

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a biomateriálů



**Fakulta lesnická  
a dřevařská**

**Konstrukční návrh dřevostavby rodinného domu s  
využitím slaměných balíků**

**Bakalářská práce**

**Autor: Tereza Gregorová**

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

**2022**

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tereza Gregorová

Dřevařství

Dřevařství

Název práce

**Konstrukční návrh dřevostavby rodinného domu s využitím slaměných balíků**

Název anglicky

**Engineering Design of Timber Frame House Using Straw Bales Insulation**

---

### Cíle práce

Cílem práce je na základě literární rešerše vypracovat projektovou dokumentaci architektonicko-stavebního řešení vlastního návrhu dřevostavby rodinného domu. V první části bude zpracována literární rešerše zaměřena na konstrukční systémy na bázi dřeva a jednotlivé materiály, zejména na slámu jako stavební materiál. V druhé části práce bude zpracováno architektonicko-stavební řešení včetně konstrukčních detailů a technické zprávy. Dílčím cílem je návrh postupu výstavby s využitím izolace ze slaměných balíků.

### Metodika

- Literární rešerše
- Architektonická studie (základní tvarové, dispoziční, konstrukční a materiálové provedení)
- Souhrnná technická zpráva
- Situační výkresy objektu
- Dokumentace dílčího technického řešení – Architektonicko-stavební řešení
- Návrh postupu výstavby
- Závěr

Harmonogram práce:

- červenec – září 2020: literární rešerše
- říjen – leden 2021: architektonická studie vč. optimalizace a osazení objektu na konkrétní parcele
- únor – březen 2021: architektonicko-stavební řešení vč. technické zprávy
- duben 2021: odevzdání závěrečné práce

### Doporučený rozsah práce

30 – 50 stran textu + výkresová část (rozsah dle stavebního zákona č. 186/2006 Sb. a vyhlášky o dokumentaci staveb č. 499/2006 Sb.)

### Klíčová slova

Konstrukce na bázi dřeva; architektonicko-stavební řešení; slaměná izolace; konstrukční detaily; projektová dokumentace.

---

### Doporučené zdroje informací

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

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

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

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

MÁRTON, Jan. Stavby ze slaměných balíků: slaměné izolace v nízkoenergetických a pasivních domech, návrh staveb šetrných k životnímu prostředí, hliněné omítky, ozeleněné střechy. 2., dopl. a aktualiz. vyd. Liberec: J. Márton, 2014. ISBN 978-80-260-5713-0.

VINKE, Gernot a Friedemann MAHLKE. Stavby ze slámy: jak pořídit z balíků slámy standardní dům. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2009. ISBN 8086167313;9788086167312.

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

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

2020/21 LS – FLD

### Vedoucí práce

Ing. Miloš Pavelek, Ph.D.

### Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

### Konzultant

Ing. Miloš Pavelek

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2021

**Ing. Radek Rinn**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2021

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 04. 04. 2022

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „ **Konstrukční návrh dřevostavby rodinného domu s využitím slaměných balíků** “ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Miloše Pavelka, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské 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 8.4.2022

  
.....  
Tereza Gregorová

## Poděkování

Na prvním místě bych ráda poděkovala Ing. Milošovi Pavelekovi, PhD. za odborné vedení mé bakalářské práce a čas strávený konzultacemi.

Dále chci poděkovat mé rodině za podporu při studiu.

## **Abstrakt**

Bakalářská práce se zabývá návrhem dřevostavby rodinného domu zaizolovaného slaměnými balíky včetně projektové dokumentace a výkresů. Je rozdělena do dvou částí.

První, teoretická část, zahrnuje obecné informace o dřevostavbách a slaměných domech. Dále popisuje problematiku dopadu stavebního odvětví na životní prostředí.

Druhá část práce je zaměřena na projektovou dokumentaci rodinného domu včetně výkresů zpracovaných v BIM software Archicad 24. Jedná se o malý jednopatrový dům obdélníkového půdorysu, jehož základy jsou založeny na železobetonových patkách. Konstrukce z těžkého skeletu je zaizolovaná slaměnými balíky. Dům je zastřešen extenzivní zelenou pultovou střechou.

Klíčová slova: balíky slámy, přírodní stavitelství, konstrukce na bázi dřeva, projektová dokumentace, zelená střecha

## **Abstract**

The thesis deals with the project documentation for building permission; it is divided into two parts.

The first part includes literature review research focusing on general information and historical development of timber and straw-bale construction; additionally, it focuses on house operation and its environmental impact.

The second part aims at the technical method and design of the house itself including the detail design documentation and Technical Construction Drawings. The drawings were designed in BIM software Archicad 24. It is a small one-floor, rectangle plans house with crawl space foundations. The heavy timber construction of the house is insulated with straw bales. The whole house is covered with an extensive green flat roof.

Key words: Straw-bale, green building, timber frame structures, documentation for building permission, green roof

## OBSAH

1	ÚVOD.....	12
2	CÍLE PRÁCE.....	13
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	14
3.1	Dřevostavby.....	14
3.1.1	Konstrukční systémy dřevěných staveb.....	14
3.1.1.1	Roubenky a sruby .....	15
3.1.1.2	Hrázděné stavby.....	15
3.1.1.3	Dřevostavby z lehkého skeletu .....	16
3.1.1.4	Dřevostavby z těžkého skeletu .....	16
3.1.1.5	Dřevostavby z masivních panelů .....	17
3.1.1.6	Porovnání.....	18
3.2	Slaměné stavby .....	19
3.2.1	Konstrukční řešení slaměných staveb.....	19
3.2.1.1	Nosné balíky .....	20
3.2.1.2	Dřevěná nosná konstrukce vyplněná balíky slámy .....	20
3.2.1.3	Prefabrikované panely .....	22
3.2.1.4	Porovnání.....	23
3.3	Vliv stavebnictví na životní prostředí a zdraví člověka.....	24
3.3.1	Nejpoužívanější stavební materiály .....	24
3.3.2	Šetrné alternativy stavebních materiálů .....	25
3.3.3	Porovnání materiálů .....	26
3.4	Technické parametry slámy a dřeva .....	27
3.4.1	Sláma .....	27
3.4.2	Dřevo .....	30
3.4.3	Orientace a umístění objektu na pozemek .....	31
4	METODIKA .....	33
5	ARCHITEKTONICKÁ STUDIE.....	34
5.1	Parcela.....	34
5.2	Základní tvarové a dispoziční řešení .....	35
5.3	Konstrukční a materiálové provedení .....	36



6	DOKUMENTACE PRO VYDÁNÍ SPOLEČNÉHO POVOLENÍ.....	36
6.1	Návrh postupu výstavby .....	37
6.2	Výpočet prostupu tepla obvodové konstrukce .....	40
7	ZÁVĚR .....	41
8	SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	42
9	SEZNAM PŘÍLOH.....	47

## SEZNAM OBRÁZKŮ

**Obrázek 1:** Vhodné umístění místností vůči světovým stranám (Estav, 2020)

**Obrázek 2:** Úhel dopadu slunečních paprsků v zimě a v létě (tvstav, 2018)

**Obrázek 3:** Poloha řešeného území (cuzk, 2022)

**Obrázek 4:** Dispoziční řešení INP (autor, 2022)

## SEZNAM TABULEK

**Tabulka 1:** Porovnání výhod a nevýhod konstrukčních typů dřevostaveb (Kolb, 2008)

**Tabulka 2:** Porovnání výhod a nevýhod konstrukčních typů slaměných staveb (Minke, Mahlke, 2009)

**Tabulka 3:** Porovnání veličin přírodních a syntetických materiálů (stavba-.tzb-info)

**Tabulka 4 :** Výpočet hodnoty U navrhované skladby obvodové stěny (Márton, 2014)

## SEZNAM GRAFŮ

**Graf 1:** Znázornění počtu kg v emisích CO<sup>2</sup> vyprodukovaných při výrobě 1kg 24 běžných materiálů (MacMath 2000, emise pro slaměné balíky – Jakub Wihan)

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CO <sub>2</sub>	- oxid uhličitý
CNC	- Computer Numeric Control – číslicové řízení počítačem
CLT	- cross laminated timber - křížem lepené dřevo
OSB	- oriented strand board -deska složená z dřevěných třísek
USA	- United States of America - Spojené státy americké
PUR pěna	- polyuretanová pěna
C24	- třída pevnosti
ČR	- Česká republika
∅	- Průměr

## NÁZVOSLOVÍ

$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	hustota
$\lambda$ [W/mK]	součinitel tepelné vodivosti
$c$ [kJ/kg.K]	měrná tepelná kapacita
$\mu$ [-]	faktor difuzního odporu
$w$ [%]	vlhkost
$R$ [m <sup>2</sup> K/W]	tepelný odpor
$d$ [m]	tloušťka
$U$ [W/m <sup>2</sup> K]	součinitel prostupu tepla
$R_{SI}$ [m <sup>2</sup> K/W]	odpor při prostupu tepla ne vnitřní straně
$R_{SE}$ [m <sup>2</sup> K/W]	odpor při prostupu tepla ne vnější straně konstrukce.
$S$ [Wh/m <sup>3</sup> K]	objemová měrná tepelná kapacita

# 1 ÚVOD

*Stavebnictví představuje největší hrozbu pro životní prostředí. Při výrobě stavebních hmot, při výstavbě budov, jejich provozu a následné likvidaci se spotřebovává odhadem 45 – 50 % veškeré energie (Márton, 2014).*

K výraznému snížení této ekologické zátěže může přispět stavitelství z obnovitelných materiálů. Během posledního desetiletí se koncept zelených budov stal běžnější a veřejnost si uvědomuje potenciaální přínosy této alternativy pro životní prostředí. (Wood handbook)

Nejpoužívanějším obnovitelným stavebním materiálem je dřevo, které se používá jako konstrukční či pohledový prvek. Objekty, které mají nosnou konstrukci ze dřeva, nebo z materiálu na jeho bázi, jsou všeobecně známé jako dřevostavby. Český statistický úřad uvádí, že pro rok 2020 bylo v ČR postaveno 15,6% dřevostaveb. Konstrukce ze dřeva jsou však často zaizolovány syntetickými materiály jako je polystyren či minerální vata, které převyšují svým obsahem využití materiálů z obnovitelných zdrojů.

Tato práce pojednává o konstrukcích dřevostaveb a možnosti zaizolování konstrukce přírodním materiálem – slaměnými balíky. Právě dřevostavby a slaměné stavby splňují parametry pro udržitelné bydlení co se týče použitých materiálů i následných nízkých nákladů na provoz budovy.

Stavby ze slaměných balíků rostou na popularitě, a to hlavně pro své akumulční vlastnosti, nízkou cenu za materiál a snadnou výstavbu. Objekt zaizolovaný slámou je charakteristický širokou tloušťkou zdí, které udržují interiér přes léto chladný a v zimě stěny dobře akumulují teplo. Detailně provedené slaměné domy vyhovují normě pro pasivní dům. Neustále se zvyšující ceny energií a stavebních materiálů by mohli napomoci zvýšení zájmu o přírodní stavitelství.

## **2 CÍLE PRÁCE**

Cílem práce je na základě literární rešerše vypracovat projektovou dokumentaci architektonicko-stavebního řešení vlastního návrhu dřevostavby rodinného domu zaizolovaného slaměnými balíky. V první části bude zpracována literární rešerše zaměřena na konstrukční systémy dřevostaveb a slaměných budov.

V druhé části práce bude zpracováno architektonicko-stavební řešení včetně projektové dokumentace a výkresů.

## **3 LITERÁRNÍ REŠERŠE**

### **3.1 Dřevostavby**

V současné době pod pojmem dřevostavby najdeme objekty různých druhů a pro různé účely. Roste zájem o tento obor, a to hned z několika důvodů. Dřevostavby lze snadno a rychle postavit. Dřevo používané na dřevěnou konstrukci je přírodní obnovitelný materiál, který je lehký a dobře opracovatelný. Životnost dřevostaveb je srovnatelná se stavbami zděnými. (Růžička, 2005). Stavby ze dřeva mají dlouholetou tradici, která je udržovaná od nepaměti.

První dřevostavby vznikaly už v neolitu. Byly to dlouhé domy bez oken nebo zahlobené domy na kamenné podezdívce takzvané keltské domy. Dokonalejší nadzemní dřevostavby byly stavěny ve středověku, a to především domy srubové a roubené a hrázděné. Tyto typy konstrukcí vytvořily tzv. lidovou architekturu, která si zachovala podobu až do konce 19.století. (Kuklík, 2005)

S nástupem nových technologií byly dřevostavby posunuty na další úroveň. Vznik deskových materiálů umožnil zpracování dřeva nižší kvality a stroje řízené počítačem zdokonalily přesnost provedení.

#### **3.1.1 Konstrukční systémy dřevěných staveb**

Pojem dřevostavba není ve stavební terminologii přesně definován, a proto se systémy dřevostaveb od sebe liší konstrukcí, vzhledem i celkovým podílem dřeva ve stavbě. Obecně jsou za dřevostavbu označovány stavby jejichž nosná konstrukce je ze dřeva a materiálů na jeho bázi. (Růžička 2014)

Základními typy jsou:

**Roubenky a sruby**

**Hrázděné stavby**

**Dřevostavby z lehkého skeletu**

**Dřevostavby z těžkého skeletu**

**Dřevostavby z panelů**

### **3.1.1.1 Roubenky a sruby**

Roubenky a srubové stavby vznikají ukládáním dřevěných prvků vodorovně na sebe. Dřevěná kulatina/hranol zde plní funkci nosnou, izolační i pohledovou.

Typický rys tradičního postupu výstavby je rohový spoj s přesahy. Dříve se vzniklé spáry mezi kládami vymazávali hliněnou směsí nebo se docpávala vlnou či mechem. (Houdek, Koudelka, 2011)

Dnes je složitá tesařská práce zlehčena přípravou stavby na CNC strojích, které výrazně zpřesní opracování dřevěných prvků. Těsnost spojů je zajištěna pomocí profilů (ve tvaru U, V) a následném vyplnění spáry tepelnou izolací.

Další inovací ve stavbě z masivu je využívání lepeného dřeva, které má lepší tvarovou stálost a pevnost. Na oblibě rostou roubenky a sruby falešné. Pomocí dřevěných obkladů z palubek různých tvarů lze docílit podobného estetického výsledku.

Další rychlou alternativou jsou sendvičové roubené konstrukce z hranolů na perodrážku, vyplněné izolací. Tento systém splňuje požadavky nízkoenergetické stavby.

### **3.1.1.2 Hrázděné stavby**

Typickým znakem těchto staveb je dřevěná prutová konstrukce viditelná ze strany exteriéru. Sloupky dřevostavby jsou prokládány vzpěry a vnikají tak charakteristická trojúhelníková okénka, která jsou vyplněna izolací. Jedná se o dnešní době málo využívané stavby.

### **3.1.1.3 Dřevostavby z lehkého skeletu**

S nástupem nové technologie pro zpracování dřeva se v polovině 19.stol v USA prosadil nový konstrukční systém. Konstrukce stavby se skládá ze sloupků umístěných v malé vzdálenosti od sebe, které jsou vyztuženy deskovým materiálem (masiv, OSB, dřevo-vláknitá deska). (Růžička,2014)

Rozlišujeme tři základní konstrukce:

#### **Platform- frame**

Objekty jsou konstruovány po patrech. Při výstavbě druhého podlaží jsou stropní nosníky ukládány na horní rám konstrukce.

#### **Balloon- frame**

Na rozdíl od platform frame jsou sloupky stěn průběžné do dalších pater a stropní trámy jsou přichyceny z vnitřní strany konstrukce.

#### **Rámové stavby**

Pro každou stěnu je vytvořen individuální rám, do kterého jsou vkládány sloupky obvykle z konstrukčního řeziva o rozměrech 60x120mm. To umožňuje montování stavby jak na staveništi, tak přípravu v hale a následné montování za pomoci těžké techniky. Zpevnění stavby je zajištěno deskovými materiály na bázi dřeva a mezi sloupky je vkládána izolace.

Nejznámějším typem rámové konstrukce je americký systém Two by Four, která využívá sloupky o příčném průřezu 2x4 palce.

### **3.1.1.4 Dřevostavby z těžkého skeletu**

Těžký skelet využívá větší rastr dřevěných sloupů a zatížení konstrukce se přenáší do základů. Typické rozměry rastru jsou 2,5m až 5m. Jednou zvolený modul se opakuje v celé stavbě. Oproti lehkému skeletu je objemové množství dřeva nižší, ale je potřeba dřevo vyšší kvality. Využívá se lepené lamelové dřevo či rostlé dřevo



třídy C24. Objekty z těžkého skeletu umožňují velkou míru prosklení a zajišťují vzdušnost stavby.

### **3.1.1.5 Dřevostavby z masivních panelů**

Masivní panely plní funkci nosnou a obvykle pohledovou ze strany interiéru. Lze je použít na celou stavbu (stěnové, stropní střešní prvky). Masivní dřevo je k sobě lepené nebo jsou využívány spojovací prvky (kolíky, hmoždíky apod.).

Nejznámější jsou CLT panely. Zkratka pochází z anglického výrazu cross-laminated timber tedy křížem lepené dřevo. Panel se skládá z určitého množství na sebe kolmých vrstev dřeva, které musí být nejméně ve třech vrstvách a maximálně v sedmi. Lamely dřeva jsou za studena slepeny a slisovány. Křížové vrstvení zajišťuje tvarovou stálost prvku. Panely jsou tvořeny na míru návrhu. (Pavlas, 2016)

### 3.1.1.6 Porovnání

**Tabulka 1:** Porovnání výhod a nevýhod konstrukčních typů dřevostaveb (Kolb)

	<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
<b>Roubenky a sruby</b>	Atmosféra Dřevo plní všechny funkce	Velká míra sesedání Odbornost Vysoké náklady na dřevo
<b>Hrázděné stavby</b>		Vysoká pracnost - dnes se již nestaví
<b>Dřevostavby z lehkého skeletu</b>	Rychlá snadná výstavba Využití konstrukčního řeziva Řezivo stejných rozměrů Lze stavět bez techniky	Tepelné mosty Vzduchotěsnost Míra prosklení
<b>Dřevostavby z těžkého skeletu</b>	Vzdušné prostory	Složité spoje
<b>Dřevostavby z panelů</b>	Úzká tloušťka nosných stěn Rychlá výstavba Prefabrikace na míru	Těžká technika při montování Vysoká cena

## 3.2 Slaměné stavby

Sláma se jako stavební materiál používá odedávna. Je propojena s lidovou architekturou podobně jako hlína, dřevo, konopí nebo rákos. Tyto přírodní materiály mají takové kvality, ke kterým si zachovalo přízeň mnoho stavitelů až do dnešní doby navzdory konvenčním materiálům, které jsou na trhu k dostání.

Samotné stavění ze slaměných balíků započalo až koncem 19. století v USA spolu s vynálezem balíkovacího lisu. První zmínka o balíkovacím stroji pochází z roku 1872, který byl poháněn koňskou silou, později byly vynalezeny lisy na páru. (Márton, 2014)

První zdokumentovaná slaměná stavba pochází z Nebrasky (1886). Jednalo se o jednotřídní budovu školy, která byla postavena bez dřevěné konstrukce, střecha spočívala přímo na balících slámy. Systém nosné slámy, později nazýván „technika z Nebrasky“, se začal rychle šířit. Za zmínku stojí slaměný kostel Pilgrim Holiness Church z roku 1928, který je stále v provozu. (Minke, Mahlke, 2009)

Slaměné domy se do Evropy rozšířily až po roce 1920. První slaměný dům v Evropě, a dokonce první dvoupatrový dům na světě, byl postaven v Montarquisu nedaleko Paříže. Má dřevěnou příhradkovou konstrukci, do které se balíky vkládaly. Dům je ve velmi dobrém stavu a třetí generace majitelů v něm žije dodnes. (Márton, 2014)

### 3.2.1 Konstrukční řešení slaměných staveb

V posledních letech se slaměným stavbám dostává čím dál více pozornosti. Poptávka po domech šetrným k životnímu prostředí se zvyšuje. Vznikají nová centra, a sdružení architektů, která přicházejí s inovacemi pro snadnější výstavbu slaměných domů.

Slaměné stavitelství se dá rozdělit na čtyři základní konstrukční systémy:

- Nosné balíky
- Dřevěná nosná konstrukce vyplněná balíky slámy
- Prefabrikované panely

### **3.2.1.1 Nosné balíky**

Konstrukce nosné slámy patří k nejstaršímu systému. Balíky jsou ukládány na základovou desku a skládány na sebe bez dalších nosných prvků. Rozměry slaměných balíků jsou obvykle 35x50x50 cm až 120 cm a to o hustotě 90-120kg/m<sup>2</sup>.

Okna a dveře se zasazují do dřevěných rámců, které jsou schopny přenášet zatížení. Na tento aspekt je vhodné myslet už ve fázi návrhu, jelikož tento konstrukční systém nedovoluje velkou míru prosklení objektu. Tloušťka stěny v poměru její šířce by měla být cca 1:5 a přitom plocha otvorů by neměla přesahovat 50 % celkové plochy konstrukce. (Minke, Mahlke, 2009)

Střecha, nebo případně další patra, dosedají na stěny v plné ploše. Tíha vodorovného zatížení se přenáší přes balíky až do základů. V konstrukci nesmí docházet k bodovému zatížení. Po zastřešení objektu počítejme sesedáním stěn, které se pohybuje od 10cm – 20cm. (Márton, 2014)

Je nutné udržet slaměné balíky po celou výstavbu v suchu. Pokud by se balíky před usazením střechy namočily, stavba by se musela vysušit, což je časově i finančně náročné.

Na omítnutí zdí se nejčastěji používá mokřý způsob omítnutí zdí, a to hliněné a vápenné omítky.

### **3.2.1.2 Dřevěná nosná konstrukce vyplněná balíky slámy**

V tomto konstrukčním řešení slaměné balíky neplní statickou funkci, ale pouze funkci izolační. Dřevěná konstrukce přenáší veškerá zatížení. Umožňuje tak větší variabilitu v návrhu stavby, než je tomu u nosné slámy. Lze kombinovat s více materiály, tvořit tvarově zajímavější objekty. Podle predispozic navrhovaného objektu se musí zvolit správný typ dřevěné konstrukce.

Nejčastější typ konstrukce je **sloupkový systém two by four**. Skládá se z fošen menšího průřezu umístěných blízko sebe (po cca 75cm) (Márton, 2014). Při návrhu takové stavby je dobré si opatřit balíky slámy správných rozměrů, aby se následně na staveništi nemuseli převazovat. Balík musí být o pár centimetrů větší než vzniklé okno mezi fošnami tak, aby neležel mezi fošnami volně.

Ukládání balíků je nejefektivnější za pomoci dvou plechů, který zajistí jednoduší zavedení slámy do konstrukce a následně po vytáhnutí plechů se balík v prostoru roztáhne. Sláma tak dřevo obepne a nevznikne žádný meziprostor. Zamezí se tepelným ztrátám a zároveň se zvýší požární odolnost stěny.

Jelikož jsou sloupky relativně blízko sebe, lze použít *suchý způsob omítnutí zdí*. Stěny se mohou zaklopit deskovým materiálem, nebo postačí parobrzdná folie s odvětrávanou mezerou v kombinaci s dřevěnou fasádou. *Mokrý způsob omítnutí zdí* je také možný. Dřevěné sloupky se mohou natřít pískovým nátěrem, aby omítka lépe ulpívala na dřevě.

Při návrhu prosklených vzdušných objektů je vhodné použít **skeletovou konstrukci**. Konstrukce se stává z masivních dřevěných sloupů, jejichž vzdálenost bývá 2,5-5m od sebe. (Kolb, 2007) Je jimž přenášeno svislé zatížení. Vzniklý prostor mezi sloupy je tudíž větší než u zmíněného sloupkového systému, což umožňuje různé způsoby umístění slaměných balíků. Ty mohou být předsazené před sloupy nebo naopak zasazené do konstrukce. Nejčastěji se slaměné balíky skládají mezi sloupy a na závěr jsou z vnitřní strany zajištěny úhlopříčně prkny.

**Konstrukce z I nosníků** je velmi lehká, ale zároveň pevná. Manipulace s nimi je jednoduší než třeba s masivním dřevem. Další výhodou této konstrukce je nízká cena. (české stavby, 2016)

Pro tento typ konstrukce je velmi efektivní použití foukané tepelné izolace z **drčené slamy**. Tento typ izolace u nás nabízí např. firma VestaEco Fibra, která udává měrnou hmotnost cca 45-70 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.2.1.3 Prefabrikované panely

Prefabrikovaná výstavba je zaručeně nejrychlejší způsob ze slaměného stavitelství. Jedná se o dřevěnou kostru, která je vyplněna balíky. Panely jsou zkompletovány ve výrobní hale a následně exportovány na staveniště, kde jsou ihned připraveny k montáži. Na výstavbu panelů je zapotřebí těžké techniky. Pozemek pro výstavbu objektu musí být přístupný těžké technice, zejména pro jeřáb. Díky přesně rovným stěnám do sebe vše zapadá bez nutnosti dalších úprav. Panelový konstrukční systém nezahrnuje základy, stropy, pozednice ani střechu jako takovou. Poskytuje pouze obvodové stěny. (Přírodní bydlení, Grmela, 2020) Zbylé části objektu musí být následně dokončeny dle návrhu.

Na českém trhu jsou dostupné firmy:

- **Ecococon** je litevská firma. V precizním provedení panelů nemá na trhu konkurenci. Nevýhodou je vysoká cena, která je trojnásobně vyšší oproti dřevěné konstrukci zaizolované slaměnými balíky. Domy z panelů ecococon dosahují pasivních standardů. Pro docílené pasivity firma používá vzduchotěsně difúzně otevřenou membránu zabraňující tepelným ztrátám a zároveň zajišťuje paropropustnost. Kromě vysoké ceny, a dopravy panelů na velkou vzdálenost, je další nevýhodou nerovnoměrné rozložení váhy v konstrukci. Panely se stávají ze 4 stojek, dvě na vnější straně, dvě na vnitřní straně stěny. Tyto stojky musí být rovnoměrně zatížené. Proto je vhodné si nechat vyhotovit objekt od této firmy na klíč. (Přírodní bydlení, Grmela, 2020)
- **Slam-pa** je česká firma se sídlem v Táboře. Soustředí se na použití lokálních surovin, tak aby nerostla spotřeba CO<sub>2</sub>. Slaměné balíky jsou po obvodu zaklopeny deskovým materiálem (překližka, OSB...) a pro zlepšení vlastností panelu používají konopnou izolaci a papírové folie.

- **Ekopanely** je česká firma z Přelouče. Vyrábí difuzně otevřené stavební desky lisované za vysokého tlaku a teploty z obilné slámy. Slisovaný panel je polepen recyklovanou lepenkou. Desky lze použít pro stavbu samonosných příček, opláštění stěn, izolace střechy a další.

### 3.2.1.4 Porovnání

**Tabulka 2:** Porovnání výhod a nevýhod konstrukčních typů slaměných staveb (Kolb, 2007)

	<b>Nosné balíky</b>	<b>Dřevěná nosná konstrukce</b>	<b>Prefabrikované panely</b>
<b>Výhody</b>	Nízká cena za materiál Ekologické Rozložení zatížení do základů Rychlá výstavba Snadný postup výstavby svépomocí	Uskladnění slámy během výstavby Vícepatrové domy Větší možnost prosklení Kreativita	Nejrychlejší možnost výstavby Výborná technika – pasivní domy
<b>Nevýhody</b>	Omezení výstavby na výšky Uchování balíků v suchu během výstavby Legislativa Větší přesahy střechy	Tesařské práce Riziko vzniku tepelných ztrát	Cena Přístupnost pozemku pro jeřáb Malé zastoupení českých výrobců

### 3.3 Vliv stavebnictví na životní prostředí a zdraví člověka

Stavebnictví má největší ekologickou stopu na zemi, tudíž má i velký dopad na změnu klimatu-produkci skleníkových plynů. (Márton, 2014) V dnešní době si společnost začíná uvědomovat vyčerpatelnost neobnovitelných zdrojů, ale zatím nepodstupuje žádné velké kroky.

Chovat se ekologicky a udržitelně neznamena snížovat tím životní úroveň. Ba naopak. Mnoho stavebních materiálů, které se běžně používají, jsou pro lidi toxické, jako například azbest, prach ze skelné vaty a betonu, látky uvolňující se z lepidel, nátěrů, plastů (benzen, dioxiny...). Na ty nejvíce zastoupené suroviny se podíváme podrobněji.

#### 3.3.1 Nejpoužívanější stavební materiály

##### **Cement**

Cement je nejpoužívanější člověkem vyráběný materiál a druhá nejvíce spotřebovaná surovina na planetě (hned po vodě). Královský institut pro mezinárodní záležitosti uvádí, že tato surovina má na starost okolo 8% světových emisí CO<sub>2</sub>. (BBC, 2018)

Největší producent oxidu uhličitého při výrobě cementu je slínek. Tato klíčová složka se vyrábí v rotační peci při teplotách okolo 1 450 °C. Při kalcinaci se materiál rozděluje na hmotu a plyn: oxid vápenatý a CO<sub>2</sub>. Poté se vzniklý slínek rozemele se sádrou a vápencem a je připraven k použití.

##### **Písek**

Jedná se o další důležitou stavební surovinou. Poptávka po písku se zvyšuje a jeho spotřeba převyšuje množství, které zvětráváním stíhá vznikat. Písek se získává jak z povrchu země, tak pod vodní hladinou (řeky, jezera, moře).

U povrchové těžby se surovina získává takzvaným jámovým lomem, kdy se dno těžby nachází několik desítek metrů pod terénem. Je zapotřebí velkých terénních úprav a tím i velký zásah do prostředí. (Lesy ČR, 2013)



Říční, jezerní a podmořská těžba probíhá za pomoci lodních bagrů a lodních „vysavačů“, které pomocí dlouhé trubice dopravují písek ze dna na palubu lodi. Tím narušují symbiózu mnoha ekosystémů, živočišných druhů a rostlin.

## **Ropa**

Dnes, již jako nedílnou součástí moderní společnosti, je ropa používána jako pohonná hmota pro vozidla a stroje. Najdeme ji v mazivech, barvivech, molitanech, hnojivech, je velkou součástí asfaltu, syntetického kaučuku a plastů.

Plasty ve stavebnictví mají velké zastoupení. Pro své vlastnosti a cenovou dostupnost jsou hojně užívaným izolačním materiálem. K dostání je expandovaný a extrudovaný polystyren. Jedná se o ropný produkt napěněný pentanem a CO<sub>2</sub> a při jeho výrobě se uvolňují další škodliviny. Polystyreny spolu s polyuretany mají velmi dobré izolační vlastnosti, ty však během teplých měsíců přispívají k přehřívání objektu. Další nevýhoda je jejich difuzní nepropustnost. Takové utěsnění domu přispívá ke kondenzaci vodních par a vzniku plísní.

Kaučukové a asfaltové pásy se nejčastěji používají jako hydroizolační ochrana objektu.

Stejně jako při výrobě cementu je za potřeby pro jejich výrobu velké množství tepla.

Další využívané plastové prvky jsou okna, zastřešení, parapety, trubky, folie, PUR pěna, perlínka, okapy, komponenty nářadí a mnoho dalšího.

### **3.3.2 Šetrné alternativy stavebních materiálů**

#### **Cement**

Vhodnou náhražkou je **hašené vápno**. Vypaluje se při polovičních teplotách než cement a jeho vlastnosti se často využívají v přírodním stavitelství, především jako součást směsi do omítek. Vápenné omítky mají hydrofobní účinky a zároveň jsou difuzně otevřené. Díky vysokému pH poskytují přirozenou ochranu proti plísním a houbám.

## **Písek**

Při stavbě dřevostavby se písek přidává do betonových základů domu a je důležitou složkou hliněných a vápenných omítek u slaměných domů. Vhodné řešení základů, za účelem užití nižšího množství betonu, je založení objektu na patkách.

**Hliněné a vápenné omítky** hrají hlavní roli při akumulaci tepla a vyrovnávání vlhkosti v objektu a konstrukci slaměných domů. Omezení použití písku je možné pouze tehdy, pokud se objekt nachází na pozemku s optimálním obsahem jílu v půdě.

## **Ropa**

Bez použití ropných produktů se na stavbě neobejdeme. Omezit je můžeme získáváním lokálních materiálů a produktů tak, aby nerostla spotřeba pohodných hmot na přepravu.

Na trhu jsou k dostání různé druhy **přírodních izolací**. Lze je rozdělit na rostlinný organický, minerální anorganický a zvířecí organický materiál. Nejlevnější izolací vůbec je sláma. V závěsu za ní je foukaná celulóza. Jedná se o rozvlákněný recyklovaný papír. Díky svým vlastnostem a rychlé aplikaci roste na popularitě.

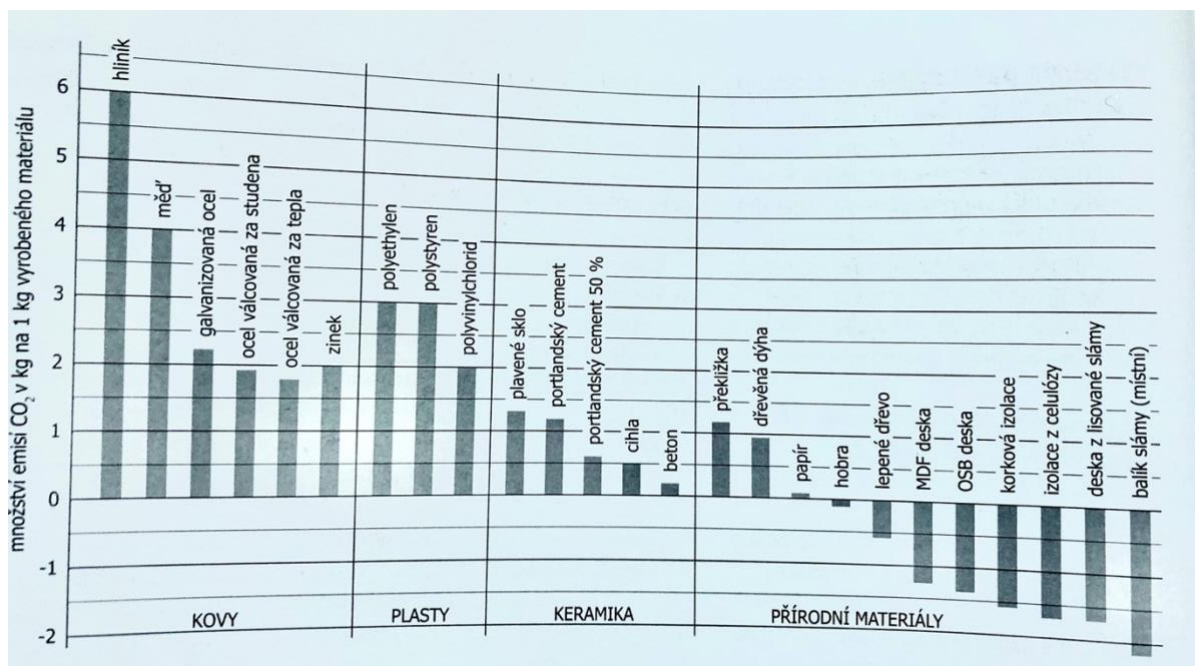
**Vegetační zelené střechy** jsou často volené způsoby zastřešení v přírodním stavitelství. Působí jako dobrý chladič v letních dnech jak pro interiér objektu, tak dále snižuje albedo a podporuje biodiversitu. Jako hydroizolace střechy se používají více zmíněné kaučukové a asfaltové pásy. Tu nelze nahradit přírodním materiálem, a proto je doporučeno investovat do co nejkvalitnějšího typu s nejdelsí životností. Varianty pro střechy z přírodních materiálů jsou došky z rákosy, slámy, vymláčené kukuřice nebo dřevěná šindel.

### **3.3.3 Porovnání materiálů**

Syntetické materiály jsou často dostupnější volba a je vhodné si rozmyslet, zda jsou opravdu potřeba. Následující tabulka zobrazuje přehled vyprodukovaných emisí CO<sub>2</sub> při výrobě 1kg daného materiálu.

Hodnoty betonu ve srovnání s kovy nejsou příliš vysoké, ale právě jeho nadměrné používání a výsledné chování v prostředí má markantní následky. V tabulce není započtena vložená energie na likvidaci materiálů.

**Graf 1:** Znázornění počtu kg v emisích CO<sup>2</sup> vyrobených při výrobě 1kg 24 běžných materiálů (MacMath 2000, emise pro slaměné balíky – Jakub Wihan)



### 3.4 Technické parametry slámy a dřeva

#### 3.4.1 Sláma

Sláma je organický nehomogenní materiál. Její vlastnosti jsou velmi proměnné. Záleží na lokalitě pěstování, druhu obilí, technologii a postupu při měření vlastností.

Hodnoty se posuzují dle uložení balíku v konstrukci. Mohou být stavěny na výšku (měření probíhá kolmo na vlákna) nebo na šířku (měření probíhá ve směru vláken).

- **Hustota  $\rho$  [ $\text{kg/m}^3$ ]** malých balíků se pohybuje mezi 70-130  $\text{kg/m}^3$ . Běžný balík z pšeničné slámy dosahuje hustoty kolem 90  $\text{kg/m}^3$  což je optimální hodnota. Přílišné nahuštění slaměných vláken omezuje uzavření vzduchu, který je zásadním faktorem pro účinnost izolace. Naopak řídký balík způsobuje tepelné ztráty vzdušným prouděním.
- **Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  [ $\text{W/mK}$ ]** je v průměru  $\lambda = 0.045$   $\text{W/mK}$  pro balík s měrnou hmotností 90 a 110  $\text{kg/m}^3$ . Tato hodnota byla naměřena Institutem FIW v Mnichově podle normy DIN 52612 v suchém stavu při teplotě 10°C. Hodnota zahrnuje i 20% přírážku dle normy DIN 4108-4 (původní naměřená hodnota  $\lambda = 0.0379$   $\text{W/mK}$ ). Výsledky této veličiny se často liší. Při měření záleží na mnoho okolnostech, především na způsobu testování. (Márton, 2014)
- **Směr slaměných stébel** v konstrukci má vliv na tepelnou vodivost materiálu. Pokud je balík uložen na výšku (kolmo na stébla) jejich  $\lambda = 0.045 - 0.052$   $\text{W/mK}$ . Pokud je položen na šířku (podélně ve směru vláken) lze počítat s  $\lambda = 0.060 - 0.080$   $\text{W/mK}$ . I přes vyšší součinitel tepelné vodivosti je výhodnější ukládat balíky na šířku. Zeď je stabilnější, kvůli větší ploše uložení, a zároveň větší tloušťka balíku dorovná vzniklé rozdíly. (Slamák info, 2022)
- Slaměné balíky, díky nízké hustotě, vykazují nízkou schopnost **akumulace tepla**. Aby objekt ze slámy měl dobré akumulční schopnosti je důležité přidat ze strany interiéru vrstvu z materiálu o vyšší hustotě. Ideální je omítnutí stěn hliněnými omítkami. Ty dosahují hustoty cca 2000  $\text{kg/m}^3$ . Dostačující vrstva pro zlepšení akumulace se pohybuje mezi 3-5cm. (Márton, 2014) Z podobné směsi se vyrábí nepálené hliněné cihly, které mohou poskytnout další akumulční prvek v podobě interiérových příček oddělující pokoje v budově.

- **Tepelná kapacita  $c$  [kJ/kgK]** vyjadřuje, kolik energie je potřeba k ohřátí jednoho kilogramu materiálu o jeden teplotní stupeň. Hodnota pro slámu je  $c = 2$  kJ/kgK a u hlíny  $c = 1$  kJ/kgK. (Márton, 2014)
- Pro poměrování kapacit materiálů se používá **objemová měrná tepelná kapacita  $S$** . Ta do výpočtu zahrnuje hustotu materiálu  $S = c \cdot \rho$  [Wh/m<sup>3</sup>K]. Slaměný balík nabývá hodnot  $S = 200$  Wh/m<sup>3</sup>K což pro hlínu je hodnota desetinásobně vyšší  $S = 2000$  Wh/m<sup>3</sup>K.
- U staveb dochází k částečnému vyrovnávání tlaku mezi vnitřním a venkovním prostorem. Tento pohyb vodních par **určuje difúzní odpor materiálů  $\mu$** . Slaměné stěny jsou z pravidla difúzně otevřené. Pasivity objektu lze dosáhnout při použití deskových materiálů a parotěsných folií. Parotěsný materiál by měl být použit ve větší míře na straně interiéru.
- **Zvukově izolační vlastnosti** slaměných balíků jsou velmi dobré. Nejlépe tlumí frekvence v rozmezí 2000-4000 Hz, což je rozmezí, na které je lidské ucho nejcitlivější. V USA jsou postavena nejméně dvě slaměná nahrávací studia a rozšířená jsou také meditační centra. (Jones, 2001)
- **Požární odolnost** slaměných staveb je obecně velmi dobrá. Testů na stanovení požární odolnosti slaměných domů bylo provedeno mnoho, ať už v ČR nebo v cizině, a doba odolnosti je stanovena na cca 120 min. Legislativa schvaluje z takto požáru odolné skladby stěn postavit až osmi patrovou budovu. Komplikace není objekt samotný, ale jeho výstavba. Uskladnění slámy v průběhu stavby představuje vyšší riziko a to často komplikuje splnění požadavků na požární ochranu. Pro vyhovění kritérií je nutné dodržovat stanovené hranice se sousedními parcelami a stavba musí být v zóně hasičských zbrojnic ČR. (Přírodní bydlení, 2019)

### 3.4.2 Dřevo

Dřevo je jedním z nejstarších stavebních materiálů. Je snadno opracovatelné, lehké a pružné. Jedná se o anizotropní materiál což znamená, že v každém směru vláken má jiné vlastnosti. Největší rozdíly ve vlastnostech můžeme pozorovat rovnoběžně (  $\parallel$  ) a kolmo (  $\perp$  ) k vláknům. Ve směru kolmo k vláknům se od sebe liší vlastnosti v radiálním a tangenciálním směru. (Kuklík, 2005)

- **Hustota** dřeva vlastní dřevní hmoty je stejná pro všechny dřeviny - přibližně 1 500kg/m<sup>3</sup>. **Objemová hmotnost** závisí na druhu dřeva a jeho vlhkosti, s rostoucí vlhkostí vzrůstá. V suchém stavu se u běžných dřevin pohybuje od 400 do 700 kg/m<sup>3</sup>. (Kolář, Reiterman, 2012)
- **Součinitel tepelné vodivosti**  $\lambda$  je u dřevin rozdílný v anatomické struktuře, hustotě, teplotě, vlhkosti aj. Obecná hodnoty pro dřevo $\perp$  ( $w = 12\%$ ) = 0,12–0,18 W/mK a dřevo  $\parallel$  ( $w = 12\%$ ) = 0,25–0,45 W/mK
- **Vlhkost** dřeva udává množství vody, které je ve dřevě obsaženo. Voda se vyskytuje ve dřevě jako hygroskopicky vázaná voda (stěny buněk) a voda volná (mimo stěny buněk). Voda vázaná dosahuje vlhkosti maximálně 30% - dojde k nasycení vláken. Hygroskopickým vlhnutím a vysycháním se zvětšuje a zmenšuje tloušťka buněčných stěn a tím tak dochází k bobtnání a sesychání dřevní hmoty. (Kuklík, 2005) **Bobtnání** v jednotlivých směrech udává poměr  $T : R : L = 20 : 10 : 1$ . Dřevo se často porovnává při **vlhkosti**  $w = 12\%$  a to z důvodu, že těchto hodnot dřevo dosahuje při dlouhodobějším působení vlhkosti vzduchu 65% a teplotě 20 °C.

Dřevo je dobrým izolantem, protože má malou teplotní vodivost. V suchém stavu nevede proud a má skvělý akustický útlum a ozvučnost. (Kolář, Reiterman, 2012)

- **Požární odolnost** dřeva je vysoká. Ačkoliv je dřevo zápalné a hořlavé při požáru je jeho chování předvídatelné. V knize *Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů* je stanovena požární odolnost nosníku z rostlého jehličnatého dřeva vystaveného požáru ze tří stran o průměru 200mm a výšce 240mm na 60min.

**Tabulka 3: Porovnání veličin přírodních a syntetických materiálů (stavba-.tzb-info)**

<b>Přírodní materiály</b>	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	$c$ [kJ/kg.K]	$\mu$ [-]
Sláma	90-130	0,04 – 0,08	2	2
Hliněná omítka	1800	0,8	1	6
Nepálené hlin. cihla	1900	< 0,9		10
Vápenná omítka	1600	0,88	840	6
Dřevo ( $\perp$ k vláknům)	600	0,18	2510	157
Dřevovláknitá deska lisovaná	200	0,075	1630	12
<b>Syntetické materiály</b>				
Polystyren PPS	10	0,05	1270	50
Beton	2100	1,23	1020	17
Sádkokarton	750	0,22	1060	90
Minerální vata	100	0,56	880	2
Cihelná hmota	1400	0,64	920	-

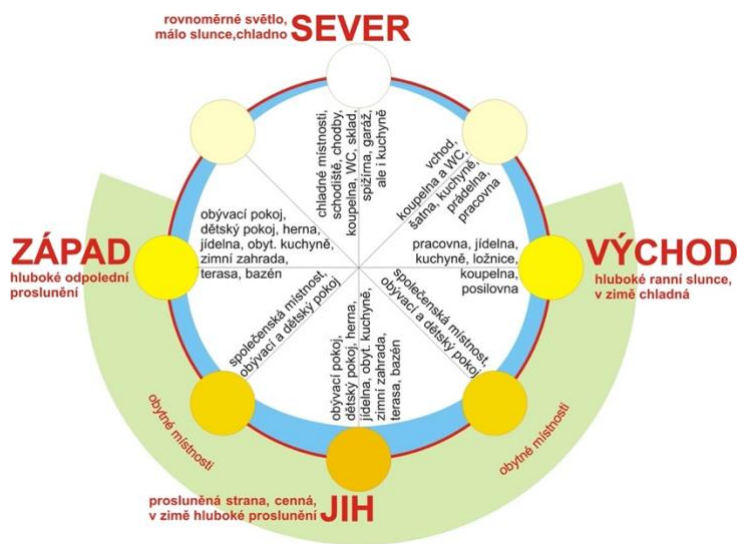
### 3.4.3 Orientace a umístění objektu na pozemek

Základem dobře provedeného domu je kvalitní návrh. Funkčnost objektu závisí na mnoho aspektech počínaje tvarem domu, materiálovým řešením, dispozicí, technologiemi a v neposlední řadě i orientací objektu a mírou prosklení. Vhodným

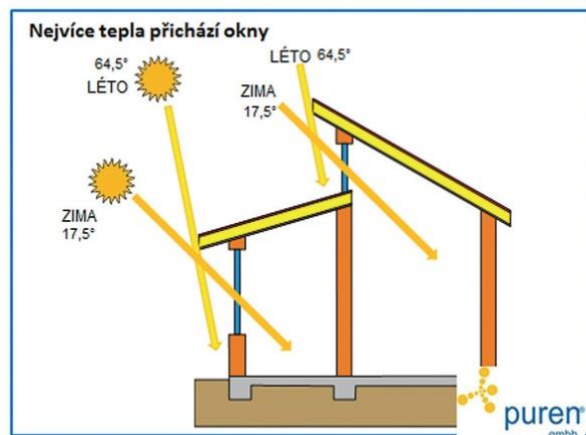
dispozičním řešením a umístění oken můžeme docílit lepších tepelných vlastností domu.

Míra prosklení by měla být největší z jihu a nejmenší ze severu. Severní strana domu je zpravidla chladnější a má menší míru prosvětlenosti. Je tudíž vhodné umístit na tuto stranu domu méně využívané místnosti. Zatímco jižní strana poskytuje nejdéle přirozeného světla ze dne a je i tepelně zvýhodněna, hodí se pro místnosti s vyšší frekvencí. Viz obrázek 1 (Estav, 2020)

Důležité je brát v potaz intenzitu slunečního svitu v průběhu ročních období. V zimě je slunce níže k horizontu a má kratší rozsah od východu k západu, zatímco v létě je slunce výše. Při správném vypočítání úhlu dopadu světla na objekt lze naprojektovat správného odclonění oken tak, aby se předešlo přehřívání objektu v letním období. Lze vypočítat vhodnou délku převisu střechy nebo zvolit správné odclonění oken. Viz obrázek 2



**Obrázek 1:** Vhodné umístění místností vůči světovým stranám (Estav, 2020)



**Obrázek 2:** Úhel dopadu slunečních paprsků v zimě a létě (tvstav, 2018)



## 4 METODIKA

Formou literární rešerše jsou v bakalářské práci zpracovány základní informace o dřevostavbách a slaměných stavbách. Znalosti dané problematiky byly čerpány především z literatury a webových stránek.

V druhé části bakalářské práce je zpracován návrh rodinného domu včetně dokumentace. Příloha obsahuje studii domu a projektovou dokumentaci pro vydání společného povolení. Výkresy byly zpracovány v počítačovém bim softwaru ArchiCad 24 a dokumentace byla vypracována dle vyhlášky Vyhláška č. 499/2006 Sb.

Zpracování bakalářské práce dle bodů:

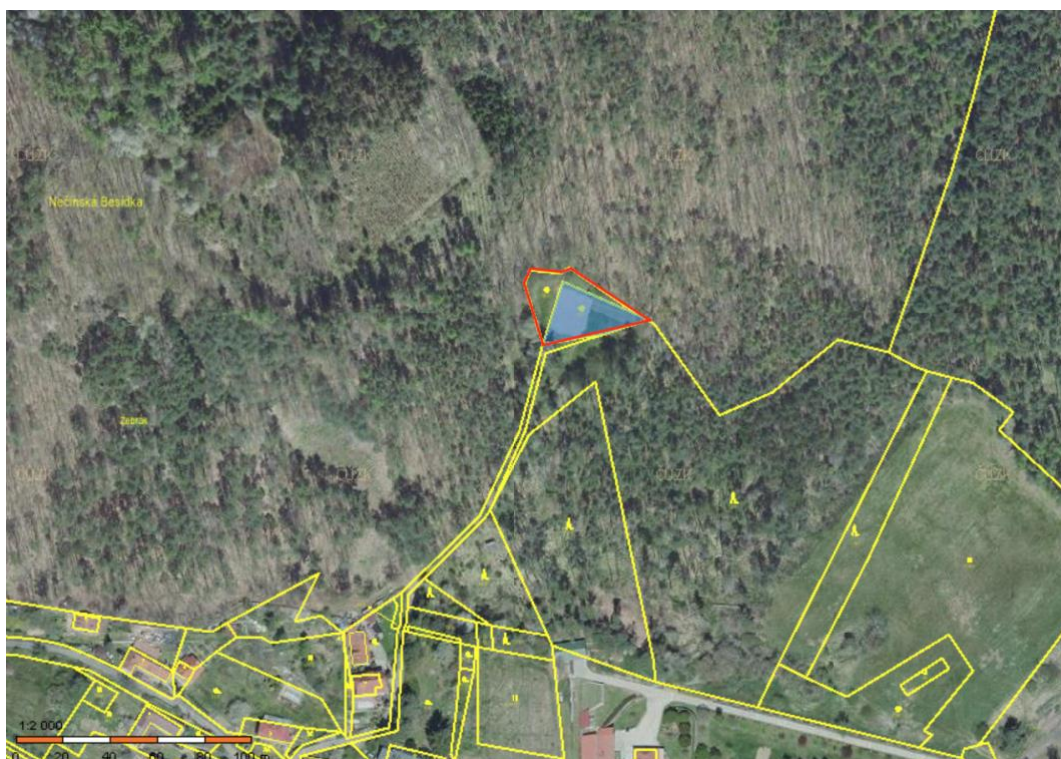
- Studium literatury
- Hledání a sběr odborných informací (internetové zdroje, odborné katalogy a přednášky)
- Prohlídka pozemku
- Umístění návrhu na pozemek
- Vytvoření studie rodinného domu v softwaru ArchiCad 24
- Vypracování technické dokumentace v softwaru ArchiCad 24
- Zpracování technické zprávy dle vyhlášky č. 499/2006 Sb.

## 5 ARCHITEKTONICKÁ STUDIE

Studie především udává prvotní koncept objektu. Slouží jako zjednodušená verze projektové dokumentace pro ucelení představy investora o plánovaném objektu.

### 5.1 Parcela

Objekt je umístěn na pozemku ve středočeském kraji v obci Žebrák u Nečína. Výměra pozemků je 996m<sup>2</sup>. Zastavěná plocha činí 108m<sup>2</sup> což je 10,84% zastavěnosti. Stavba bude v souladu s územním plánem 2023. Dle katastru nemovitostí je parcela vedena jako ostatní plocha. Na pozemku nestojí žádný objekt ani vzrostlé dřeviny. Pozemek se od severní strany svažuje k jihozápadu. Charakter přilehlé obce je vesnického typu s objekty převážně určené k rekreaci.

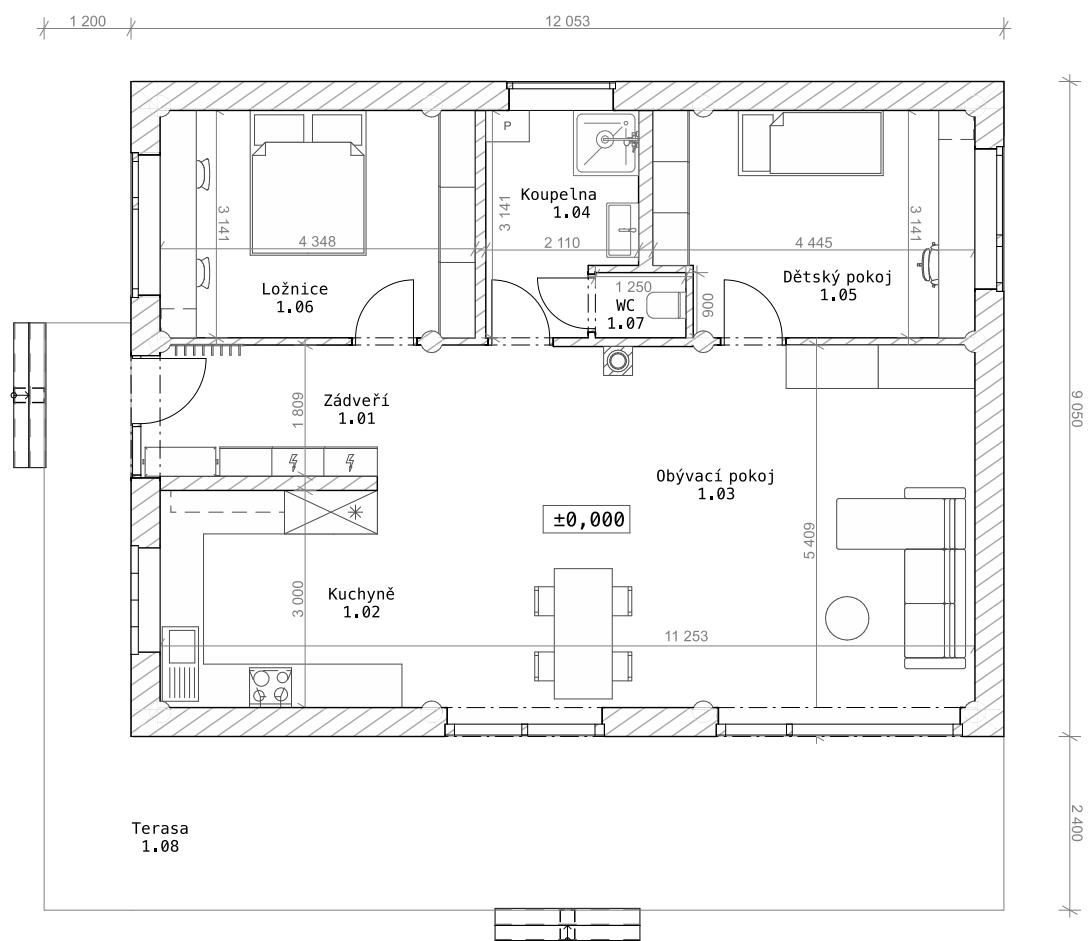


**Obrázek 3:** Poloha řešeného území (cuzk, 2022)

## 5.2 Základní tvarové a dispoziční řešení

Půdorys jednopodlažního objektu je tvořen jednoduchým obdélníkem. Vstup do domu je ze západní strany přes zádveří, která přechází do obývacího pokoje s kuchyní. Prostor je prosvětlen velkými okny směřující na jih, tak aby solární zisky byly co největší. Z této multifunkční místnosti je vstup do dvou ložnic oddělené koupelnou. Koupelna s toaletou je umístěna na severní straně domu. Jedna ložnice má okno směřované na západ a druhá na východ.

Střecha je plochá, extenzivně vegetační se sklonem 2,5°. Dešťová voda je sváděna ze střechy do akumulčních nádrží.



Obrázek 4: Dispoziční řešení 1NP (autor, 2022)

## 5.3 Konstrukční a materiálové provedení

Jedná se o dřevostavbu z těžkého skeletu zaizolovanou slaměnými balíky. Jednopodlažní dům je postaven z čistě přírodních materiálů. Objekt je navržen tak, aby byla výstavba co nejsnazší, nejrychlejší a co možná nejlevnější.

Rodinná dům je založen na dvanácti železobetonových patkách třídy C 16/20 zpevněné betonářskou ocelovou tyčí. Na nich je položen dřevěný rošt zaizolovaný slaměnými balíky. Ty jsou v konstrukci zaklopeny deskami na bázi dřeva.

Nosná obvodová konstrukce je tvořena hoblovanou borovicovou kulatinou o průměru 300mm. Těžká skeletová konstrukce je uložena ve dvou rastrech. Ten je stejný i pro základové patky, aby docházelo k přenesení zatížení z konstrukce do základů. Půdorysný, 3x se opakující, rastr 5115x3751mm tvoří prostor multifunkční místnosti. Půdorysný rastr 3255x3751, 3x vedle sebe, tvoří druhou polovinu domu, a to dvě ložnice s koupelnou a toaletou. Mezi sloupy jsou vkládány balíky. Následně jsou stěny omítnuty vápennými omítkami z exteriéru a hliněnými omítkami v interiéru.

## 6 DOKUMENTACE PRO VYDÁNÍ SPOLEČNÉHO POVOLENÍ

Dle vyhlášky č. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb je v bakalářské práci zpracován stupeň dokumentace pro vydání společného povolení v rozsahu:

B – Souhrnná technická zpráva

C – Situační výkresy

D.1.1 – Dokumentace objektů - Architektonicko-stavební řešení

B-Souhrnná technická zpráva je zaměřená především na popis území a celkové stavby. V příloze je zpráva uvedena v plném znění dle vyhlášky 499/2006Sb.

Bakalářská práce se zaměřuje na část architektonicko-stavebního řešení. Projekt není podrobný natolik, aby popisoval veškeré body uvedené v souhrnné zprávě. Proto některé body obsahují vysvětlení, že tato problematika není předmětem projektové dokumentace.

Příloha C-Situační výkresy se skládá, dle výše uvedené vyhlášky, ze tří výkresů. První je situační výkres širších vztahů, který slouží k orientaci v širším okolí a jsou zde vyznačeny hranice dotčeného území. V katastrální situační výkresu jsou uvedeny výměry pozemku a procentuální zastavěnost. Posledním výkresem přílohy C je koordinační situační výkres, na kterém jsou uvedeny rozměry objektu a rozměry pozemku vůči objektu.

Příloha D.1.1 – Dokumentace objektů - Architektonicko-stavební řešení je rozdělena do bodů a) Technická zpráva a b) Výkresová část. Technická zpráva je zaměřená na stručný popis architektonicko-stavebního řešení objektu. Druhá část zahrnuje základní výkresy půdorysů, řezů a pohledů. Celá dokumentace je vedena dle bodů vyhlášky. 499/2006 Sb.

## **6.1 Návrh postupu výstavby**

V celé ploše budoucí stavby, včetně terasy, se z povrchu terénu sejme cca 25cm ornice a povrch se zasype šterkem. Připraví se výkopy pro základové patky. Tvarovky ztraceného bednění se uloží do připravených jam, zalijí se betonem třídy C 16/20 a zpevní se betonářskou ocelovou tyčí. Nakonec se do patek zabudují průvlaky pro následné vztyčení dřevěného skeletu.

Na průvlaky jsou položeny 4 dubové hranoly, na kterých se zkonstruuje dřevěný rošt o skladbě S<sub>1</sub>.

#### S<sub>1</sub> SKLADBA PODHLAHY

Modřínová prkna	15mm
Separální podložka	2mm
Dřevovláknité desky	40mm
OSB desky	18mm
Nosný rošt (rastr 643mm)	
Tepelná izolace - slaměné balíky	300mm
OSB desky	18mm
Vzduchová mezera	200-400mm
Kačírek	150mm
Zemina	
Nosný rošt total	<hr/> <b>Σ393mm</b>

V průběhu konstrukce podlahového roštu jsou vztyčovány sloupy z kulatiny. Na ty jsou položeny obvodové trámy a následně střešní nosníky z hraněného řeziva.

Na střešní nosníky je položen dřevěný střešní rošt, zateplený balíky slámy, skladby S<sub>4</sub>

#### S<sub>4</sub> SKLADBA STŘECHY

Vegetace	
Substrát + kačírek	100mm
Geotextilie	1,5mm
Hydroizolační folie Firestone EPDM	2mm
OSB desky	15mm
Dřevěný rošt	
Tepelná izolace - slaměné balíky	300mm
Dřevovláknité desky	40mm
Parozábranný papír + páska airstop	1,5mm
Smrková prkna	<u>15mm</u>
	<b>Σ375mm</b>

Těžký dřevěný skelet je zavětrován a jsou zkonstruované okenní špalety. Konstrukce domu je částečně přiznaná z vnitřní strany, a tak jsou balíky slámy ukládány z části mezi sloupy a z části obíhají dřevěnou konstrukci z vnější strany. Každá řada je posunuta o půl balíku tak, aby vznikala mezi balíky běhounová vazba. Vzniklé stěny jsou zarovnány plotovými elektrickými nůžkami na tloušťku 350mm.

Ze strany exteriéru jsou balíky omítnuty vápennou omítkou a ze strany interiéru hrubou hliněnou omítkou viz S<sub>2</sub>

#### S<sub>2</sub> SKLADBA OBVODOVÉ STĚNY

Finální hliněný štuk	2mm
Hrubá hliněná omítka	28mm
Tepelná izolace - Slaměný balík	350mm
Dřevěné sloupy - kulatina	Ø300mm
Vápenná omítka	<u>20mm</u>
	Σ400mm

Dále se uloží okna a dveře do připravených otvorů. Pro konstrukci příček je vytvořen jednoduchý dřevěný rošt z latí, na který se nanese první vrstva hrubých hliněných omítek. Ty v této konstrukci plní izolační funkci, jak je uvedeno ve skladbě S<sub>3</sub>.

#### S<sub>3</sub> SKLADBA NENOSNÝCH PŘÍČEK

Finální hliněný štuk	2mm
Dřevěný rošt – latě	40x60mm
Hrubá hliněná omítka	96-200mm
dle šíře instalačních prvků v příčce	
Finální hliněný štuk	<u>2mm</u>
	Σ100-204mm

Před finální úpravou stěn a podlah je nutné dokončit připravené rozvody vody, elektřiny a odpadu. Na konec jsou dokončeny finální hliněné štuky, jsou lepeny a spárovány obklady v kuchyni a koupelně a je položena modřínová prkenná podlaha.

## 6.2 Výpočet prostupu tepla obvodové konstrukce

Z uvedených informací v kapitole Technické parametry slámy a dřeva lze vypočítat:

**Tepelný odpor stěny  $R$  [ $m^2K/W$ ]  $R = d / \lambda$**

kdy je tloušťka stěny  $d$  [m] dělena součinitel tepelné vodivosti.

**Součinitel prostupu tepla  $U = 1/R_{SI} + R + R_{SE}$  [ $W/m^2K$ ]**

$R_{SI}$ -odpor při prostupu tepla ne vnitřní straně a  $R_{SE}$ -odpor při prostupu tepla ne vnější straně konstrukce. (Márton, 2014)

**Tabulka 4** :Výpočet hodnoty  $U$  navrhované skladby obvodové stěny (Márton, 2014)

U - Stěny	Tloušťka $d$ [m]	$\lambda$ [ $W/mK$ ]	$d / \lambda$ [ $m^2K/W$ ]
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně			0,130
Hliněná omítka	0,030	0,80	0,037
Balík na šířku	0,350	0,060	5,833
Vápenná omítka	0,020	0,87	0,023
Odpor při přestupu tepla na vnější straně			0,040
Hodnota $U$ bez dřevěné konstrukce		1/6,063	<b>0,16 <math>W/m^2K</math></b>

Součinitel prostupu tepla obvodové stěny  $U = 0.16 W.m^{-2}.K^{-1}$  vyhovuje doporučené hodnotě pro pasivní domy  $U_N = 0.18 W.m^{-2}.K^{-1}$  dle ČSN 73 0540-2:2011.



## 7 ZÁVĚR

Ze získaných informací je patrné, že přírodní stavební materiály se mohou svými vlastnostmi vyrovnat konvenčním stavebním materiálům. Krokem pro zvýšení zájmu o stavby z obnovitelných materiálů je rozšíření podvědomí o vlastnostech přírodních materiálů a vyvracování mýtů, jako je například tvrzení o krátké životnosti staveb.

Bakalářská práce, zaměřená na dřevostavby a slaměné stavitelství, byla zpracována dle vypsání cílů. V kapitole literární rešerše jsou popsány konstrukční řešení dřevostaveb a domů zaizolovaných slaměnými balíky. Dále je uveden vliv stavebnictví na životní prostředí. V poslední podkapitole literární rešerše jsou shrnuty technické parametry slámy a dřeva, kde jsou uvedeny základní parametry těchto materiálů. Je zde zmíněna i důležitost umístění objektu vůči světovým stranám.

V druhé části bakalářské práce je uveden popis lokality umístění návrhu rodinného domu a popis objektu samotného. V následující kapitole dokumentace pro vydání společného povolení je stručný popis této přílohy včetně návrhu na postup výstavby objektu. Dále je zde proveden výpočet součinitele prostupu tepla navrhované skladby obvodové zdi. Výsledek vyhovuje doporučené hodnotě pro pasivní domy.

Přílohami bakalářské práce je Studie, Souhrnná technická zpráva, Situační výkresy a Dokumentace architektonicko-stavebního řešení. Další části projektové dokumentace mohou být zpracovány v navazujícím studiu v rámci diplomové práce.

Obsah literární rešerše je stručný z důvodu zpracování projektové dokumentace tak, aby nebyl překročen celkový rozsah bakalářské práce.

## 8 SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

### TIŠTĚNÁ LITERATURA

1. BERGE, Bjørn. *The ecology of building materials*. 2nd ed. Oxford: Architectural Press, 2009. ISBN 978-1-85617-537-1.
2. BLASS, Hans Joachim a Carmen SANDHAAS. *Timber Engineering – Principles for Design*. 2013. ISBN 3731506734.
3. CASABRA, *Straw Bale Building Details*. New Society Publishers, 2019, 288s., ISBN13 (EAN): 9780865719033
4. Gernot, MINKE, Friedemann MAHLKE: *Stavby ze slámy - Jak pořídit z balíků slámy standardní dům*, 1. cz vyd. Ostrava: Hel 2009, 144 s. ISBN 978-80-86167-31-2
5. HERZOG, Thomas. *Timber construction manual*. Boston: Birkhäuser, 2004. ISBN 978-3-7643-7025-1.
6. HOUDEK, Dalibor a Otakar KOUDELKA. *Srubové domy z kulatin*. 4. vyd. Slavkov u Brna: MM Publishing, 2011, 192 s. ISBN 978-80-904414-4-6
7. HŮLKA, MAŘÍK, ODEHNAL, ŠTAJNRT, ZWIENER, *Dřevostavby rodinných domů, Technická příručka pro žáky středních průmyslových škol stavebních*. Opava 2014, 96s
8. CHYBÍK, Josef, *Přírodní stavební materiály*, Praha: Grada, 2009, 272s. , ISBN 978-80-247-2532-1

9. JONES, Barbara.. *Information guide to straw bale building: For self- builders and the construction industry*, Todmorden : AMAZON NAILS 2001, 78 s.
10. KOLÁŘ Karel, REITERMAN Pavel, *Stavební materiály pro SPŠ stavební*, Praha: Grada Publishing, a.s., 2012, 208s., ISBN 978-80-247-4070-6
11. KOLB, Josef. *Dřevostavby, Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*, Basel, Switzerland: Grada Publishing, a.s. 2007,translation Grada Publishing, a.s., 2008, 320s ISBN 978-80-247-2275-7
12. KUKLÍK, Petr, *Dřevěné konstrukce*, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2005, 187s.
13. MÁRTON, Jan. *Stavby ze slaměných balíků*. 2. vyd. Liberec: J. Márton, 2014, 228 s. ISBN 978- 80-260-5713-0.
14. MINKE, Grenot,*Příručka hliněného stavitelství:materiály – technologie-architektura*.Pagoda, 2009, 288s. ISBN: 978-80-969698-2-1
15. PAVLAS, Marek, *Dřevostavby z vrstvených masivních panelů, Technologie CLT*, 1.vydání, Praha: Grada Publishing, a.s., 2016, 96s. ISBN 978-80-271-9369-1 (pdf)
16. RŮŽIČKA, Martin, *Stavíme dům ze dřeva*, 1. vydání, Praha: Grada, 2005, 117s., ISBN 80-247-1461-2
17. RŮŽIČKA, Martin. *Moderní dřevostavba*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 160 s. ISBN 978-80-247-3298-5
18. WATTS, Andrew. *Modern construction handbook*. Third edition. Vienna, Austria: Ambra/V, 2013. ISBN 978-3990434543.

19. *Wood Handbook* - Centennial Edition, Forest Products Laboratory, United States Department of Agriculture Forest Service, Madison, Wisconsin 2010, 509s, General Technical Report FPL–GTR–190
20. ZOUFAL R. a kolektiv: *Hodnoty požární odolnosti stavebních konstrukcí podle Eurokódů*, PAVUS, a.s., Praha 2009, ISBN 978-80-904481-0-0

## INTERNETOVÉ ZDROJE

1. Climate change: The massive CO2 emitter, Lucy Rodgers, [Online] 2018 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/science-environment-46455844>
2. Coal combustion, Sarma V.L.N. Pisupati [Online] [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/coal-utilization-122944/Coal-combustion#ref623908>
3. Český statistický úřad [online]. 2021 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/bvz\\_cr](https://www.czso.cz/csu/czso/bvz_cr)
4. Ekopanely [Online] [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.ekopanely.cz/>
5. Foukaná izolace firma VestaEco, [Online] [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://bydletezdrave.cz/VestaEco-FIBRA---slamena-foukana-izolace/produkt/934>
6. I nosníky, [Online] 2012 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/drevene-nosniky-pro-snadnejsi-konstrukci-drevostaveb-21016.html>

7. Nahlížení do katastru nemovitostí [online] 2022 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/https://sgi-nahlizeniidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=1975836211&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>
8. Přírodní bydlení, GRMELA, Dan, GAJDA, Jakub, [Online] 2019 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: Video: <http://www.prirodnibydeni.cz/pozarni-bezpecnost-slamak/>
9. Přírodní bydlení, GRMELA, Dan, GAJDA, Jakub, [Online] 2020 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: Video: <http://www.prirodnibydeni.cz/slamene-panely/>
10. Slamák info, GRMELA Dan [Online] 2022 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.slamak.info/balikovani-slamenych-sten/>
11. Slaměné panely Slam- pa [Online] 2012 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.slam-pa.cz/>
12. Těžba písku, Lesy ČR, Zemek, Tomáš [Online] 2013 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/casopis-clanek/tezba-pisku-a-rekultivace-ploch-v-piskovne-bzenec-privoz/>
13. Úhel dopadu slunečních paprsků v zimě a létě, [Online] 2018 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://tvstav.cz/clanek/4873-tepelne-izolace-puren-pir-funguji-i-v-letnim-obdobi>
14. Vhodné umístění místností vůči světovým stranám, Estav, Brandejský, Petr [Online] 2020 [cit. 20. 4. 2022]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/9075.zakladni-princip-navrhu-pasivniho-domu-je-jednoduchy>

## **ZÁKONY, VYHLÁŠKY A NAŘÍZENÍ VLÁDY**

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

**Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb.**

**Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu.**

## **TECHNICKÉ NORMY**

**ČSN 73 4301. 2004** *Obytné budovy* Praha : ÚNMZ Praha, 2004.

**ČSN 73 0540-1. 2005.** *Tepelná ochrana budov. Část 1: Terminologie.* Praha : ÚNMZ Praha, 2011. á

**ČSN 73 0540-2. 2011.** *Tepelná ochrana budov. Část 2: Funkční požadavky.* Praha : ÚNMZ Praha, 2011.

## **POUŽITÝ SOFTWARE**

**ArchiCAD 24 (c), Graphisoft**

## 9 SEZNAM PŘÍLOH

### I. STUDIE

	Architektonický návrh
AS.01	Situační výkres širších vztahů M 1:1000, 1:2000
AS.02	Situace M 1:200 Tabulka místností
AS.03	Půdorys 1NP
AS.04	Řez A—A' + B—B'
AS.05	Pohled SJVZ Materiálové řešení Vizualizace — čelní pohled + pohled ze zahrady

### II. PROJEKTOVÁ DOKUMENTACE PRO VYDÁNÍ SPOLEČNÉHO POVOLENÍ

#### B Souhrnná technická zpráva

#### C Situační výkresy

- C.1 – Situační výkres širších vztahů M 1:2000
- C.2 – Katastrální situační výkres M 1:1000
- C.3 – Koordinační situační výkres M 1 :200

#### D Dokumentace stavebního objektu

##### D.1.1 Architektonicko-stavební řešení

###### a) Technická zpráva

###### b) Výkresová část

- D.1.1.b.1 - PŮDORYS 1NP 1:50
- D.1.1.b.2 - PŮDORYS ZÁKLADŮ 1:50
- D.1.1.b.3 - PŮDORYS STŘECHY 1:50
- D.1.1.b.4 - ŘEZ A-A, ŘEZ B-B 1:50
- D.1.1.b.5 - POHLED SJ 1:50
- D.1.1.b.6 -POHLED VZ 1:50