlny, či pěnosklo.
- Syntetické, do kterých patří zejména polystyreny a polyuretanové, polyisokyanurátové a fenolické pěny.
- Organické, které dělíme na živočišné, jako je peří a vlna a na rostlinné, do kterých spadá korek, celulóza, konopí, sláma, len.
- Speciální, kam řadíme izolace vakuové a izolace z aerogelů (Venkovský dům, 2011).

### 2.2.1.1 Minerální izolace

Často jsou označovány také jako vaty či vlny. Vyrábí se z jemných vláken minerálního původu. Kromě tepelné izolace funguje také jako izolace akustická. Dalšími vlastnostmi jsou hydrofóbnost, nehořlavost, velmi dobrá paropropustnost a biologická odolnost (Venkovský dům, 2011).

#### Minerální vaty

Vlastnosti minerální či skelné vaty jsou téměř totožné, proto jsou popisovány současně. Liší se však materiálem, ze kterého jsou vyrobeny. U skelné vaty jde o křemičitý písek a až 80 % skleněného střepu. U kamenné vaty jde o čedič, dolomit nebo diabas. Tyto materiály se roztaví a vyrábí se z nich tenká vlákna, která se potom pomocí pojiv spojují do bloků.

Na trh se dodávají ve formě desek nebo rohoží, případně tvarovek. Někdy je jejich povrch opatřen reflexní či netkanou textilií.

Používají se na vnitřní i vnější izolace stěn, příček, krovů podlah i jako kročejová izolace, dále pro izolaci potrubí a komínů. Aplikaci je možné provádět vkládáním, lepením, mechanickým kotvením nebo foukáním (Asociace výrobců minerální izolace, 2016).

Vlastnosti:

Minerální vata je výborná tepelná izolace s  $\lambda = 0,030 - 0,045$  (W/mK), nízkým difúzním odporem  $\mu = 1$  až 2, objemovou hmotností  $\rho = 30-100$  kg/m<sup>3</sup>, třídou reakce na oheň A1. Tyto izolace jsou lehké, stlačitelné, dobře pohlcují zvuk a nenapadají je houby a hmyz. Nevýhodou je jejich cena a pokud navlhnou, tak ztrácejí své izolační vlastnosti (TZB-info, 2016).

#### Pěnové sklo

Jde o výrobek, který se vyrábí spékáním skla a uhlíkového prachu. Je velmi pevné, nenasákové, chemické a biologicky odolné.

Používá se v blocích pro speciální detaily, kde je třeba přenést velké síly a přerušit tepelný most. Štěrky z pěnového skla se používá jako tepelně izolační zásyp, který slouží jako izolační podsyp pro zakládání staveb nebo bazénů. Další využití nachází pěnové sklo u rekonstrukcí podlah starých staveb. Jemné frakce jsou přidávány i do betonu pro zlepšení jeho vlastností a vylehčení (TZB-info, 2018).

Vlastnosti závisí velmi na způsobu použití. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,040\text{--}0,075$  W/mK, faktor difuzního odporu  $\mu$  – zcela parotěsný a zásyp z něj je difúzně propustný, objemová hmotnost  $\rho = 120\text{--}190$  kg/m<sup>3</sup>, třída reakce na oheň A1 (TZB-info,2018).

### **2.2.1.2 Syntetické izolace**

Jde o jeden z nejrozšířenějších druhů tepelné izolace. Chemicky vznikají z produktů ropy. Mají dobré tepelně izolační vlastnosti. Jejich nevýhodou je však jejich náchylnost ke stárnutí a bez přidání dalších přísad jsou velmi hořlavé (Venkovský dům, 2011).

#### **Expandovaný polystyren-EPS**

Jedná se o velmi běžný materiál. Vzniká ze styrenu, který je zpěňován do bloku. Přidávají se k němu přísady, které zajišťují samozhášivost. Bloky jsou poté nařezány do jednotlivých desek. Vyrábí se v pevnostech 50-250 kPa. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,040$  W/mK. V případě přidání grafitu (tzv. šedý EPS) je součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,030$  až  $0,033$  W/mK. Faktor difuzního odporu  $\mu = 20\text{--}100$  a objemová hmotnost běžně užívaného EPS je  $\rho = 15$  až  $40$  kg/m<sup>3</sup>. Spadá do třídy reakce na oheň E a má malou nasákavost. Pro dlouhou životnost je nutné ho chránit před UV zářením a vysokými teplotami. Používá se pro izolaci podlah, stěn a střech. Nejčastěji se lepí či mechanicky kotví je, ale možnost ho také foukat jako granulát (TZB-info, 2017).

Speciálním poddruhem je EPS pěněný do forem, tzv. PERIMETR. Tento výrobek má uzavřenou strukturu, která mu zajišťuje velice malou nasákavost a je proto vhodný pro izolaci spodní stavby míst exponovaných vodou (TZB-info, 2017).

#### **Extrudovaný polystyren XPS**

Jde o druh polystyrenu, který je velmi pevný a má téměř nulovou nasákavost díky své struktuře. Má velkou mechanickou pevnost, součinitel tepelné vodivosti je  $\lambda = 0,030 - 0,038$  W/mK, jeho faktor difuzního odporu činí  $\mu = 180$ , objemová hmotnost je  $\rho = 30$  až  $150$  kg/m<sup>3</sup> a třída reakce na oheň E. Využívá se pro sokly do kontaktu se zemí nebo do míst, kde je zvýšená vlhkost. Používá se i do míst kde je zvýšené mechanické namáhání, jako jsou pochozí ploché střechy nebo jsou na deskách z tohoto materiálu zakládány i celé stavby (TZB-info,2017).

### **Polyuretanová (PUR) a polyisokianurátová (PIR) izolace**

Nejčastěji jsou na stavbách používány ve formě pěn pro vyplnění dutin. Další možnostmi jsou desky, které mohou být opatřeny reflexními fóliemi. Používají se pro své dobré tepelně izolační vlastnosti na izolace střeš, stěn, podlah a stropů. Součinitel tepelné vodivosti dosahuje hodnot  $\lambda = 0,022-0,075$  W/mK. Faktor difuzního odporu je  $\mu = 30-100$ , objemová hmotnost činí  $\rho = 30-100$  kg/m<sup>3</sup> a třída reakce na oheň C-E (TZB - info, 2019).

### **Fenolická pěna**

Jde o pěnovou izolaci velmi podobnou PUR a PIR izolacím, ale vyrábí se z formaldehydových pryskyřic. Desky se oboustranně opatřují reflexní fólií. Pro své výborné vlastnosti se používá u rekonstrukcí nebo tam, kde je potřeba dosáhnout tenké konstrukce. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,024-0,021$  W/mK, faktor difuzního odporu  $\mu = 35$ , objemová hmotnost  $\rho = 35$  kg/m<sup>3</sup>, třída reakce na oheň B-C (TZB-info, 2019).

#### **2.2.1.3 Organické izolace**

V dnešní době jsou velkým trendem, ale nejde o žádnou novinku, spíše o zapomenuté materiály, které se znovu objevily. Jsou nezávadné pro vnitřní prostředí a jsou velice šetrné k životnímu prostředí. Jelikož jde o obnovitelné druhy izolací, je jejich využívání stále více podporováno.

### **Dřevovláknité izolace**

Vyrábějí se rozvláknění dřeva a zpětným spojením jednotlivých vláken. Při výrobě bývají přidávány pomocné látky, zejména hydrofobizační. Při malé objemové hmotnosti má tato izolace výborné akumulační vlastnosti. Většímu rozšíření těchto izolací brání jejich vysoké ceny. Používají se do stěn, podlah, stropů nebo střeš. Díky hydrofobizaci mohou tvořit i pojistnou hydroizolační vrstvu. Aplikují se ve formě desek nebo jako foukaná vlákna. Vyrábějí se v různé hustotě dle druhu použití. Součinitel tepelné vodivosti je  $\lambda = 0,039$  až  $0,055$  W/mK, faktor difuzního odporu  $\mu = 1-10$ , objemová hmotnost  $\rho = 50-300$  kg/m<sup>3</sup> a třída reakce na oheň E (TZB-info, 2020).

## **Celulózová izolace**

Jde o papírovou cupaninu z recyklovaného papíru s příměsemi, které slouží jako retardéry hoření, odpuzují hmyz, hlodavce a také zabraňují vzniku plísně a houby. Tato izolace má výborné akumulční schopnosti i při malém objemu. Aplikuje se foukáním do dutin nebo do volného prostoru. Foukání je možné za sucha či za mokra, kdy se během aplikace přidává voda nebo pojivo. Mokrou variantu není možné aplikovat do dutin, jelikož je nutné zajistit vysychání. Výhodou je nesedání a v případě požáru nesypaní se izolace. Vlastnosti celulózy jsou:

- součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,040$  až  $0,055$  W/mK,
- faktor difuzního odporu  $\mu = 1-3$ ,
- objemová hmotnost  $\rho = 30-60$  kg/m<sup>3</sup>,
- třída reakce na oheň C-E (TZB-info, 2020).

## **Sláma**

Jedná se o zbytky ze zemědělské činnosti při pěstování obilnin. Tento materiál je velmi ekologický, jelikož je v něm ukládán uhlík a pokud jde o lokální zdroj slámy, tak je jeho celková uhlíková stopa velmi malá. Sláma byla využívána odpradávná a dnes se její obliba znovu vrací. Dnes je nejčastěji používána ve formě lisovaných balíků, kterými se vyplňuje nosná konstrukce. Méně častá je pak řezanka, která se fouká do dutin. Jde o materiál s nízkým difúzním odporem  $\mu = 2$ . S vlhkostí dokáže pracovat a udržovat tak hlavně ve spojení s hlinitou omítkou vhodné podmínky v interiéru stavby. Tepelná akumulace a akustické vlastnosti jsou u tohoto materiálu také výborné. Její tepelná vodivost je velmi závislá na vlhkosti a lisování balíků. Nemalý vliv na izolační vlastnosti má i orientace stébel. Podél vláken je vodivost větší než kolmo na ně. Obvyklá objemová hmotnost používaných balíků je v rozmezí 90-160 kg/m<sup>3</sup>. Těmto hodnotám odpovídá součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,054$  až  $0,080$  W/mK (Chybík, 2009).

### **2.2.1.4 Speciální izolace**

#### **Vakuová izolace**

Jedná se o nejefektivnější známou izolaci. Je až 10x efektivnější oproti běžně používaným izolacím. Dodává se ve přesně formátovaných panelech již z výroby. Panely jsou sendvičové a nesmí být porušeny. Konstrukčně se panel skládá z vnějšího ochranného pláště, vzduchotěsné vrstvy a speciální porézní izolace. Hlavní nevýhodou

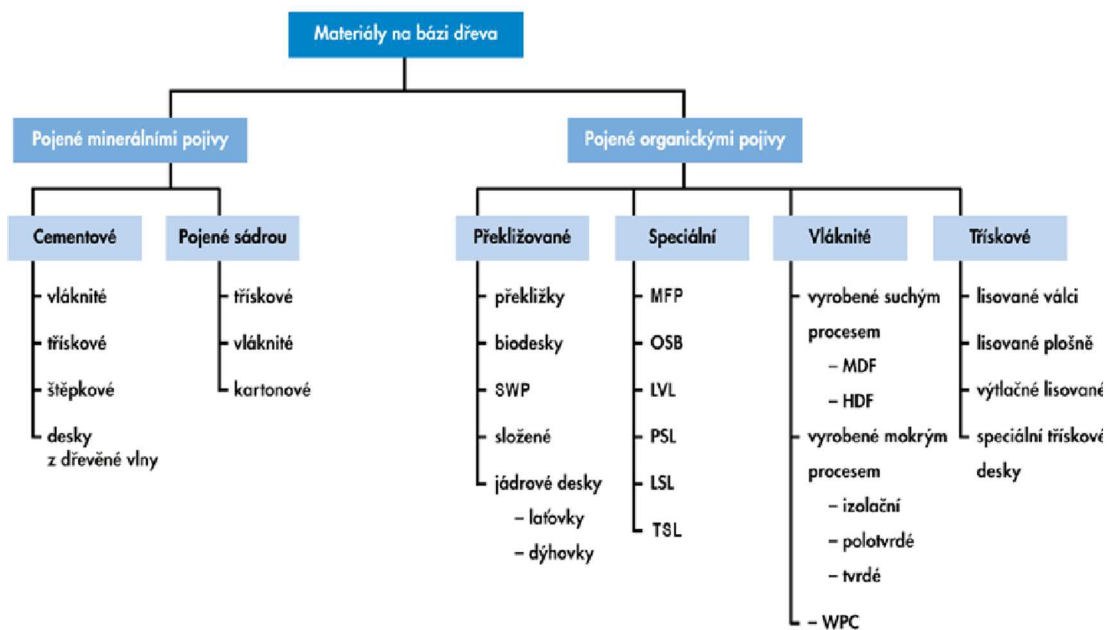
izolace je její vysoká cena. Dalšími problémy jsou její kotvení na plášť budovy, zajištění životnosti a problematické napojení panelů bez vzniku tepelných mostů. Je využívána pro historické budovy, na omezení tepelných mostů v běžných izolacích a pro výplně dveřních křídel (Smola, 2011).

Pro svou práci jsem volil izolace dle jejich vlastností a s ohledem na jejich finanční nákladnost. Na soklu stavby bude použita izolace XPS, která je nenasákavá, ale mechanicky odolná. Pro izolaci podlah jsem zvolil EPS, která má dobré tepelně izolační vlastnosti a dostatečné mechanické vlastnosti pro daný účel. Jako izolaci stropu a hlavní izolace obvodových stěn byla zvolena izolace z foukané suché celulózy. Tato izolace má výborné fyzikální vlastnosti, její aplikace je rychlá bezzbytková a vyrobená z recyklovaných surovin. Jako doplňková izolace obvodových stěn budou použity měkké dřevovláknité desky. Pro izolaci příček a vnitřních nosných stěn budu navrhnout minerální izolace pro jejich dobré akustické vlastnosti.

### **2.2.2 Deskové materiály**

Tato kapitola se bude věnovat používaným deskovým materiálům při stavbě dřevostaveb, přičemž se nejčastěji jedná o materiály na bázi dřeva. Bez těchto materiálů je dnes téměř nemožné stavby postavit. U materiály budou popsány jejich základní charakteristiky a vlastnosti s nejčastějším způsobem využití.

Rozvoj těchto materiálů začal v 50. letech minulého století a vývoj pokračuje dodnes. Stále se vyvíjejí nové technologie, které zlepšují vlastnosti těchto materiálů a tím přispívají k jejich většímu užívání. Tyto materiály umožňují zpracovat odpady z jiných výroby či zužítkovat nekvalitní dřevo, které by kromě energetiky jinde uplatnění nenašlo. Hlavní předností těchto materiálů je že, přinášejí dobré vlastnosti dřeva jako je obrábělnost, pevnost při nízké objemové hmotnosti, ale naopak omezují nepříznivé vlastnosti dřeva, zejména pak hygroskopicitu, nehomogenitu a anizotropii (Baker, 2002).



Obrázek 1: Materiály na bázi dřeva (Böhm, 2012)

### 2.2.2.1 Desky z masivního dřeva

Jde o nejjednodušší a nejdéle používané deskové materiály. Tyto materiály jsou velmi přírodní, jelikož množství lepidla používaného pro jejich výrobu je téměř zanedbatelné (Böhm, 2012).

#### Spárovky

Tyto desky vznikají šířkovým slepováním jednotlivých přířezů, které jsou zbaveny vad. Jde o první desky, které byly vyráběny a jejich historie sahá až do starověku. Největší předností spárovky je, že zachovávají texturu dřeva a jeho dobré mechanické vlastnosti. Nevýhodou je, že jen velmi málo omezují anizotropii dřeva a jeho sesychání nebo bobtnání. Využívají se zejména pro truhlářské účely, ale mohou sloužit také jako obklady stěn (Böhm, 2012).

#### Biodesky

V principu se jedná o tři tenké navzájem kolmé spárovky slepené plochou na sobě. Vlastnosti jsou podobné spárovkám, jen je více omezena anizotropie dřeva. Nejčastější použití je pro truhlářské výrobky, obklady stěn a stropů, ale lze je také využít jako konstrukční desky (Böhm, 2012).

### **2.2.2.2 Překližované desky**

Jde o desky, které vznikají slepením několika tenkých dých na sebe. Masivní výrobu těchto desek umožnil rozvoj technologií v 19. století, který zlevnil výrobu a tím umožnil jejich masivnější využívání (Král, 2005).

#### **Překližky**

Jde o tenké dýhy, které se křížově lepí na sebe. Toto křížení značně omezuje anizotropii dřeva. Vlastnosti těchto desek jsou velmi závislé na použitém lepidle a povrchové úpravě. Pokud je lepidlo a povrchová úprava zvolena vhodně lze dosáhnout vlhkostně a pevnostně velmi odolného materiálu. Jejich nevýhodou je pracnější výroba a z toho plynoucí vyšší cena. Použití desek je velmi široké od truhlářské výrobky po konstrukční desky dřevostaveb (Král, 2005).

### **2.2.2.3 Desky z plochých třísek**

Jde o desky, které mají podobné vlastnosti jako překližky, ale jsou vyrobené z menších a levnějších částic z odpadového sortimentu. Výroba započala v 70. letech 20. století a umožnila tak rozmach novodobých dřevostaveb (Böhm, 2012).

#### **OSB**

Desky z orientovaných třísek, které jsou tenké a dlouhé na površích a uprostřed jsou jemnější. Díky orientaci třísek jsou mechanické vlastnosti výborné, avšak s ohledem na směr třísek odlišné. Vlastnosti jsou velmi závislé na velikosti třísek a jejich kvalitě, druhu dřeviny, typu lepidla, typu lisování a poměru jednotlivých vrstev.

Používají se zejména jako konstrukční materiál u dřevostaveb, jako stojiny I nosníků a pro dočasné konstrukce na stavbách.

Dělí se do čtyř skupin podle vlastností a napovídají tedy typu užití:

- OSB/1 - Všeobecné použití v suchém prostředí např. pro nábytek.
- OSB/2 - Konstrukční desky do suchého prostředí.
- OSB/3 - Konstrukční desky do vlhkého prostředí.
- OSB/4 - Obzvláště zatížené konstrukce ve vlhkém prostředí (Böhm, 2012).



#### **2.2.2.4 Dřevotřískové desky**

Jedná se v současnosti o nejvíce vyráběný aglomerovaný materiál, který umožňuje zpracovávat i velmi jemný odpad z dřevařské výroby. Umožňují však použití i jiných lignocelulózových materiálů a recyklátů. Jejich vlastnosti jsou závislé na velikosti a tvaru třísek a použitém lepidle. Obecně jde o desky se špatnými mechanickými vlastnosti a nízkou odolností proti vlhkosti. Jejich výhodou je však plošná izotropnost a zejména nízká cena. Různými modifikacemi lze zajistit například jejich nehořlavost či ohýbatelnost.

Používají se hlavně v nábytkářství, po povrchové úpravě pro výrobu nábytku, obkladů a podobně. Ve stavebnictví jsou používány do podlah jako roznášecí vrstva nebo jako nosič finální podlahoviny (Böhm, 2012).

#### **2.2.2.5 Dřevovláknité desky**

Tento druh desek je vyroben z dřevěných vláken, která jsou lisována buď s příměsí lepidla nebo bez něj na různé druhy hustoty. To, na jakou hustotu jsou desky lisovány velmi ovlivňuje jejich vlastnosti a tím i použití.

##### **Měkké dřevovláknité desky**

Jako měkké desky se označují desky s hustotou do  $400 \text{ kg/m}^3$ . Nejčastěji jsou vyráběny okolo  $250 \text{ kg/m}^3$ . Používají se jako výplňový a zvukově či tepelně izolační materiál. Slouží také jako kročejová izolace do podlah. Jejich předností je, že jde o přírodní materiál s nízkým difuzním odporem (Böhm, 2012).

##### **DHF desky**

Jde o středně tvrdou dřevovláknitou desku. Je paropropustná a používá se k vnějším i vnitřním záklopům konstrukcí. Dočasně může sloužit jako konstrukční deska. Díky hydrofobizaci je využívána jako pojistná hydroizolační vrstva do střech nebo do provětrávaných fasád (EGGER DHF, 2021).

#### **2.2.2.6 Desky pojené minerálními pojivy**

Jde o desky s dlouhou tradicí. Dřevěné piliny nebo vlákna slouží u těchto desek jako prostorová výztuž. Minerální pojiva dávají deskám vysokou hustotu, tvrdost ale zhoršují obrobitelnost. Naopak ale zajišťují vysokou odolnost proti vlhkosti

a nehořlavost. Často jsou používány jako konstrukční desky nebo jako obkladové materiály.

### **Desky z dřevité vlny a cementu**

Jde o poměrně lehké porézní desky, které byly využívány především v minulosti. Jejich mechanické vlastnosti nejsou příliš dobré. Jsou používány jako výplně nebo jako podklad pro omítku. Mají dobré akustické a akumulaci vlastnosti (Herzog, 2003).

### **Cementotřískové**

Jsou vyrobeny z jemných třísek a cementu. Desky jsou tvrdé a homogenní s vysokou hustotou kolem  $120 \text{ kg/m}^3$ . Desky jsou odolné proti vlhkosti, plísním, škůdcům, olejům, benzínu, mrazu a jsou nehořlavé. Jsou používány jako konstrukční desky pro stěny či střechy, také jako podlahové materiály. Pro obklady fasád se upravuje jejich textura nebo barva dle stupnice RAL (Böhm, 2012).

### **Cementovláknité**

Pro jejich výrobu se využívají dřevní vlákna a cement. Desky mají vysokou hustotu a homogenní strukturu. To dodává deskám výborné mechanické vlastnosti, trvanlivost a odolnosti proti povětrnostním vlivům. Jsou nenasákavé, mají minimální bobtnání, vysokou mrazuvzdornost a jsou nehořlavé. Používají se pro konstrukční opláštění stěn pro podlahy či fasády (Böhm, 2012).

### **Sádrovláknité**

Při výrobě se smíchávají celulósová vlákna a sádra. Desky mají homogenní strukturu, poměrně vysokou hustotu, dobré mechanické vlastnosti a také jsou nehořlavé. Jsou vhodné jako podklad pro omítky. Používají se pro konstrukční desky. Umisťují se převážně zevnitř, ale pokud jsou upraveny proti vlhkosti nebo kryty jinou vrstvou mohou se instalovat i z venku (Schulze, 2005).

### **Sádrokarton**

Dnes se jedná o nejpoužívanější desky v interiéru. Skládají se ze sádrového jádra, které může být vyztužené vlákny a na površích jsou kartonové papíry. Podle přidávaných aditiv a úprav jsou desky přizpůsobovány pro specifická určení. Rozeznáváme desky se

zvýšenou nehořlavostí, odolností vůči vlhkosti, dále akustické desky, konstrukční desky a jejich případné kombinace (Svoboda, 2018).

#### **2.2.2.7 Dřevoplastové kompozity**

Často jsou označovány i zkratkou WPC. Jde o směs dřevěných pilin, vláken nebo hoblin, které jsou spojeny polymery.

Vlastnosti jsou odvislé od kvality a druhu vstupních materiálů a také na množství přidaných aditiv. Vykazují vysokou odolnost vůči vlhkosti a tím i rozměrovou stálost. Dobře odolávají povětrnostním vlivům a mají dobrou a barevnou stálost. Nevýhodou je vyšší hustota a neekologičnost. Jde o poměrně drahý materiál. Používá se v exteriéru pro terasy obklady apod. (Bolek, 2011).

#### **2.2.2.8 Kompaktní desky**

Jde o desky, které se vyrábějí lisováním papírů, které jsou napuštěné pryskyřicemi. Výsledný materiál má výborné mechanické vlastnosti, je velice odolný biologickým škůdcům či povětrnosti. Povrch desek může být hladký nebo může mít libovolnou strukturu. Díky vysoké hustotě jsou desky tenké. Používají se na výplně u zábradlí a fasádní obklady (Böhm, 2012).

### **2.2.3 Nosné kompozitní materiály**

Jejich vývoj podnítil požadavek velkorozponových staveb, které jsou náročné na kvalitní dřevo o velkých dimenzích. Jejich předností je, že neobsahují vady jako například suky či praskliny. Také zužitkovávají méně kvalitní dřevo a lze je vyrábět v dimenzích, které by u rostlého dřeva byly velmi těžko dosažitelné. Mají vyšší pevnost než rostlé dřevo, a dokonce lepší poměr pevnosti a váhy než u oceli. Unifikované vlastnosti, přesné rozměry a rozměrová stabilita jsou dalšími výhodami těchto materiálů. Jejich nevýhodou je však vyšší cena (Böhm, 2012).

#### **Vrstvené dřevo LVL**

Je vyrobeno lisováním dýh, které se kladou rovnoběžně s délkou nosníku. Po vylisování celého bloku dochází k rozřezávání na jednotlivé dílce. Dle potřeby jsou vyráběny v pohledové či nepohledové kvalitě (Král, 2005).

### **Křížem vrstvené lepené dřevo CLT**

Jedná se o nosné konstrukční panely, které vznikají slepováním vrstev prken, převážně z jehličnatého dřeva do kříže, což eliminuje izotropnost. Vyrábí se v tloušťce od 60 do 400 mm. Jde o kvalitní materiál, který je velmi estetický (Blass, 2017).

Pro svou práci budu využívat z výše uvedených deskových materiálů ty, které považuji za nejvhodnější vzhledem k jejich vlastnostem a jejich ceně.

Pro konstrukční opláštění stěn a stropu budu používat sádrovláknité desky, pro jejich dobré mechanické vlastnosti, nehořlavost a dobrý difuzní odpor. Tytéž desky budu používat i pro finální opláštění stěn a příček. V případě dvojitého záklopů bude finální vrstva tvořena SDK deskou. Dále budu využívat DHF desky pro horní záklop stropu, aby zde vznikla pochozí plocha v prostoru krovu. Na stěnu budu z vnější strany navrhovat měkké dřevovláknité desky. Ty budou sloužit pro vytvoření dutiny pro izolaci, tvořit dodatečnou tepelnou izolaci a současně budou dočasně chránit konstrukci v době montáže. Jako fasádní obklad budu na namáhaných plochách využívat cementové desky, které mají dobré mechanické vlastnosti a velmi dobrou odolnost vůči povětrnostním podmínkám. Pro vytvoření záklopu pod zelenou střechou budou použity OSB desky, a to pro jejich únosnost a odolnost.

#### **2.2.4 Dřevo**

Dřevo je velmi vhodný stavební materiál má výborný poměr mechanických vlastností, váhy, složitosti obrábění, dobré požární vlastnosti a v neposlední řadě jde o obnovitelný ekologický materiál. Bohužel má, ale i svá negativa jako je izotropnost, nepravidelné vlastnosti a zejména je náchylné na vodu a vlhkost, která způsobuje jeho objemové změny, ale především degradaci. Většinu negativních vlastností však umíme řešit, a proto je dřevo konstrukčním materiálem budoucnosti.

Nejčastěji je dnes pro stavební účely používáno dřevo jehličnatých dřevin, které může být dále upravováno a tím mohou být zlepšovány jeho vybrané vlastnosti.

##### **2.2.4.1 Rostlé konstrukční dřevo**

Jde o produkt pil, který vzniká pořezem kulatiny bez dalších úprav. Může být sušené nebo nesusšené. Podle průřezu dělíme toto řezivo na deskové, hraněné a polohraněné. Do této kategorie lze zařadit i kulatinu, která se používá pro výrobu srubů, je však neopracovaná. Tento sortiment je pomalu nahrazován lepenými prvky. Díky

tomu, že tato surovina bývá často používána nesusšená dochází k vysychání a tvarovým změnám. Při zabudovávání nesusšeného dřeva do konstrukce musí být zajištěno, že v něm obsažená voda bude moct konstrukci opustit (Vaverka, 2008).

#### **2.2.4.2 Tepelně modifikované dřevo**

Nejčastěji je na trhu označováno jako „*Thermwood*“. Úprava dřeva je prováděna za působení tepla, vlhkosti a tlaku. Tato úprava omezuje slabé vlastnosti dřeva v oblasti odolnosti proti hnilobě a objemové nestálosti v důsledku změny vlhkosti. Zlepšuje se také odolnost proti povětrnostním vlivům, ale u některých metod můžou být významně zhoršeny mechanické vlastnosti dřeva. Doprovodným jevem je změna barvy, ve většině případů zhnědnutí. Jeho hlavní nevýhodou je vysoká cena, která jeho využití velmi omezuje. Takto upravené dřevo se používá na fasády, terasy nebo na okenní profily pro zlepšení jejich životnosti (Růžička, 2014).

#### **2.2.4.3 Konstrukční délkově nastavované dřevo – KVH**

Jde o čtyřstranně opracovaný, sušený materiál na přibližně 14 %, s přesnými rozměry, který se vyrábí délkovým slepováním kratších přířezů na zubovitý spoj v délkách až 18 m. Při výrobě dojde k vyřezání vad, které by snižovaly pevnost. Vyrábí se v pohledové a nepohledové kvalitě. Rozměry jsou od 40x60 mm do 140x240 mm. Díky vysušení jsou eliminovány tvarové změny na stavbách. Použití nachází pro konstrukci dřevostaveb, stropů a krovů, kde nahrazuje rostlé dřevo. Tento materiál a z něj vyrobené prvky lze certifikovat, což jasně stanovuje jeho vlastnosti (Böhm, 2012).

#### **2.2.4.4 Lepené lamelové dřevo BSH**

Jde o konstrukční materiál, který vzniká délkovým a plošným slepením běžného řeziva. Při slepování vznikají buď přímé či zakřivené nosníky o délkách do 35 m výjimečně dokonce 50 m. Finální výrobek je vysušený s opracovanými povrchy, buď v pohledové či nepohledové kvalitě. Používá se zejména pro masivní stavby jako jsou těžké skelety, mosty nebo velkorozponové stavby.

Výhodou je výroba velkých profilů z malých přířezů. Nosníky mohou být tvarované a mají rozměrovou stabilitu, kvalitní povrch a díky harmonizaci norem jsou jasně definovány mechanické vlastnosti (Böhm, 2012).

#### **2.2.4.5 Duo/trio**

Jedná se o mezistupeň mezi BSH a KVH. Jde o fošny slepené na sebe ve dvou nebo ve třech vrstvách. Řezivo pro lepení je předem vysušeno na vlhkost cca 15 %. Používá se na pohledově náročné prvky, kde je potřeba zajistit tvarovou stálost (Colling, 2009).

#### **2.2.4.6 Speciální dřevěné nosníky**

Jde o postupný vývoj, kdy jsou zapojovány stále nové poznatky, technologie a materiály pro výrobu nosníků. Snahou je zajistit vyšší únosnost či snížit spotřebu materiálů a tím pádem i hmotnost při zachování stejných pevností. Díky vědomostem, které dnes máme, vznikají nosníky tvaru krabic, T či I (Böhm, 2012).

#### **I nosníky**

Nosníky se skládají z horní a spodní pásnice, mezi kterými se v jejich podélné ose nachází stojina. Pro pásnice se často používá KVH nebo vrstvené dřevo. Stojiny bývají z OSB, tvrdých dřevovláknitých desek, překližky, vrstveného dřeva nebo jen z řeziva. Využívají se pro překlenutí velkých rozponů a pro přenesení velkých zatížení. Oproti masivním nosníkům spoří materiál a díky nízké hmotnosti se s nimi dobře manipuluje (Böhm, 2012).

Pro diplomovou práci budu k návrhu využívat KVH řeziva v menší míře, pro více namáhané prvky pak BSH. Přednosti těchto materiálů dalece převažují nad vyšší cenou, a proto rostlé, nesušené a neupravené řezivo budu ze svého návrhu zcela vypouštět. Dále pro dřevěné obklady a terasy budu používat termicky upravené dřevo, které již není potřeba dále chemicky upravovat a také má výbornou trvanlivost. Na záklop střech pod plechovou krytinu budou použita prkna. Ta mají dostatečnou pevnost, jsou cenově dostupná a případná prosakující vlhkost z pod plechové krytiny může být skrze ně odvětrána.

## **2.3 Druhy obvodových plášťů**

Tato kapitola se věnuje návrhu plášťů staveb. Jako obvodový plášť označujeme konstrukce (stěny, stropy a podlahy), které oddělují stavbu od vnějšího prostředí, respektive prostředí s výrazně odlišnými podmínkami, jako je teplota a vlhkost. Aby byla zajištěna dobrá kvalita stavby je třeba navrhovat pláště s ohledem na dva základní parametry, kterými jsou prostup tepla a prostup par konstrukcí. V případě že je plášť dobře navržen, je stavba ekonomická při provozu, výstavbě a má dlouhou životnost.

### **2.3.1 Difuzně otevřená / uzavřená konstrukce**

Jde o pojem, který se u konstrukcí užívá s ohledem na to, zda dovolují alespoň částečně nebo nedovolují vůbec procházet vodním parám, tedy difuzi skrze své materiály. V principu jde o to že, zejména v zimním období je v interiéru poměrně vysoká relativní vlhkost a teplota. Vzduch v exteriéru je naopak chladný a suchý. Vlivem fyzikálních vlastností se tyto dvě veličiny snaží vyrovnat a dosáhnout optimální rovnováhy. Ať už je stavba difuzně otevřená či uzavřená, vždy se snažíme zabránit nadměrnému průchodu vlhkosti skrze konstrukci, jelikož zvýšení vlhkosti snižuje tepelně izolační vlastnosti a může vést k degradaci materiálů a vzniku plísní (Růžička, 2014).

#### **2.3.1.1 Difuzně otevřená konstrukce**

Občas jsou tyto skladby označovány i jako konstrukce, které dokáží dýchat. Tyto skladby umožňují do určité míry prostup vodní páry. Jejich směr záleží na ročním období. Dnes s ohledem na používání sendvičových skladeb s velkou tloušťkou tepelné izolace tento tok regulujeme a chceme jej pouze směrem od parobrzdné vrstvy ven. Důležité je u této konstrukce, aby v ní nedošlo ke kondenzaci vkládat směrem od parobrzdy do exteriéru materiály se snižujícím se odporem proti prostupu vlhkosti. Tyto konstrukce jsou současně upřednostňovány více. Jde o přirozenější a bezpečnější systém, který dokáže dřevu a materiálům na jeho bázi zajistit vhodné podmínky po celý rok. Toto je velmi důležité, pro dlouhé a trvanlivé fungování těchto konstrukcí. I v případě, že dojde k nějaké lokální poruše, konstrukce tuto vlhkost pojme a rozvede do větší plochy. Díky tomu se vlhkost z konstrukce dostává z mnohem větší plochy a tím pádem rychleji. Ani případná drobná technologická nekázeň nebo mírné zvlhnutí při stavbě pro tyto konstrukce není takový problém (Růžička, 2014).

Jejich hlavní nevýhodou je jejich cena, jelikož je nutné vybírat vhodné izolace a materiály které jsou zpravidla dražší. Další navýšení ceny způsobuje přidávání vrstev, například větrané mezery, které se u tohoto typu konstrukcí často využívají. Jako drobnější nevýhody se jeví vyšší náročnost na znalosti a zkušenosti v průběhu projekce (Růžička, 2014).

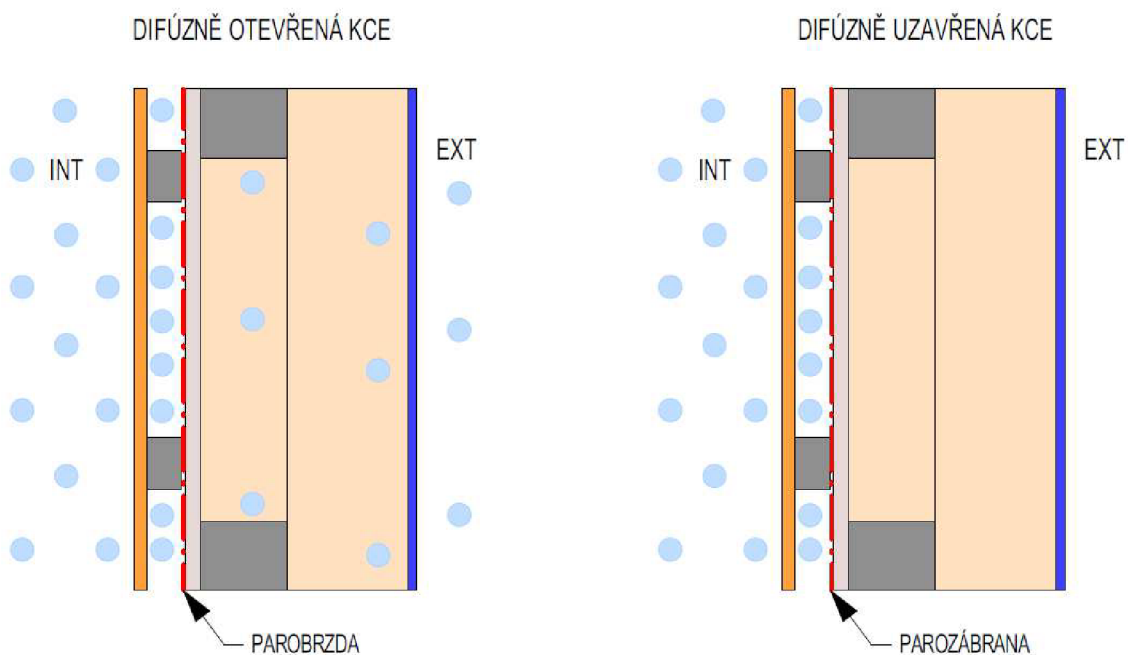
Pro výše zmíněné výhody jsem tento systém zvolil i pro svou práci s ohledem na to, že lze předpokládat v prostorech zvýšenou vlhkost vzduchu, tudíž jsem se snažil před vlhkem konstrukci maximálně chránit.

### **2.3.1.2 Difúzně uzavřená konstrukce**

Jak je již patrné z názvu, tyto konstrukce difuzi vůbec nepřipouštějí. Z vnitřní strany je použita parozábrana z materiálů, které jsou považovány za těsné. A tedy vychází z předpokladu, že se do konstrukce již žádná vodní pára nedostane. Díky tomuto předpokladu můžeme další vrstvy směrem do exteriéru poskládat libovolně, bez ohledu na jejich vlastnosti.

Výhodou těchto skladeb je jejich jednoduchost a nenáročnost na materiály z čeho pramení nižší cena konstrukce. Největší nevýhodou těchto konstrukcí je právě potřeba zabezpečit 100% těsnost parozábrany po celou dobu životnosti skladby, tedy i během užívání. To vylučuje jakékoliv neodborné zásahy do konstrukce. Utěsnit bezchybně všechny spoje a prostupy skrze tuto vrstvu a zajistit její nepoškození je prakticky neproveditelné. Podmínkou je tedy minimalizovat počet prostupů skrze tuto obálku. Další nezbytnou nutností je zajistit, aby do konstrukce nenatekla voda při poruše nebo montáži. Pokud, se parotěsná vrstva poruší, tak i malou dírou se do konstrukce dokáže dostat velké množství vlhkosti, která nemá kam pokračovat a začíná v konstrukci kondenzovat. Z výše uvedeného je tedy patrné, že používání difúzně uzavřených konstrukcí je pro životnost dřevostaveb velmi rizikové (Růžička, 2014).





Obrázek 2: Difúzně otevřená a uzavřená konstrukce (vlastní zpracování)

### 2.3.2 Vrstvy skladeb konstrukcí

Většina konstrukcí se skládá z několika vrstev, které mohou mít jednu nebo i více funkcí. Jednotlivé vrstvy budou popsány v této kapitole s uvedením funkce. Dle kombinace jednotlivých vrstev, je snaha složit co možná nejvhodnější skladbu s ohledem na ekonomickou, estetickou a funkční stránku. Uváděné specifika povětšinou platí pro střešní a stěnové konstrukce (Kolb, 2011).

#### Ochrana proti povětrnosti

Tato vrstva bývá často nazývána jako fasáda. Jde o nejexternější vrstvu konstrukce. Jejím úkolem je chránit ostatní materiály v konstrukci před větrem, deštěm, sněhem, krupobitím, slunečním zářením a pokud možno, tak i před mechanickým poškozením. Nejčastěji tuto vrstvu tvoří různé obklady, krytiny nebo omítky. U masivních dřevostaveb může jít o pouhý nátěr na konstrukci (Kolb, 2011).

#### Provzdušnění a odvětrání

Jedná se o mezery mezi roštem/latěmi, které nejsou vyplněny žádným materiálem. Pro toto jsou často označovány jako mezery či dutiny, které se nejčastěji nacházejí pod fasádním obkladem nebo krytinou. Funkcí této vrstvy je odvádět v zimním období

vlhkost, která pronikla do skladby z interiéru. V letním období je touto vrstvou odváděno teplo, které vzniká zahřátím pohledové vrstvy od slunce. Pro správné fungování vrstvy je nutné zajistit dostatečnou možnost výměny vzduchu v této vrstvě (Kolb, 2020).

### **Ochranná vrstva izolace**

Je možné se s touto vrstvou také potkat pod označením větrná zábrana. Jde o vrstvu, která odděluje tepelnou izolaci od větrané mezery. Po dobu výstavby často slouží jako hlavní ochrana proti povětrnosti, zejména pak proti nadměrnému nabírání vlhkosti. Po zbudování fasádního obkladu či střešního pláště brání konstrukci proti vodě, která pronikne škvírami nebo při drobné poruše. Její důležitou funkcí je také zabránit profukování tepelné izolace a vytvoření uzavřené dutiny pro měkké a sypké izolace. Pro tuto vrstvu bývají využívány materiály s nízkým odporem proti průchodu vlhkosti. Často jsou to folie či desky na bázi dřeva, jako měkké dřevovláknité desky (Kolb, 2011).

### **Tepelná izolace**

Jedná se o vrstvu, která brání průchodu energie skrze konstrukci – v zimním období z interiéru a v letním do interiéru. Ve většině případů je tato vrstva vložena mezi nosnou konstrukci (vyjma masivních staveb). Při návrhu této vrstvy je potřeba se věnovat místům, kde je tato vrstva narušena jiným materiálem. Vlastnosti této vrstvy ve velké míře ovlivní vlhkost, jelikož s rostoucí vlhkostí schopnost tepelné izolace klesá. Pro letní stabilitu je vhodné, pokud má tato vrstva i dlouhý fázový posun. Velmi často je tato vrstva zodpovědná i za izolaci zvukovou (Kolb, 2011).

### **Nosná konstrukce**

Je nedílnou součástí každé konstrukce. Jedná se o vrstvu nebo prvky, které jsou schopné přenášet mechanická zatížení a tím pádem zajišťují stabilitu konstrukce (Kolb, 2011).

### **Vrstva s difúzním odporem**

Tato vrstva nebo materiály jsou velmi často označovány jako parobrzdy nebo parozábrany. Tato vrstva je poměrně důležitá, a to z hlediska dlouhé trvanlivosti staveb a jejich bezchybného fungování. Vrstva má za úkol zabránit, aby se vzdušná vlhkost dostala do konstrukce, kde by mohla kondenzovat a působit problémy. Tuto vrstvu se snažíme umístit co nejbližší interiéru, jelikož nejvíce má pára snahu pronikat do

konstrukce z interiéru v zimě. Materiálem pro tuto vrstvu jsou různé folie či OSB desky, překližky apod. Důležitým parametrem je hodnota  $S_d$  nebo  $\mu$ . Tato vrstva musí být spojitá a probíhat po celém vnitřním povrchu (Kolb, 2020).

### Neprůvzdušná vrstva

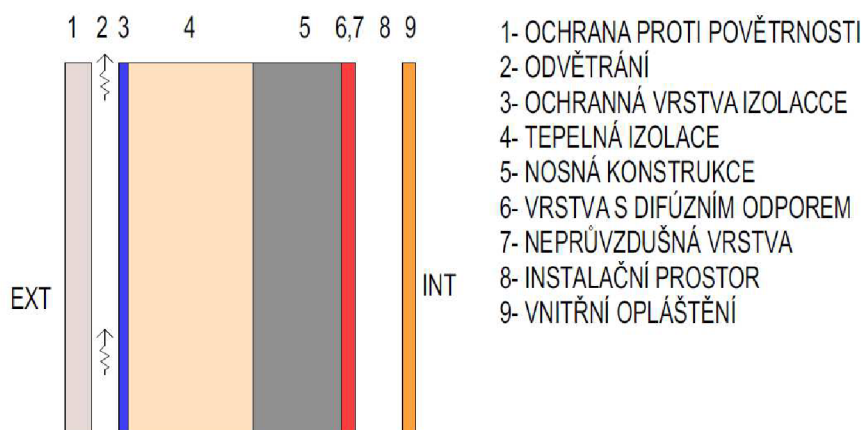
Velmi úzce souvisí s parotěsnicí vrstvou. Jelikož pokud do skladby vzniká vzduch, nese s sebou vždy i vlhkost v podobě vodních par. Proto jsou parotěsná a neprůvzdušná vrstva často spojeny v jednu. Její hlavní funkcí je zabránit samovolné výměně vzduchu skrze konstrukci v ideálním případě ji úplně vyloučit. Materiály jsou obdobné jako u vrstvy s difúzním odporem, tedy folie, desky OSB, překližky a pro zajištění celistvosti také vrstvy tmelu a pásy (Kolb, 2008).

### Instalační prostor

Jde o prostor na vnitřní straně konstrukce mezi neprůvzdušnou vrstvou, případně vrstvou s difúzním odporem a vnitřním obkladem. Tento prostor je využíván k provedení izolací jako je voda elektřina apod., bez nutnosti porušovat vzduchotěsnou a parotěsnou obálku. Pro vymezení dutiny často slouží dřevěné latě nebo ocelové profily (Kolb, 2011).

### Vnitřní opláštění

Jedná se o finální vnitřní povrchový materiál, který však může být ještě dále upravován nátěry nebo obklady. Nejčastěji jde o deskový materiál, často pak sádkartonové nebo sádrovláknité desky. V případě masivních staveb bývá opláštění nahrazeno pouze nátěrem a konstrukce zůstává přiznaná (Růžička, 2014).



Obrázek 3: Vrstvy pláště (vlastní zpracování)

## 2.4 Sauny

V této kapitole se práce věnuje základnímu popisu saun, z jakých se skládá částí a také řeší, jaké známe základní druhy saun.

Vývoj saun probíhá společně s technickým pokrokem a poznáním lidstva, a proto se trendy v saunování pravidelně mění. Sauny se používají přes 2000 let a nejstarší zmínky máme z oblastí Finska. Dostupnost dřeva pro stavbu i topení byla a stále zůstává v těchto zemích dobrá. Největším důvodem rozvoje saun byla potřeba čistoty a dočerpání síly v těžkých životních podmínkách (Konya, 1973).

### 2.4.1 Terminologie saun

Tato kapitola se bude věnovat základním prostorům saun a měla by objasnit jejich funkci a požadavky na v nich užívané materiály.

Každá sauna se skládá ze dvou základních částí, kterými jsou prohřívárna neboli potírna a ochlazovna. Nemělo by se zapomínat ani na prostor pro odpočinek a přípravu na saunování (Mikolášek, 2006).

#### **Prohřívárna**

Jedná se o nejdůležitější část saun. U malých saun se, můžeme také setkat s označením kabina. Nejčastěji se v prohřívárně používáno dřevo a kámen. Méně často se u některých druhů saun používají keramické obklady či dokonce solné desky. Dřevo má pro toto užití velmi vhodné předpoklady. Mezi používané dřevo patří zejména olše, osika, topol, smrk a z exotických dřevin cedr a jedlovec. Mezi exkluzivní dřeviny můžeme zařadit hlavně magnolie a eukalyptus. Často je také používáno tepelně upravené dřevo. Obvykle se použije do jedné kabiny více druhů dřeva s ohledem na jeho umístění (Thermory, 2020).

Součástí každé potírny je neodmyslitelně zdroj tepla, který zaručuje zvýšení teploty. Prohřívárna musí být větrána buď přirozeně či nuceně. Přívod by měl ústít pod kamny a odtah by měl být v protilehlé stěně pod pryčnami u podlahy (Pospíchal, 1986).

#### **Ochlazovna**

Ochlazovna je nedílnou součástí sauny. Jde o prostor určený ke ochlazení těla po saunové lázni. Tyto prostory mohou být jak vnější, tak vnitřní. V případně vnitřních prostor jde často o sprchy, které v případě menších, např. rodinných saun mohou sloužit

i jako umývárna. Další alternativou jsou různá polévací vědra či ponořovací kádě. U větších wellness center je možné využít i bazény či vířivky. U vnějších ochlazoven to, mohou být různé balkony či bazény. U solitérních saun může jít i o přírodní místa, například jezera (Kriš, 1999).

### **Odpočívárna**

Prostor pro odpočinek po ochlazení a pro případné čekání na další cykly saunování. Odpočívárna je obvykle vybavena lehátky nebo křesly. Může být umístěna jak uvnitř stavby, tak i ve venkovním prostoru (Kriš, 1999).

### **Další prostory**

Sem zařazujeme doprovodné prostory jako jsou šatny, vestibuly, čekárny, pomocné technické místnosti apod. Ty však nejsou specifické pro sauny. Dále mohou být součástí stavby i jiné celky určené např. pro masáže solária či malý bar (Kriš, 1999).

## **2.4.2 Dělení saun**

V principu jsou všechny sauny stejné. Od počátku je snaha o jejich jednoduchost a efektivnost. Přesto se od sebe sauny liší podle provozu, a to stavebním typem, zaměřením na určitou skupinu či druhem vytápění apod.

Podle výše uvedeného dělíme sauny do následujících skupin:

- kouřové,
- komínové,
- moderní (Kriš, 1999).

Podle kapacity rozlišujeme sauny:

- malokapacitní,
- středněkapacitní,
- velkokapacitní (Kriš, 1999).

Podle typu stavby existují sauny:

- exteriérové (stojící samostatně),
- interiérové (součástí objektu) (Kriš, 1999).

Podle provozu rozlišujeme sauny:

- jednoprostorové,
- víceprostorové (Kriš, 1999).

Podle frekvence využití:

- nepřetržité,
- příležitostné (Kriš, 1999).

Podle využití:

- regenerační,
- rehabilitační (Kriš, 1999).

Podle zájmové skupiny:

- rodinné,
- dětské,
- hotelové,
- firemní,
- pro veřejnost (Kriš, 1999).

#### **2.4.2.1 Způsoby vytápění saun**

Většina kamen se obkládá kameny, které poté distribuují teplo do prostoru. Kameny je třeba používat kvalitní a velmi odolné, často jde o žulové a diabasové kameny, které dobře snášejí polévání. Kameny jsou vyskládány v ocelovém koši. Příležitostně se do košů přidávají i kameny soli. Kolem každého zdroje tepla je vhodné umístit ochrannou ohrádku která zabrání popálení (Hoffmann, 2020).

#### **Kamna na dřevo**

Jde o nejstarší a o nejtradičnější druh vytápění. Podmínkou je dostatečný přísun vzduchu, který musí být do kamen nasáván z vnějšku prohřívány. Jde o velmi designový druh vytápění, který má negativa v podobě nepořádku, potřeb komínu a vyžaduje bezpečný prostor kolem kamen. Nevýhodou je také potřeba vhodného dřeva a delší doba nátopy. Toto vytápění je často užíváno u samostatně stojících saun, které není možné připojit k elektřině (Pospíchal, 1986).

### **Plynová kamna**

Nejsou tolik oblíbenou volbou. Je potřebné pro ně zřídit komín a externí přívod vzduchu. Kromě těchto skutečností je nutné spolehlivé připojení plynu ze sítě či zásobníků. Výhodou je levný provoz, dobrá možnost regulace a velmi malé emise (BUILD, 2019).

### **Elektrická kamna**

Jsou velmi častou volbou s ohledem na jednoduchost používání. Výhodou je snadná regulace, kamna také nevytvářejí spaliny a umožňují udržování konstantních parametrů. Nevýhodou je zvyšující se cena elektřiny (BUILD, 2020).

### **Parní generátory**

Jde o externí zařízení, které je umístěné v blízkosti sauny. Za pomoci plynu či elektřiny je voda přivedena k varu. Vzniklá pára je poté odváděna do prostoru prohřívárny (BUILD, 2021).

### **Infrapanely**

Jde o sálavý způsob ohřevu, který ohřívá přímo lidské tělo. Výhodou tohoto zdroje je velmi dobrá účinnost, téměř bezstarostná údržba. A však je nutné dbát na správné výkony a umístění panelů (BUILD, 2018).

## **2.4.2.2 Sauny dle umístění**

### **Sauny v exteriéru**

Jde o samostatně stojící objekty. Mohou být jednoprostorové nebo i víceprostorové. V případě jednoprostorových staveb jde často o stavby určené pro rodiny nebo úzký okruh lidí. Tyto sauny se používají v mobilní verzi a nejčastěji využívají okolí jako odpočívárnu a ochlazovnu (Mikolášek, 1996).

Víceprostorové sauny jsou koncipovány jako samostatné stavby, které v sobě zahrnují všechny potřebné prostory podle účelu. Zde se bavíme o saunových centrech nebo jsou součástí wellness center (Mikolášek, 1996).

### **Sauny v interiéru**

Jde o prostory umístěné v interiéru stavby. Zde bývají umístovány do sklepů, na půdu, do koupelen. U interiérových saun se počítá s tím, že ochlazovnu a odpočívárnu zastane zařízení bytu.

Převážně se jedná o samostatné kabiny. Pokud se začnou přidávat další prostory sauny, dostáváme se přes malé rodinné sauny s prohřívárnou a více účelovou místností k saunám pro školy, hotely nebo sauny, které jsou součástí bazénových komplexů (Mikolášek, 1999).

#### **2.4.3 Druhy saun**

V této podkapitole budou popsány nejčastější druhy saun s jejich charakteristikou prostředí, případně zdrojem tepla. Jednotné označení není přesně specifikováno, a tak je možné dle různých výkladů dohledat pod stejným označením prostor s odlišným vnitřním prostředím.

##### **Finská sauna**

Jde o tradiční léta používány druh sauny. Jedná se o dřevěnou místnost, ve které jsou kamna s kameny, které se pro uvolnění tepla polévají. Vlhkost v sauně dosahuje 5 - 20 % a teplota se pohybuje v rozmezí 80-90 °C (Spektrum zdraví, 2015).

##### **Švédská sauna**

Alternativně je nazývána jako suchá sauna. Obdobně jako u finské sauny je kabina obložena dřevem. Vlhkost vzduchu je v tomto druhu saun minimální, ale naopak teplota maximální, jelikož se pohybuje kolem 10 až 110 °C (Spektrum zdraví, 2017).

##### **Parní sauna**

Zde spíše mluvíme o parní lázni. Často je také označována jako ruská banja. Na rozdíl od klasické sauny je interiér parní lázně obložen akrylem či keramickými obklady. Nutností u tohoto druhu saun je i nutnost podlahového odtoku. V parní lázni je poměrně nízká teplota 40-50 °C, avšak vlhkost dosahuje až 100 %. Tlak páry se pohybuje v rozmezí 0,005 a 0,01 MPa (Kriš, 1999).



### **Infrasauna**

Je specifickým druhem sauny. Místo kamen jsou zde používány zářiče, které vysílají infračervené záření, jež proniká do hloubky 2-3 cm, pod kůži. Teplota v infrasauně bývá do 60 °C a vlhkost se pohybuje mezi 30-50 %. Jde o oblíbený druh saun do domácností, protože jejich instalace a údržba je jednoduchá a ekonomická, díky krátké přípravě a rychlému prohřátí. Kabina infrasaun bývá dřevěná (Bydlení pro každého, 2019).

### **Bio sauna**

Jde o saunu, která kombinuje finskou a parní saunu. Ve většině případů bývá prohřívárna obložena dřevem. Vlhkost v biosauně dosahuje 30-60 % a teplota 40-60 °C. Je možné také přidání esencí pro větší účinek relaxace (Spektrum zdraví, 2017).

### **Laconium**

Jde o nízkoteplotní saunu. Teplota v laconiu se pohybuje v rozmezí 45-60 °C. Vlhkost by měla být 20%, zřídka kdy se však lze setkat i s 50%. Na rozdíl od klasické sauny bývá kabina laconia obložena keramickou mozaikou. Dalším atypickým znakem je, že topí celé stěny namísto jednoho zdroje a často jsou vyhřívány i lavice (Spektrum zdraví, 2016).

### **Solná sauna**

U solné sauny jsou stěny obloženy solnými cihlami nebo kameny. Tato sauna je velmi vhodná pro astmatiky či osoby, které podstupují léčbu kožních problémů. Teplota v sauně se pohybuje v rozmezí 40-70 °C a vzdušná vlhkost je 30-60 % (Spektrum zdraví, 2017).

### **Tropická sauna**

Klíma v této sauně se snaží napodobit tropické prostředí. Je velmi podobná parní sauně. Teplota vzduchu se pohybuje mezi 60-70 °C a vlhkost dosahuje téměř 100 % (Kriš, 1999).

### **Teplovzdušná lázeň**

Klíma tvoří horký a velmi suchý vzduch. Ten je vháněn do lázně, většinou u podlahy. Skládá se z několika z několika částí, teplovzdušné s teplotou 45-50 °C, horkovzdušné s teplotou 50-60 °C a také s potní komorou o teplotě 70 °C. Často jsou tyto tři části sloučeny do jedné komory, v níž se požadovaných teplot dosahuje stupňovitým uspořádáním (Kriš, 1999).

### **Speciální lázně**

Sem řadíme například písečné či parafínové lázně. Jde však o velmi specifický druh, který se využívá jen v rehabilitačních centrech (Kriš, 1999).

## 2.5 Teoretický základ pro praktické výpočty ve stavební fyzice

Pro potřeby výpočtů v programech z hlediska šíření tepla a vlhkosti půjde o programy Teplo a Area. Dále je potřeba chápat základní vlastnosti materiálů a také, co ovlivňují. Tyto znalosti jsou důležité i pro navržení kvalitních konstrukcí. V této kapitole proto budou rozebrány základní fyzikální vlastnosti, které je nutné u konstrukcí a materiálů sledovat.

### Typy hodnoty uváděné u jednotlivých vlastností materiálů

Předně je třeba rozebrat si několik pojmů, které jsou s níže uvedenými vlastnostmi spjaté a pro praktické využití je potřeba je rozlišovat. U materiálů rozlišuje hodnotu deklarovanou výrobcem, dále hodnotu normovou, také charakteristickou, která je změřena v laboratořích a hodnotu návrhovou, někdy označovanou jako výpočtovou. Tato hodnota se používá do výpočtů a zpravidla jde o nejhorší hodnotu daného materiálu, která započítává vliv prostředí a zabudování materiálu do konstrukce. Jde proto o bezpečnější hodnotu a ve většině případů bude mít materiál danou vlastnost lepší. (ČSN 730540-3, 2005).

### 2.5.1 Fyzikální vlastnosti materiálů – teplotní

#### Součinitel tepelné vodivosti – $\lambda$ [W/ m K]

Jde o schopnost homogenního materiálu vést teplo. Vyjadřuje kolik wattů, projde materiálem o ploše 1 m<sup>2</sup> s tloušťkou 1 m při rozdílu teplot na povrchích 1 Kelvin. Obecně lze tedy říct, že čím nižší hodnotu součinitele tepelné vodivosti materiál má, tím lépe izoluje (Čuprová, 2006).

Velikost hodnoty závisí na:

- objemové hmotnosti – s objemovou hmotností klesá i tepelná vodivost,
- vlhkosti – s vyšší vlhkostí vodivost materiálu roste,
- teplotě,
- směru toku u anizotropních látek (Čuprová, 2006).

#### Měrná tepelná kapacita $c$ [J/kgK]

Vyjadřuje množství tepla v J, které je potřeba k ohřátí 1 kg látky o 1 K (°C) (Cammerer, 2013).

### **Objemová hmotnost $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>]**

Je to hmotnost materiálu  $m$  v kg v určitém stavu, jako je vlhkost či stlačení v objemu  $V$  v m<sup>3</sup>. Vyjadřuje tíhu materiálu v určitém objemu. Vypočte se ze vztahu  $\rho = m/V$  (ČSN 73 0540-1, 2005).

### **2.5.2 Fyzikální vlastnosti materiálů – vlhkostní**

#### **Ekvivalentní difuzní tloušťka $S_d$ [m]**

Říká, jak široká vzduchová mezera by kladla stejný odpor vodním páram jako daný materiál o dané tloušťce. Z definice vyplývá, že tentýž materiál o jiné tloušťce bude mít jinou ekvivalentní difuzní tloušťku. Používá se pro porovnání nátěrů či folií.

Hodnotu pro danou vrstvu lze vypočítat vztahem:

$$S_d = \mu \cdot d.$$

*Vzorec 1: Výpočet ekvivalentní difuzní tloušťky*

Kde:

$\mu$  – je faktor difuzního odporu daného materiálu

$d$  – je tloušťka vrstvy daného materiálu (Kulhánek, 2006).

#### **Faktor difuzního odporu $\mu$ [-]**

Je bezrozměrná veličina, která říká, kolikrát více propouští vrstva vzduchu vodní páry než daný materiál. Čím je hodnota vyšší, tím hůře vodní pára materiálem prochází (Růžička, 2014).

#### **Relativní vlhkost vzduchu $\phi$ [%]**

Vyjadřuje poměr hmotnosti vodní páry obsažené ve vzduchu, k hmotnosti vodní páry absolutně nasyceného vzduchu (Chybík, 2009).

### **2.5.3 Fyzikální vlastnosti konstrukcí**

#### **Tepelný odpor $R$ [m<sup>2</sup>K/W]**

Jde o veličinu, která znázorňuje, jaký odpor klade souvrství materiálů prostupu tepla (Tywoniak, 2014).

Základní vzorec pro jednotlivý materiál je stanoven jako:

$$R=d/\lambda$$

*Vzorec 2: Výpočet tepelného odporu jedné vrstvy*

Kde:

d – tloušťka materiálu v metrech

$\lambda$  – součinitel tepelné vodivosti (Tywoniak, 2014).

V případě, že se konstrukce skládá z vícero materiálů, je výsledný odpor R součtem odporů jednotlivých vrstev. Dále je nutné při výpočtu tepelného odporu konstrukce započítat odpory na přestupu mezi konstrukcí a okolním prostředím. Na interiéru jde o odpor přestupu ze vzduchu do konstrukce. Je označován jako  $R_i$  jeho hodnota je stanovena normou a je závislá na směru toku tepla. Na exteriérové straně jde o odpor přestupu z konstrukce do vnějšího prostředí (nejčastěji vzduch, případně zemina). Je označován jako  $R_e$  a je stanoven normou na hodnotu  $0,04 \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$ .

Výsledný odpor pro celou konstrukci je poté výsledkem součtu všech odporů v konstrukci (Tywoniak, 2014).

$$R=R_i+R_1+R_2\dots+R_e$$

*Vzorec 3: Výpočet tepelného odporu konstrukce*

Kde:

$R_i$  – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

$R_e$  – tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

$R_{1,2}$  – tepelný odpor jednotlivých vrstev (Tywoniak, 2014).

### **Součinitel prostupu tepla U [W/(m<sup>2</sup>K)]**

Vyjadřuje kolik tepla projde konstrukcí s plochou  $1 \text{ m}^2$  při rozdílu teplot  $1 \text{ K}$ . Jde o častěji uváděnou hodnotu, k jednotlivým konstrukcím a nejčastěji porovnávaný parametr s ohledem na tepelnou izolaci staveb. Vypočte se jako převrácená hodnota odporu (Diamant, 2015).

$$U=1/R$$

*Vzorec 4: Výpočet součinitele prostupu tepla*

Kde:

R – značí celkový odpor konstrukce (Diamant, 2015).

### **Tepelný most**

Je místo v konstrukci, kde je oslabená její izolační schopnost. Tepelná izolace je nahrazena jiným materiálem nebo místo, kdy skrze konstrukci probíhá nějaký nosník. Rozlišujeme mosty bodové, což je například prostup instalace a mosty liniové, to je například osazení na základ (Hudec, 2008).

Tepelné mosty snižují izolační schopnosti obálky, ale také v nich je větší riziko vzniku kondenzace v důsledku nižší teploty. Proto se mosty snažíme omezovat, ačkoliv úplně je vyloučit nelze (Růžička, 2014).

### **Rosný bod**

Je teplota, při které dojde ke 100% nasycení vzduchu vodní parou. Teplota rosného bodu závisí na absolutní vlhkosti vzduchu. Pokud vzduch obsahuje velké množství vodní páry, pak k dosažení 100% relativní vlhkosti vzduchu dojde za vyšší teploty, než pokud bude absolutní vlhkost nízká.

V praxi se snažíme dostat rosný bod mimo konstrukci nebo je snaha o zabránění pronikání vlhkosti do konstrukce (Růžička, 2014).

### **Povrchová teplota $T_{ip}$ [°]**

Je teplota, povrchu konstrukce. Tato teplota ovlivňuje vnitřní pohodu osob, ale kromě toho také ovlivňuje možné závady na konstrukci, jako je vznik plísní či rosení (Augusta, 1991).

$$T_{ip} = T_i - ((T_i - T_e) / R) R_i$$

*Vzorec 5: Výpočet povrchové teploty*

Kde:

$T_i$  – teplota vzduchu v interiéru

$T_e$  – teplota vzduchu v exteriéru

R – celkový tepelný odpor konstrukce

$R_i$  – tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce (Augusta, 1991).

### **Teplotní faktor vnitřního povrchu $f_{Rsi}$ [-]**

Všechny konstrukce a jejich styky musí v zimním období splňovat za normových podmínek, aby vždy faktor vnitřního povrchu byl vyšší nebo nejhůře roven hodnotě, která je stanovena normou. Tedy  $f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N}$ , přičemž  $f_{Rsi,N} = f_{Rsi,cr}$ . (ČSN 73 0540-2, 2011).

Kde:

$f_{Rsi,N}$  – požadovaná nejnižší hodnota teplotního faktoru

$f_{Rsi,cr}$  – kritický teplotní faktor vnitřního povrchu (ČSN 73 0540-2, 2011).

Faktor  $F_{Rsi}$  se vypočte dle vztahu:

$$f_{Rsi} = 1 - U_x \cdot R_{si}$$

*Vzorec 6: Výpočet kritického teplotního faktoru*

Kde:

$U_x$  – lokální součinitel prostupu tepla konstrukce v místě  $x$

$R_i$  – tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce (ČSN 73 0540-2, 2011).

### **Lineární $\psi$ [W/mK] a bodový činitel prostupu tepla $\chi$ [W/K]**

Vyjadřují navýšení teplotního toku v místě vazby, která může být bodová nebo lineární. Vyjadřují množství tepla ve W, které projde místem při rozdílu teplot 1 K. Maximální hodnota těchto činitelů je dána normou. Při návrhu je snaha dosáhnout nulových hodnot (Skotnicová, 2011).

Vzorec pro lineární činitel:  $\psi = L^{2D}_j - U \cdot l_j$  [W/mK]

*Vzorec 7: Výpočet lineárního činitele prostupu tepla*

Kde:

$L^{2D}_j$  – lineární propustnost detailu [W/mK]

$U$  – součinitel prostupu tepla [W/m<sup>2</sup>K]

$l_j$  – délka geometrie detailu z vnější strany [m]

Vzorec pro výpočet bodového činitele:

$$\chi = L^{3D}_j \cdot U \cdot A_j \text{ [W/K]}$$

Vzorec 8: Výpočet bodového činitele prostupu tepla

Kde:

$L^{3D}_j$  – prostorová tepelná propustnost [W/K]

U – součinitel prostupu tepla [W/m<sup>2</sup>K]

$A_j$  – plocha geometrického modelu [m<sup>2</sup>] (Skotnicová, 2011).

Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla [W/(m·K)]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy
	$\Psi_N$	$\Psi_{rec}$	$\Psi_{pas}$
Vnější stěna navazující na další konstrukci s výjimkou výplně otvoru, např. na základ, strop nad nevytápěným prostorem, jinou vnější stěnu, střechu, lodžii či balkon, markýzu či arkýř, vnitřní stěnu a strop (při vnitřní izolaci), aj.	0,20	0,10	0,05
Vnější stěna navazující na výplň otvoru, např. na okno, dveře, vrata a část prosklené stěny v parapetu, bočním ostění a v nadpraží	0,10	0,03	0,01
Střecha navazující na výplň otvoru, např. střešní okno, světlík, poklop výlezu	0,30	0,10	0,02
Typ bodové tepelné vazby	Bodový činitel prostupu tepla [W/K]		
	$\chi_N$	$\chi_{rec}$	$\chi_{pas}$
Průnik tyčové konstrukce (sloupy, nosníky, konzoly, apod.) vnější stěnou, podhledem nebo střechou	0,4	0,1	0,02

Obrázek 4: Normové hodnoty činitelů prostupu tepla (ČSN 73 0540-2, 2011)

### Vlhkostní bilance

Množství zkondenzované vodní páry  $M_{c,a}$  [kg /m<sup>2</sup>a] musí být rovna nule, jestliže by tato vlhkost mohla ohrozit funkci konstrukce. V případě, že je možné kondenzaci v konstrukci připustit, musí vždy platit, že v rámci roční bilance musí být schopna se veškerá kondenzace odpařit (ČSN 73 0540-2, 2011).

U konstrukcí jednoplášťových střech, konstrukcí se zabudovaným dřevem nebo konstrukcí, kde je vnější povrch difuzně nepropustný, by roční kondenzace neměla přesáhnout 0,1 kg/m<sup>2</sup>. Případně 3 % objemové hmotnosti materiálu, v němž dochází ke kondenzaci. Pokud má tato vrstva objemovou hmotnost vyšší než 100 kg/m<sup>3</sup> je možné připustit kondenzaci 6 % z objemové hmotnosti. Pro všechny ostatní konstrukce jde



o hodnotu  $0,5\text{kg/m}^2$ . Případně 5 % objemové hmotnosti vrstvy, ve které dochází ke kondenzaci. Pokud má vrstva vyšší objemovou hmotnost je možno připustit 10 % z objemové hmotnosti daného materiálu. Vždy je potřeba posuzovat konstrukci s nižší hodnotou z variantních. Pro konstrukci podlahy přilehlé k zemině se tyto hodnoty neuplatní (ČSN 73 0540-2, 2011).

## **2.6 Legislativní požadavky**

Pro kvalitní návrh jakékoliv stavby je potřeba znalosti právních předpisů, které se na daný druh stavby vztahují. Proto se tato kapitola bude věnovat legislativním požadavkům na tento druh staveb. Nikoliv však všem požadavkům, jelikož pro tento druh stavby je třeba znalost z vícero oborů, které není možné obsáhnout. Budou zde proto vypsány pouze požadavky, které se týkají mé části práce, zejména pak požadavky na prostorové uspořádání a stavební fyziku.

### **2.6.1 Požadavky na tepelnou ochranu a vlhkost v konstrukcích**

Tyto požadavky jsou stanoveny normou ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

Tato norma stanovuje v níže přiložené tabulce součinitele prostupu konstrukcí pro teploty v interiéru od 18 do 22°C. Tyto hodnoty ve sloupci  $U_{n,20}$  jsou nejhorší parametry, které může daná konstrukce mít. Tabulka dokáže postihnout valnou většinu prostor (ČSN 73 0540-2, 2011).

**Tabulka 3 – Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou  $\theta_{in}$  v intervalu 18 °C až 22 °C včetně**

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> ·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Stěna vnější	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,30	0,20	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné izolace)	0,30 <sup>1)</sup>	těžká: 0,25	0,18 až 0,12
		lehká: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině <sup>4), 6)</sup>	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,50	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině <sup>6)</sup>	0,85	0,60	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami <sup>3)</sup>	1,05	0,70	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,70	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,30	0,90	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,80	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,5 <sup>2)</sup>	1,2	0,8 až 0,6
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,4 <sup>7)</sup>	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí (včetně rámu)	1,7	1,2	0,9
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4

*Obrázek 5: Normové požadavky pro součinitel tepla (ČSN 73 0540-2, 2011)*

Pokud jsou teploty v interiéru v jiné než ve výše uvedeném rozptylu, je nutno provést přepočítání dle vztahu ČSN 73 0540-2, 2011).

$$U_{em,N} = U_{em,N,20} * e_1$$

*Vzorec 9: Přepočítání součinitele prostupu tepla pro nestandardní parametry*

Kde:

$U_{em,N,20}$  – průměrný součinitel prostupu tepla z tabulky z normy

$e_1$  – součinitel typu budovy podle normy (ČSN 73 0540-2, 2011).

Dále tato norma uvádí, že teplota konstrukcí nesmí klesnout pod hodnotu kritickou. Při dosažení této teploty a nižší by mohlo dojít ke kondenzaci, což by mohlo vést ke vzniku plísní. (ČSN 73 0540-2, 2011).

V kapitole 6 se tato norma zaobírá kondenzací ve stavebních konstrukcích. Všeobecně platí, že pokud by kondenzace ohrozila funkci konstrukce, musí být kondenzace vyloučena. V případě že je možné kondenzaci v konstrukci připustit musí vždy platit, že v rámci roční bilance musí být schopna se veškerá kondenzace odpařit. Množství maximální kondenzace je stanoveno s ohledem na druh a objemovou hmotnost materiálu. Tyto požadavky není nutné plnit u konstrukcí podlah, které jsou přilehlé k zemině (ČSN 73 0540-2, 2011).

### **2.6.2 Hygienické požadavky na sauny**

Jsou stanoveny Vyhláškou č. 238/2011 Sb., - Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Tato vyhláška uvádí v § 30 že:

- Počet míst v šatně musí být minimálně dvakrát větší, než je počet v prohřívárně.
- Podlaha a stěny šaten musí být hladké, snadno čistitelné, protiskluzové a vyspádované k odvodnění.
- Mezistěny musí být ukončeny alespoň 15 cm nad podlahou.
- Kouty a rohy stěn musí být zaoblené stejně jako napojení podlahy a stěny (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 31 že:

- Pro čtyři místa v prohřívárně musí být alespoň 1 sprcha.
- U zařízení do 6 návštěvníků může být sprcha a WC společná pro muže a ženy.
- Stěny v prostoru sprch musí mít snadno omyvatelný povrch do výšky alespoň 2 m a nad touto výškou musí být protiplísňová úprava omítky.
- Podlahy v prostorech ke sprchování a v prostorech WC musí být snadno omyvatelná a dezinfikovatelná. Dále musí být protiskluzná a vyspádovaná do odtoků.

- Mezi stěnou a podlahou musí být zaoblené rohy a kouty (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 32 že:

- Musí být zřízena úklidová místnost která bude větraná, vybavená výlevkou s teplou a studenou vodou. Stěny místnosti musí být opatřeny snadno omyvatelnou úpravou do výšky 180 cm (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 34 že:

- Na jednu osobu musí být v prohřívárně alespoň 2 m<sup>3</sup> vzduchu.
- Prohřívárna musí mít dobrou tepelnou izolaci a musí být opatřena parotěsnou zábranou.
- Materiály uvnitř prohřívárny nesmějí vlivem tepla měnit své vlastnosti.
- Stěny a strop je nutné obložit dobře izolujícím materiálem, který dobře absorbuje vlhkost. Nejlépe tedy kvalitním suchým opracovaným dřevem bez smolníků a prosmolů.
- Dřevo uvnitř prohřívárny nesmí být opatřeno impregnací, napouštěno či lakováno.
- Dveře musí být prosklené nebo obsahovat okénko.
- Na dveřích musí být umístěno z obou stran dřevěné madlo.
- Dveře nesmějí mít sklapky a musí se otevírat směrem ven.
- V prohřívárně, musí být alespoň jeden stupeň pryčny o šířce nejméně 50 cm.
- Minimální vzdálenost pryčny od stropu musí být 120 cm.
- Na jednu osobu se počítá s 1 metrem délky pryčny.
- Pryčny musí být z latí, tak aby nemohlo dojít ke kontaktu kovových spojovacích prostředků s kůží.
- Pryčny musí být demontovatelné.
- Prohřívárna nesmí obsahovat kovové předměty, kterých by se mohl saunující dotknout.
- Podlaha prohřívárny musí být dobře omyvatelná, protiskluzová a vyspádovaná do podlahové vpusti, umístěné buď v prohřívárně nebo těsně před ní.
- Nesmí dojít k náhodnému dotyku saunujícího o topidlo.
- Topidlo nesmí nadměrně sálat.

- U spalovacích topidel se do prostoru sauny umisťuje výměník nebo je topidlo obsluhováno pouze zvenku.
- Kouřovod vždy musí být mimo prohřívárnu.
- Prohřívárna musí být dobře větratelná s možností regulace (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 35 že:

- Musí být v blízkosti prohřívárny zřízena ochlazovna vnitřní, vnější nebo obě.
- Vnitřní ochlazovnu tvoří: sprchy, bazény případně jiná zařízení.
- Vnější ochlazovna je prostor, kde je možné ochladit tělo vzduchem nebo vodou (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 36 že:

- Velikost odpočívárny musí být alespoň 2 m<sup>2</sup> na osobu.
- V odpočívárně musí být lehátka nebo křesla, jejichž povrch je snadno omyvatelný.
- Počet lehátek musí být stejný, jako je počet míst v prohřívárně.
- Podlaha musí být snadno omyvatelná (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 37 že:

- Čisté a špinavé prádlo musí být skladováno odděleně.
- Není-li prádlo denně expedováno do prádelny, musí se sušit v prostorech k tomu určených nebo po provozní době v prostoru saun mimo prohřívárny (Vyhláška č. 238/2011 Sb.).

Místo	Výška od podlahy (m)	Min. teplota vzduchu (°C)	Max. teplota vzduchu (°C)	Max. rel. vlhkost vzduchu (%)	Výměna vzduchu	Min. intenzita osvětlení (lx)	Nouzové osvětlení
Chodba	1,6	18	-	50	dvakrát za hodinu	100	+
Šatna	1,6	22	-	50	dvakrát za hodinu	200	+
Prohřívárna <sup>*)</sup>			-	-	-	50	+
	1,5	-	80	15	-		
	2,0	-	110	-	-		
Vnitřní ochlazovna	-	-	-	70	dvakrát za hodinu	75	+
Vnější ochlazovna	-	-	-	-	-	75	-
Odpočívárna	1,6	23	-	50	dvakrát za hodinu	75	+
Záchod	1,6	20	-	-	50 m <sup>3</sup> na 1 klosetovou mísu	100	-

Obrázek 6: Mikroklimatické podmínky pro prostory saun (Vyhláška č. 238/2011 Sb.)

### 2.6.3 Stavebně technické požadavky na stavby

Tyto požadavky jsou stanoveny vyhláškou č. 268/2009 Sb., Vyhláška o technických požadavcích na stavby.

Tato vyhláška uvádí v § 6 že:

- Stavba musí být napojena na zdroj vody pro veřejnou potřebu a pro hašení.
- Stavba musí být napojena na kanalizaci, či jiným vhodným způsobem, např. čištěním likvidovat splaškové vody.
- Dešťové vody musí být primárně likvidovány vsakem na pozemku (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 9 že:

- Stavba musí být navržena a provedena dle platné legislativy, při výpočtech zatížení, pevnostech materiálů apod., aby při běžných podmínkách nemohlo dojít ke zřícení či nadměrným tvarovým změnám (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 10 že:

- Návrh stavby musí zajistit pro osoby a zvířata vhodné klima během užívání.
- Stavba nesmí ohrožovat sousední budovy nebo životní prostředí nebezpečnými emisemi.
- Na povrchu nebo v konstrukcích nesmí být nadměrná vlhkost.
- Musí být vhodně tepelně a akusticky izolovaná (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 16 že:

- Stavba musí být navržena a provedena tak aby její celková spotřeba byla co nejmenší. Zejména pak energie na vytápění, chlazení, klimatizaci a osvětlení.
- Stavba musí být navržena tak, aby po celou dobu své životnosti zajišťovala požadavky na tepelnou pohodu, tepelně technické vlastnosti a tepelně vlhkostní podmínky (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 19 že:

- Vnější a vnitřní stěny které oddělují dvě rozdílná prostředí a konstrukce jež navazují na podlahu, musí splnit parametry pro nejnižší povrchovou teplotu, součinitel prostupu tepla včetně mostů, kondenzaci vodních par, roční bilanci a tepelnou stabilitu (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 20 že:

- Vnitřní, vnější stropy a podlahy musí splnit podmínky na prostup tepla, vodní páry, vzduchotěsnosti a akustiky (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 21 že:

- Podlahy musí splnit podmínky na prostup tepla, vodní páry, vzduchotěsnost a vzduchové a kročejové neprůzvučnosti.
- Povrchy podlah musí být protiskluzové dle normových požadavků (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 25 že:

- Střešní konstrukce musí zachytit a odvádět dešťové vody, sníh a led bez ohrožení okolí.
- Střecha musí být navržena na normové hodnoty zatížení.
- Musí být zajištěn bezpečný přístup na střechu a bezpečnost ohybu na ní.
- Střešní konstrukce musí splnit tepelně technické tepelně vlhkostní a akustické požadavky (Vyhláška č. 268/2009 Sb.).



#### **2.6.4 Požadavky na bezbariérové užívání**

Tyto požadavky jsou stanoveny Vyhláškou č. 398/2009 Sb., - Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb.

Tato vyhláška uvádí v § 5 že:

- Přístup do tohoto druhu staveb musí být bez vyrovnávacích stupňů. Pokud tomu brání technické důvody může být řešen pomocí vyrovnávacích ramp (Vyhláška č. 398/2009 Sb.).

Tato vyhláška uvádí v § 7 že:

- U staveb, kde jsou WC využívána veřejností, musí být alespoň jedna kabina pro muže a jedna pro ženy uzpůsobena k bezbariérovému užívání.
- Pokud jsou v objektu pouze 2 kabiny může být tato kabina společná.
- Pokud je ve stavbě sprcha nebo vana pro užívání veřejností musí být alespoň jedna sprcha či vana v části pro muže a pro ženy řešena pro bezbariérové užívání (Vyhláška č. 398/2009 Sb.).

#### **2.6.5 Hygienické požadavky pro šatny umývárny a sprchy**

Tyto požadavky jsou stanoveny normou ČSN 73 4108, hygienická zařízení a šatny.

Tato norma uvádí v kapitole 4.1 že:

- Šatna musí být samostatná místnost oddělená pro muže a ženy.
- Počet míst v šatně musí odpovídat počtu zaměstnanců s 10% rezervou.
- Šatna musí být oddělena od umýváren a musí obsahovat lavice a uzamykatelnou skříň (ČSN 73 4108, 2020).

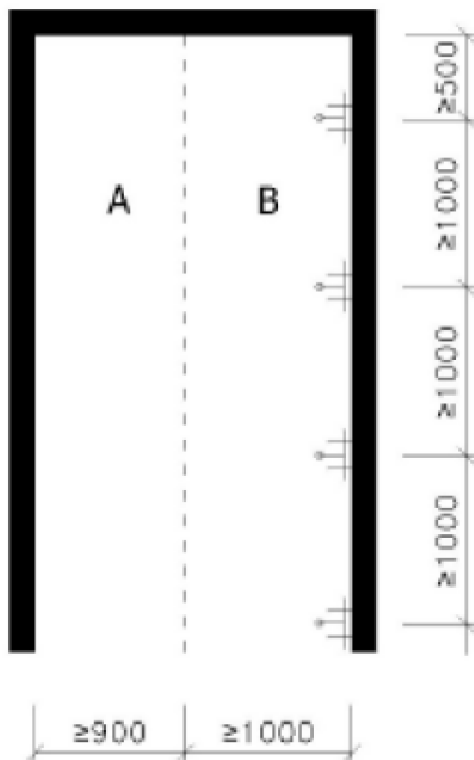
Tato norma uvádí v kapitole 4.4 že:

- Na jednu osobu musí připadat nejméně 0,5 m<sup>2</sup> šatny.
- Skříňka pro jednu osobu musí mít min. šířku 300 mm a hloubku 500 mm.
- Lavička musí mít šířku alespoň 400 mm.
- 5 % skříňek, musí umožňovat bezbariérové užívání.



Tato norma uvádí v kapitole 5.3 že:

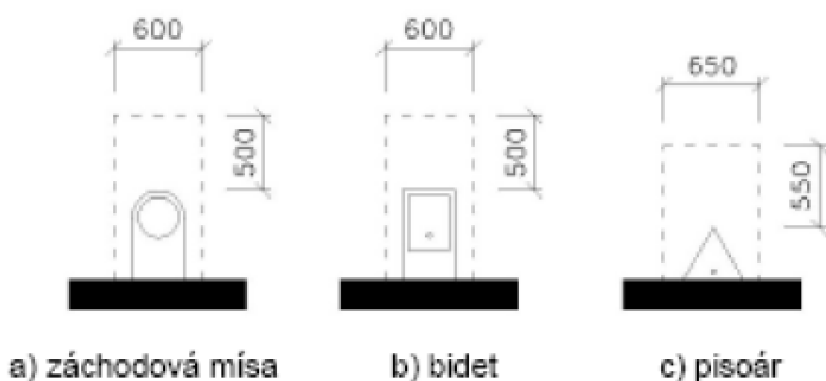
- Bezbariérová sprcha musí mít min. rozměr 900x900 mm a vedle ní musí být minimální prostor 900x1200 mm.
- Sprchové boxy musí mít rozměr minimálně 900x900 mm.
- V hromadných sprchách musí mít jedno místo minimální rozměr 1000x1000mm (ČSN 73 4108, 2020).



Obrázek 9: Uspořádání hromadných sprch (ČSN 73 4108, 2020)

Tato norma uvádí v kapitole 6.1 že:

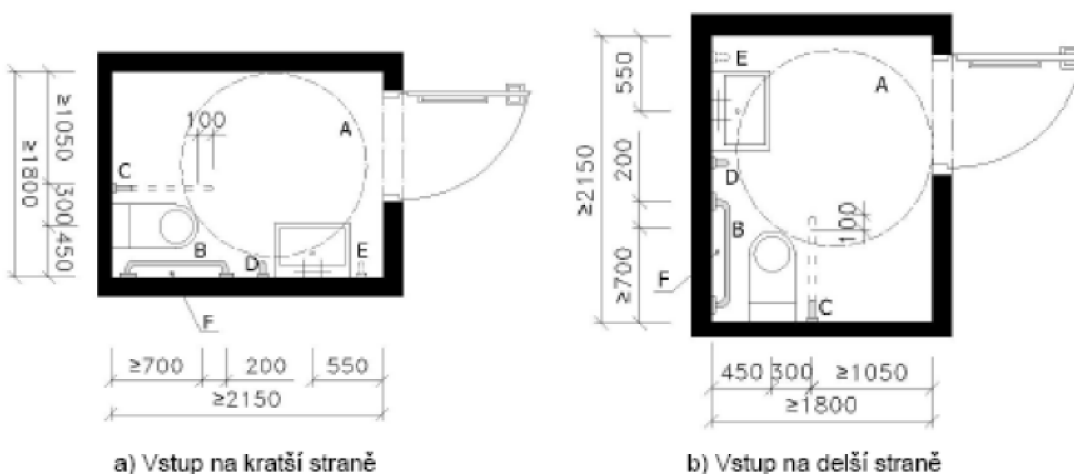
- Záchody pro muže a ženy musí být samostatně.
- Vzdálenost WC od pracoviště nesmí být víc jak 120 m.
- U zařizovacích předmětů musí být zachován minimální manipulační prostor (ČSN 73 4108, 2020).



Obrázek 10: Manipulační plocha u záchodů a pisoárů (ČSN 73 4108, 2020)

Tato norma uvádí v kapitole 6.2 že:

- Záchodová kabina musí mít minimální šířku 900 mm, s dveřmi 700 mm.
- Vzdálenost okraje WC od dveří otvíravých ven je 500 mm a od dveří otvíravých dovnitř 300 mm.
- Bezbariérová kabina musí mít rozměry minimálně 1800x2150 mm s dveře musí mít šířku minimálně 80 mm.
- Mezi otevřeným dveřním křídlem u kabin s otvíráním ven a překážkou musí zůstat průchozí prostor min 900 mm (ČSN 73 4108, 2020).



Obrázek 11: Uspořádání kabiny pro invalidy (ČSN 73 4108, 2020)

Tato norma uvádí v kapitole 6.3 že:

- Pisoáry se umísťují do samostatných místností nebo k záchodovým kabinám.
- Pisoár musí být od stěny na osu vzdálen 450 mm.

- Před pisoárem musí zůstat volný manipulační prostor 550 mm, až pak lze následovat komunikační prostor (ČSN 73 4108, 2020).

Tato norma uvádí v kapitole 8 že:

- Záchodová předsíň se zřizuje v prostoru před záchodem a musí být vybavena umyvadlem.
- Předsíň musí být šíře minimálně 900 mm a za manipulační plochou umyvadla 550 mm musí být komunikační prostor 900 mm (ČSN 73 4108, 2020).

Tato norma uvádí v příloze A, že v budovách pro výkon práce musí být následující počty zařizovacích předmětů pro nejvytíženější čas:

- 1 záchodová kabina na 10 žen,
- 2 záchodové kabiny na 11-30 žen,
- 1 záchodová kabina na 10 mužů,
- 2 záchodové kabiny na 11-30 mužů,
- ke každé kabině musí být zřízen jeden pisoár (ČSN 73 4108, 2020).

### **3 Metodika**

- Literární rešerše
- Návrh základního tvarového, dispozičního, konstrukčního a materiálového provedení vč. Optimalizace konstrukčních skladeb obvodového pláště
- Souhrnná technická zpráva
- Situační výkresy objektu
- Projektová dokumentace dílčího technického řešení pro realizaci stavby – Architektonicko-stavební řešení
- Posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky
- Statické posouzení střešní vazničky
- Statické posouzení spoje vazničky a vazníku
- Statické posouzení kotvení obkladové desky
- Výrobní výkres obvodové stěny
- Závěr

## 4 Výsledky

Tato část práce je převážně obsažena v dokladové části, která je součástí přílohy této práce. Všeobecně ale můžeme říci, že jsou splněny všechny požadavky k výstavbě tohoto projektu.

Níže je uvedeno pouze souhrnné vyhodnocení skladeb obvodových konstrukcí a posuzovaných detailů. Podrobný výpočet s výsledky je v příloze této práce.

### 4.1 Vyhodnocení skladeb

Ve fázi studie byly sestaveny a posouzeny skladby s preferovanými materiály o zamýšlené tloušťce. Tento výstup byl podkladem pro optimalizaci skladeb. Optimalizace byla prováděna v programu Teplo, s ohledem na hodnocené parametry zejména součinitel prostupu tepla, bilanci vlhkosti a teplotní faktor. Výsledkem jsou protokoly v příloze této práce, kde jsou uvedeny zadávané parametry a podrobné výsledky. Níže je uvedeno porovnání hodnot navrhovaných skladeb normovými požadavky.

#### 4.1.1 Obvodová stěna

Tabulka 1: Požadavek na součinitel prostupu tepla – obvodová stěna

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla ( $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ )			
	Vypočtená hodnota $U_T$	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Obvodová stěna	0,13	0,24	0,20	0,18 – 0,12
		splněno	splněno	splněno

Tabulka 2: Požadavek na teplotní faktor – obvodová stěna

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)		
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m}$	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Obvodová stěna	0,968	0,918	splněno

Tabulka 3: Požadavek na šíření vlhkosti – obvodová stěna

Požadavky	Požadavek splněn / nesplněn
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	Splněno
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	splněno
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než $0,1 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{rok}$ nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)	splněno

#### 4.1.2 Strop

Tabulka 4: Požadavek na součinitel prostupu tepla – strop

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ )			
	Vypočtená hodnota $U_T$	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Strop	0,12	0,24	0,2	0,15 – 0,10
		splněno	splněno	splněno



Tabulka 5: Požadavek na teplotní faktor – strop

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)		
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m}$	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Strop	0,971	0,918	splněno

Tabulka 6: Požadavek na šíření vlhkosti – strop

Požadavky	Požadavek splněn / nesplněn
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	splněno
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	splněno
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m <sup>2</sup> .rok nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)	splněno

#### 4.1.3 Podlaha

Tabulka 7: Požadavek na součinitel prostupu tepla – podlaha

Typ konstrukce	Součinitel prostupu tepla (W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> )			
	Vypočtená hodnota $U_T$	Požadovaná hodnota $U_{N,20}$	Doporučená hodnota $U_{rec,20}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $U_{pas,20}$
Podlaha	0,16	0,36	0,30	0,22 – 0,15
		splněno	splněno	splněno

Tabulka 8: Požadavek na teplotní faktor – podlaha

Typ konstrukce	Teplotní faktor (-)	
	Vypočtená průměrná hodnota $f_{Rsi, m}$	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%
podlaha	0,960	0,828
		splněno

Tabulka 9: Požadavek na šíření vlhkosti – podlaha

Požadavky	Požadavek splněn / nesplněn
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	nehodnoceno
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	nehodnoceno
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,1 kg/m <sup>2</sup> .rok nebo 3-6 % plošné hmotnosti materiálů (nižší z hodnot)	nehodnoceno

## 4.2 Vyhodnocení detailů

Vyhodnocení detailů bylo provedeno v programu Area. Níže je uvedeno porovnání normových požadavků pro daný detail a vypočtených hodnot. Podrobné výstupy jsou v příloze 1 této práce.

### 4.2.1 Sokl

Tabulka 10: Požadavek na teplotní faktor – sokl

Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
		Vypočtená hodnota $f_{Rsi}$	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Neprůsvitná stavební konstrukce / Koupelny	-17,0	0,951	0,917	splněno

Tabulka 11: Požadavky na šíření vlhkosti – sokl

Požadavky	Požadavek splněn / nesplněn
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	splněno
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	nehodnoceno pro detaily
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m <sup>2</sup> .rok	nehodnoceno pro detaily

Dřevo obsažené v konstrukci nedosáhne vlhkosti, která by mohla být ohrozit jeho funkci.

#### 4.2.2 Ostění okna

Tabulka 12: Požadavek na teplotní faktor – ostění

Typ hodnoceného povrchu / Typ prostoru	Exteriérová teplota (°C)	Teplotní faktor (-)		
		Vypočtená hodnota $f_{Rsi}$	Požadovaná hodnota $f_{Rsi, N} = f_{Rsi, cr}$ pro max. přípustnou vlhkost na vnitřním povrchu 80%	
Neprůsvitná stavební konstrukce / Koupelny	-17,0	0,835	0,818	splněno

Tabulka 13: Požadavky na šíření vlhkosti – ostění

Požadavky	Požadavek splněn / nesplněn
1. Kondenzace vodní páry nesmí ohrozit funkci konstrukce	splněno
2. Roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu	nehodnoceno pro detaily
3. Roční množství kondenzátu $M_{c,a}$ musí být nižší než 0,5 (0,1) kg/m <sup>2</sup> .rok	nehodnoceno pro detaily

Dřevo obsažené v konstrukci nedosáhne vlhkosti, která by mohla být ohrozit jeho funkci.

Tabulka 14: Požadavek na lineární činitel prostupu tepla – ostění

Typ lineární tepelné vazby	Lineární činitel prostupu tepla ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )			
	Vypočtená hodnota z vnějších rozměrů $\psi_e$	Požadovaná hodnota $\psi_N$	Doporučená hodnota $\psi_{rec}$	Doporučená hodnota pro pasivní budovy $\psi_{pas}$
Vnější stěna navazující na výplň otvoru	-0,24	0,10	0,03	0,01
		splněno	splněno	nesplněno

## 5 Závěr

Výstupem této práce je vlastní návrh saunového centra se sloupkovým konstrukčním systémem, a to ve stupni pro realizaci stavby s potřebnou projektovou dokumentací. Současně také posouzení vybraných detailů a skladeb konstrukcí z pohledu stavební fyziky. Dokumentace splňuje normové požadavky pro danou stavbu z hlediska typologie a uspořádání. Konstrukce plní požadavky, které jsou na ně kladeny z pohledu stavební fyziky, což je doloženo v protokolech výpočtů z programů Teplo a Area. Při výpočtech statiky u vybraných prvků a spojů bylo postupováno podle platné legislativy, a zejména také za pomoci programu FIN EC a vlastních Excelů. Při tvorbě dokumentace bylo postupováno tak, aby stavba byla uživatelsky komfortní. Osazení stavby je s ohledem na okolní prostředí a současně byla snaha o co největší energetickou úsporu.

Práce může přispět k osvětě veřejnosti a developerů a přivést je na cestu dřevostaveb i pro velké stavby. Práce byla navrhována fiktivně pro účely diplomové práce. Může však sloužit pro demonstraci možnosti využít stavby na bázi dřeva i pro výstavbu obdobných objektů.

Během práce jsem se musel zorientovat, nebo zdokonalit ve velké škále oblastí jako jsou kreslicí programy, program pro výpočet statiky nebo stavební fyziky, tak i v oblasti legislativy. Práce navazuje na znalosti a vědomosti, které jsem nabyl během studia a zkušenosti z odborné praxe a následně pokračující spolupráce, kde jsem uplatnil vědomosti nabyté studiem.

## Seznam použitých zdrojů

### Tištěné zdroje:

AUGUSTA, Ivo. *Stavební tepelná technika pro každého*. Praha: Stav-Inform, 1991. ISBN 80-85380-01-3.

BAKER, W. A. *Wood Structural Panels in Wood Handbook*, APA – The Engineered Wood Association. McGraw-Hill Companies, Inc. 2002. ISBN: 0-07-136029-8.

BLASS, Hans Joachim, SANDHAAS, Carmen. *Timber Engineering – Principles for Design*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2017. ISBN 978-3-7315-0673-7.

BOLEK, F. *Vliv vlhkosti a teploty prostředí na mechanické a fyzikální vlastnosti dřevoplastových materiálů (WPC)*. Praha, 2011, Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská.

BÖHM, Martin, REISNER, Jan a BOMBA, Jan. *Materiály na bázi dřeva*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.

CAMMERER, Walter F. *Wärme – und Kälteschutz: im Bauwesen und in der Industrie*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2013. ISBN 978-3-642-78635-8.

COLLING, Francois, *Holzbau – Beispiele: Musterlösungen, Formelsammlung, Bemessungstabellen*. Dordrecht: Springer, 2009. ISBN 978-3-8348-9032-0.

ČUPROVÁ, D. *Tepelná technika budov – modul 01, modul 02, modul 04*. Brno: VUT v Brně, 2006.

DIAMANT, R. M. E. *Thermal and Acoustic Insulation*. St. Louis: Elsevier Science, 2015. ISBN 978-1-4832-7995-4.

HENS, Hugo. *Performance Based Building Design 1: From Below Grade Construction to Cavity Walls*. Berlin: Ernst, 2012. ISBN 978-3-433-60197-6.

HERZOG, Thomas, et al. *Holzbau Atlas*. München: Institut für Internationale Architektur-Dokumentation, 2003. ISBN 978-3-7643-6984-2.

HUDEC, Mojmir. *Pasivní rodinný dům – proč a jak stavět*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2555-0.

CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978 80-247-2532-1.

KOLB, Josef. *Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. 2., vyd. Praha: Grada, 2011. ISBN 987-80-247-4071-3.

KOLB, Josef. *Holzbau mit System*. Berlin: Birkhäuser, 2020. ISBN-10: 3035621071.

KOLB, Josef. *Systems in Timber Engineering*. Boston: Birkhäuser Basilej, 2008. ISBN: 978-3-7643-8689-4.

KONYA, Allan. *The international handbook of Finnish sauna*. London: Architectural Press, 1973. ISBN 0-85139-311-X.

KRÁL, Pavel a HRÁZSKÝ, Jaroslav. *Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část 2: Dýhy a vrstvené masivní materiály*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2005. ISBN 80-7157-878-9.

KRIŠ, Jozef. *Bazény, sauny, solária*. Bratislava: Jaga group, 1999. ISBN: 80-88905-09-5.

KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II – Stavební tepelná technika*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03408-9.



MIKOLÁŠEK, Antonín. *Česká sauna: Saunování a stavba sauny*. Praha: Grada, 1996. ISBN 80-7169-386-3.

MIKOLÁŠEK, Antonín. *Česká sauna: Saunování a stavba sauny*. 2. rozšíř. vyd. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-847-4.

MIKOLÁŠEK, Antonín. *Saunováním ke zdraví*. Brno: ERA, 2006. ISBN: 80-7366-065-2.

POSPÍCHAL, Zdeněk. *Sauna: Stavba a provoz*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1986.

RŮŽIČKA, Martin. *Moderní dřevostavba*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-3298-5.

SCHULZE, Horst. *Holzbau: Wände, Decken, Bauprodukte, Dächer, Konstruktionen, Bauphysik, Holzschutz*. Wiesbaden: Teubner, 2005, ISBN 978-3-322-80168-5.

SKOTNICOVÁ, Iveta a LABUDEK, Jiří. *Stavební tepelná technika I: studijní texty pro cvičení*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-767-3.

SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-2995-4.

ŠTEFKO, Jozef, REINPRECHT, Ladislav a KUKLÍK Petr. *Dřevěné stavby: konstrukce, ochrana a údržba*. 2. české vyd. Bratislava: Jaga, 2006. ISBN 80-8076-043-8.

TYWONIAK, Jan a kol. *Pozemní stavitelství VI pro SPŠ stavební: Stavební fyzika, zdravotní nezávadnost a požární bezpečnost staveb*. Praha: Grada, 2014. ISBN: 978-80-247-5102-3.

VAVERKA, Jiří a kol. *Dřevostavby pro bydlení*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2205-4.

## **Webové zdroje:**

Asociace výrobců minerální izolace. *Co je minerální vlna a vata* [online] 2016. [cit. 07.1.2022]. Dostupné z: <https://www.avmi.cz/co-je-mineralni-izolace>

BERNARDOVÁ, Markéta. *Statistika výstavby domů za rok 2020 potvrdila rostoucí zájem o dřevostavby* [online]. 15.06.2021 [cit. 18.3.2022]. Dostupné z: <https://www.drevostavby.cz/drevostavby-archiv/doporucujeme/6516-statistika-vystavby-drevostaveb-za-rok-2020>

BUILD. *Electric sauna heaters* [online] 2020. [cit. 23.1.2022]. Dostupné z: <https://build.com.au/electric-sauna-heaters>

BUILD. *Gas sauna heaters* [online] 2019. [cit. 23.1.2022]. Dostupné z: <https://build.com.au/gas-sauna-heaters>

BUILD. *Far infrared (FIR) sauna heaters* [online] 2018. [cit. 23.1.2022]. Dostupné z: <https://build.com.au/far-infrared-fir-sauna-heaters>

BUILD. *Steam generators* [online] 2021. [cit. 23.1.2022]. Dostupné z: <https://build.com.au/steam-generators>

Bydlení pro každého. *Druhy saun a jejich účinky na naše zdraví* [online]. 08.11.2019 [cit. 18.1.2022]. Dostupné z: <https://bazeny-sauny.bydleniprokazdeho.cz/bazeny-a-sauny/druhy-saun-a-jejich-ucinky-na-nase-zdravi.php>

EGGER DHF. *Technical Leaflet: Installation and Usage Guideline of EGGER DHF* [online]. 26.03.2021 [cit. 05.1.2022]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Tereza/Downloads/TL%20EGGER%20TLBP130%20DHF%20Installation%20and%20use%20guideline%20en.pdf>

HOFFMANN, Jo. *Herzstück jeder Sauna – Der Saunaofen* [online]. 10.11.2020 [cit. 18.1.2022]. Dostupné z: <https://www.mein-saunashop.de/tipps-und-tricks/saunaofen->

ratgeber?fbclid=IwAR0tJi262NOGw7xHnVaFMWuqkX73SbHl1QhvlOWJhO\_kKcTS  
WaIUA48Ghoo

MATUŠKOVÁ, Barbora. *Velké srovnání dřevostaveb: výhody, nevýhody a ceny jednotlivých konstrukčních systémů* [online]. 15.10.2020 [cit. 4.2.2022]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/srovnani-drevostaveb>  
str 15

Spektrum zdraví. *Finská sauna – posiluje imunitu, osvěžuje mysl* [online]. 18.11.2015 [cit. 18.1.2022]. Dostupné z: [https://www.spektrumzdravi.cz/wellness/wellness-finska-sauna-posiluje-imunitu-osvezuje-mysl#google\\_vignette](https://www.spektrumzdravi.cz/wellness/wellness-finska-sauna-posiluje-imunitu-osvezuje-mysl#google_vignette)

Spektrum zdraví. *Nejznámější druhy saun a jejich léčivé účinky. Která sauna je pro vás nejvhodnější?* [online]. 18.12.2017 [cit. 18.1.2022]. Dostupné z: <https://www.spektrumzdravi.cz/wellness/wellness-nejznamejsi-druhy-saun-a-jejich-lecive-ucinky-ktera-sauna-je-pro-vas-nejvhodnejsi>

Spektrum zdraví. *Wellness – Saunování: Laconium – suchá sauna jako alternativa saunování* [online]. 22.01.2016 [cit. 18.1.2022]. Dostupné z: [https://www.spektrumzdravi.cz/wellness/wellness-laconium-sucha-sauna-jako-alternativa-saunovani#google\\_vignette](https://www.spektrumzdravi.cz/wellness/wellness-laconium-sucha-sauna-jako-alternativa-saunovani#google_vignette)

SVOBODA, Luboš a kol. *Stavební hmoty*. 4. vyd. Praha: Luboš Svoboda, 2018 [cit. 23. 2.2022]. Dostupné z: [https://k123.fsv.cvut.cz/media/subjects/files/123SHMA/kniha-stavebni-hmoty.pdf?fbclid=IwAR1CLdQnqzFKRmA2JrgyyjiMomQ9jnB-qngY\\_YfD6V\\_7KjQLeT4z1EGxURs](https://k123.fsv.cvut.cz/media/subjects/files/123SHMA/kniha-stavebni-hmoty.pdf?fbclid=IwAR1CLdQnqzFKRmA2JrgyyjiMomQ9jnB-qngY_YfD6V_7KjQLeT4z1EGxURs)

Thermory. *Ten types of Wood We Use for Saunas* [online]. 01.01.2020 [cit. 15.1.2022]. Dostupné z: [https://thermory.com/blog/blog-sauna/types-of-wood-for-saunas/?fbclid=IwAR2Vq8TtVSgRVR1aBtQzsRSPn\\_NMEaJz2URJIGf1GnL-CLBkP4L-N01P9-A](https://thermory.com/blog/blog-sauna/types-of-wood-for-saunas/?fbclid=IwAR2Vq8TtVSgRVR1aBtQzsRSPn_NMEaJz2URJIGf1GnL-CLBkP4L-N01P9-A)

TZB-info. *Minerální izolace* [online]. 2016 [cit. 03.1.2022]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>

TZB-info. *Pěnové sklo* [online]. 2018 [cit. 03.1.2022]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/300-penove-sklo>

TZB-info. *Polystyrenové izolace* [online]. 2017 [cit. 03.1.2022]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/297-polystyrenove-izolace>

TZB-info. *Izolace PUR, PIR a fenolická pěna* [online]. 2019 [cit. 03.1.2022]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/299-izolace-pur-pir-a-fenolicka-pena>

TZB-info. *Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma)* [online]. 2020 [cit. 03.1.2022]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/301-izolace-z-obnovitelnych-surovin-drevo-celuloza-konopi-ovci-vlna-slama>

Venkovský dům. *Druhy tepelných izolací* [online]. 2011 [cit. 8.2.2022]. Dostupné z: <http://www.venkovskydum.cz/druhy-tepelne-izolace/>

## **Legislativní zdroje:**

ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov – Část 1: Terminologie*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 68 s.

ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2011. 56 s.

ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 96 s.

ČSN 73 4108. *Hygienická zařízení a šatny*. Praha: Český normalizační institut, 2020. 48 s.

ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2004. 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. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 124 s.

ČSN EN 1995-1-1. *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 114 s.

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.

Nařízení vlády č. 591/2006 Sb., o bližších minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na staveništích.

Vyhláška č. 238/2011 Sb., o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch.

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby.

Vyhláška č. 398/2009 Sb., o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb.

Vyhláška č. 405/2017 Sb., vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, ve znění vyhlášky č. 62/2013 Sb., a vyhláška č. 169/2016 Sb., o stanovení rozsahu dokumentace veřejné zakázky na stavební práce a soupisu stavebních prací, dodávek a služeb s výkazem výměr.

Vyhláška č. 501/2006 Sb., o obecných požadavcích na využívání území.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).

Zákon č. 309/2006 Sb., zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci).

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech.

# Seznam příloh

## Příloha 1:

### Provozní schéma

### B. Souhrnná technická zpráva

### C. Situační výkresy:

C.1 Situace širších vztahů

C.2 Situace katastrální

C.3 Situace koordinační

### D. Dokumentace objektů a zařízení

D.1.1 a) Technická zpráva

D.1.1 b) Výkresová část

1. Půdorys 1.NP

2. Řezy

3. Základy

4. Krov

5. Střešní plášť

6. Pohled od jihu, severu

7. Pohled od východu, západu

8. Výrobní výkres stěn

D.1.1 c) Podrobnosti

Skladby

Tabulka výplní

1. Detail soklu

2. Detail rohu

3. Detail koutu

4. Detail stropu

5. Detail napojení stěn

6. Detail ostění

7. Detail nadpraží

8. Detail parapetu

## **Stavební fyzika**

### **Protokoly z programu Teplo**

Obvodová stěna

Podlaha

Strop

### **Protokoly z programu Area**

Sokl

Ostění okna

## **Statické posouzení**

Výpočet zatížení

Posouzení vazničky střechy

Posouzení spoje vazničky a vazníku

Posouzení kotvení desky na fasádu