

Mendelova univerzita v Brně
Lesnická a dřevařská fakulta
Ústav základního zpracování dřeva

Využití slámy jako stavebního materiálu

Bakalářská práce

Samostatná příloha: Výkresová část

2016

Pavla Hájková

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: **Využití slámy jako stavebního materiálu** zpracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:.....

Podpis studenta:

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat doc. Dr. Ing. Zdeňce Havířové, která mne vedla a poskytla mi svůj drahocenný čas. Za ochotu vysvětlit a podat užitečné rady vedoucí k úspěšnému zpracování této bakalářské práce. Děkuji.

Velké díky patří celé mé rodině a nejbližším za podporu při mém studiu, protože si uvědomuji, jak moc mi jejich podpora pomohla při psaní této práce. Děkuji.

Další díky patří Ondřejovi Šlahařovi, který mi ochotně poskytl různé studijní materiály a umožnil mi, abych mohla být u realizace slaměné stavby. Děkuji.

Jméno Pavla Hájková
Název práce Využití slámy jako stavebního materiálu

Abstrakt

Hlavním cílem této bakalářské práce je návrh stavby, ve které je jako hlavní stavební materiál použito dřevo a sláma. Objekt je navržen dispozičně v souladu s platnými předpisy a normami. Uvedeny jsou skladby jednotlivých konstrukcí a posouzení jejich vhodnosti pro daný účel. Dále je uveden postup realizace objektu, návaznosti jednotlivých prací a jejich specifika pro daný materiál.

Bakalářská práce pojednává o historii slaměných domů, jejich vlastnostech a požadavcích kladených na tyto domy. V práci jsou rozepsány druhy dřevěných konstrukcí, které jsou vhodné pro stavby se slaměnou izolací. Jsou zde popsány výhody slámy, její využití a zpracování pro používané typy izolací.

Klíčová slova

Slaměná stavba, historie, návrh, realizace, vlastnosti.

Name Pavla Hájková
Title of work Application of straw as a building material

Abstract

The main objective of this work is to design a building, which is mainly made of wood and straw. The building layout is designed in accordance with applicable regulations and norms. Composition of individual structures and review of their suitability for the given purpose are included in the thesis. Construction process of the object, continuity of individual works and specifics of the material are shown afterwards.

Thesis shows history of the straw houses, their properties and demands for these houses. In this work are described types of wood constructions, which are suitable for buildings with straw insulation. There are also described benefits of straw, its utilization and processing for used types of insulation.

Keywords

Building of straw, history, design, implementation, properties.

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíle bakalářské práce	2
2.1	Cíle teoretické části práce.....	2
2.2	Cíle praktické části práce.....	2
3	Materiál a metodika zpracování	3
3.1	Materiál a metodika zpracování teoretické části práce.....	3
3.2	Materiál a metodika zpracování praktické části práce.....	3
4	Charakteristika slaměných staveb	4
4.1	Historie slaměných staveb	4
4.2	Charakteristika slaměných izolací a její použití	6
4.2.1	Vlastnosti slámy	7
4.2.2	Hlodavci a jiní škůdci.....	10
4.2.3	Druhy stěnových konstrukčních systémů.....	11
5	Návrh a realizace jednotlivých částí stavby	14
5.1	Výběr konstrukčního systému	14
5.2	Konstrukce stěn a upevnění slaměných balíků.....	16
5.3	Usazení oken a dveří.....	19
6	Technický popis stavby	21
6.1	Základy	21
6.2	Vnější stěna.....	21

6.3	Vnitřní stěna	22
6.4	Střešní / vodorovné konstrukce	22
6.5	Výplně otvorů	23
7	Diskuze a závěr	24
8	Seznam použité literatury	27
9	Seznam obrázků	29

1 Úvod

Proč použít izolaci ze slaměných balíků? Slaměné domy mohou být krásné, zdravé, provozně úsporné, trvanlivé, požárně odolné, za příznivou pořizovací cenu, se skvělými akusticky-izolačními vlastnostmi. Cena běžných izolací každým rokem stoupá, zejména minerální vlna a částečně i polystyrén. Což vedlo k tomu, že přírodní izolace ze dřeva, celulózy, konopí, lnu nebo slámy je levnější než běžné izolace a přesto mají výborné izolační vlastnosti. Cenu ovlivňuje energetická náročnost výroby minerální vlny i polystyrénu. Můžeme očekávat další postupné zvyšování cen, což povede ve prospěch využití přírodních izolací. Specializovaní zemědělci prodávají slaměné balíky kolem 30 Kč/kus. Důležitou informací k těmto izolacím je ekologické hledisko včetně minimální produkce CO₂. Sláma se u nás nachází v každé lokalitě, navíc je to každoročně obnovující se surovina, která se po jejím využití může opět vrátit do přirozeného koloběhu přírody. Dá se například využít ke zkyplení půdy nebo jako mulčovací hmota.

Stěny z balíků slámy mají tloušťku většinou kolem 0,6m. Velikost balíků je nutné znát již před dimenzováním základů, pozednic a dalších prvků. Může se přidat i izolace z vnější strany balíků. Takto vznikne energeticky úsporný dům bez většího vytápění nebo ochlazování. Vnitřní stěny z balíků slámy se pokrývají prodyšnou povrchovou úpravou, jako je například hliněná omítka. Skrz páru z vaření nebo také ze sprchy musí být tyto domy dobře větrané, aby balíky slámy byly stále v suchu.

U stěn z balíků existují dva odlišné konstrukční systémy. Jedním je, že balíky slámy tvoří nosnou stěnu a tíha střechy se přenáší přes balíky slámy přímo do základů. Druhou možností je skeletová konstrukce ze dřeva, která je vyplněná slámovými balíky. Tento skelet přenáší střešní zatížení a stabilizaci stěn, ale samotné balíky mají pouze vlastnost tepelné izolace. Další možností je hybridní systém, balíky slámy částečně působí pouze jako výplň a částečně mají nosnou konstrukci. Princip této techniky spočívá v tom, že balíky slámy se kladou přes sebe a spojují se maltou.

2 Cíle bakalářské práce

2.1 Cíle teoretické části práce

V práci bude popsána historie slaměných domů, jejich vlastnosti a požadavky kladené na tyto domy. Dále bude uveden postup realizace objektu, návaznosti jednotlivých prací a jejich specifika pro daný materiál.

2.2 Cíle praktické části práce

Součástí práce je návrh jednoduchého objektu s využitím dřeva a slámy jako stavebních materiálů. Objekt bude navržen dispozičně v souladu s platnými předpisy a normami. Uvedeny budou skladby jednotlivých konstrukcí a posouzení jejich vhodnosti pro daný účel.

3 Materiál a metodika zpracování

3.1 Materiál a metodika zpracování teoretické části práce

Je nezbytné provést sběr odborné literatury, která se zabývá problematikou stavěním domů ze slaměných balíků. Z dostupných zdrojů bude vypracován ucelený přehled konstrukčních staveb typických pro slaměné stavby, jejich historie, vlastnosti a požadavky kladené na tyto domy.

Z různých odborných textů, vědeckých článků, internetových zdrojů bude provedena syntéza teoretických poznatků a vyhodnocení vhodnosti různých materiálů pro jejich užití ve slaměných stavbách. Dále se budu zajímat o postup realizace objektu a návaznosti jednotlivých prací.

3.2 Materiál a metodika zpracování praktické části práce

Materiálem praktické části je pozorování realizace slaměné stavby v Gruně, na které si v praxi budu moct vyzkoušet ukládání slaměných balíků do dřevěné konstrukce. Dále mi poskytnou rozhovor a cenné rady jeho majitelé, stavbyvedoucí i projektanti.

K návrhu stavby, výběru vhodnosti daných materiálů, skladby stěn, usazení oken a dveří i návrhu střechy mě povede odborná literatura specializovaná na konstrukce dřevostaveb a literatura zabývající se problematikou stavění ze slaměných balíků.

Ke správnému navržení objektu podle platných norem a předpisů mi poslouží moje znalosti a podklady nasbírané po dobu studia na Lesnické fakultě Mendelovy Univerzity.

4 Charakteristika slaměných staveb

4.1 Historie slaměných staveb

Lidé poprvé začali stavět ze slaměných balíků koncem 18. století. Průkopníci, kteří se stěhovali do velkých plání severní Ameriky, našli spoustu trávy, ale málo stromů. Jak by osadníci bez dřeva postavili domy? Někteří osadníci řezali bloky drnů trávy. Bloky lze skládat a zhotovit tak celý dům. Některá místa však nebyla vhodná pro řezání drnů a osadníci měli problém. Neměli domy a byli prochlazení. Začali skládat slaměné balíky, aby rychle postavili silnostěnnou budovu před zimou. Průkopníci si mysleli, že tato stavba bude dočasná. Byli překvapeni, že jejich domy vydrželi v teple a suchu celou zimu. Rozhodli se, že jejich domy ze slaměných balíků budou trvalé. Posléze byly omítány. Vrstva omítky udržuje vlhkost mimo balíky, takže stěny odolávají hnilobě. Některé tyto historické domy ze slaměných balíků stojí ještě dnes. Dům potřebuje dobrou střechu a dobrý základ, který by měl být rigidní. Jako základ často využívali beton, suť a kámen. (Farrell, 2011)



Obrázek 1: K postavení tohoto domu bylo potřeba 175 slaměných balíků. (Farrell, 2011)

Stavění ze slaměných balíků se nejvíce rozmohlo koncem 19. století, kdy byl vynalezen balíkovací stroj, nejprve poháněný koňmi, později parou. Roku 1936 se postavila stavba, u které byla použita poprvé nosná dřevěná konstrukce. Do této doby byly všechny stavby budovány z nosné slaměné konstrukce. V 50. letech, díky postupnému vývoji nových stavebních materiálů a jejich zlevnění, stavění ze slámy pomalu utichá, až se stává zapomenutým. Na oživení tradice v USA v 70. letech má velký podíl Roger Welch, který dokázal rozeznat výhody slaměných domů, že jsou to krásné, jednoduché, nízkonákladové, dostatečně izolované stavby, minimálně zatěžující životní prostředí s dobře akusticky-izolačními vlastnostmi. Dodnes prochází slaměné stavitelství velkým rozvojem, hlavně v USA. (Márton, 2010)

4.2 Charakteristika slaměných izolací a její použití

Univerzální a po všech stránkách ideální izolační materiál neexistuje. Vždy je potřeba vybírat podle kritérií pro místo v konstrukci, do kterého je uložen. Jsou to vlhkostní poměry, potřebné tepelně-izolační vlastnosti a závislost na konstrukci stěny.

Při dodržení správných stavebních postupů je sláma jako izolační materiál výhodná, s životností stovky let. Má dobré izolační vlastnosti a proto ji lze použít i do pasivních a nízkoenergetických domů. Sláma je špatně kompostovatelná, takže zatímco hnije ve stozích, produkuje velké množství skleníkových plynů. Proto je zabudování do stavby vhodným řešením. Sláma je obnovující se surovinou, která se po jejím dosloužení může opět vrátit do přirozeného koloběhu přírody. Dá se třeba využít například ke zkyplení půdy, jako mulčovací hmota nebo se může spálit v kotlích na biomasu. (Marton, 2010)

„Přírodní materiály mají v sobě krásu živých materiálů, srozumitelných cyklů a zákonitostí a většinou jsou vhodné i pro svépomocnou výstavbu. Mají v sobě cosi těžko uchopitelného, co lze nazvat schopností nebo potenciálem spoluvytvářet teplo domova, osobitost a vědomí toho, co, proč a jak činím v širších souvislostech.“ (Aleš Brotánek)

K výrobě slaměných balíků se nejvíce hodí sláma z pšenice, má silnější stébla a dobře drží svůj tvar. Ječmen je měkčí a mohou vzniknout obtíže při budování, navíc sláma z ječmene a ovsu je dražší. Sláma z řepky je drsná a špičatá, není vhodná, pokud stohujeme a omítáme ručně. (Atkinson, 2011). Sláma pšeničná má dobré vlastnosti i v tom, že je méně náchylná k hnití. Proto se nejčastěji používá sláma z pšenice a její odrůdy, jako pšenice špaldy, nebo je vhodná i sláma z žita.

Na trhu existují různé produkty ze slámy, které jsou vylisovány do deskovitého tvaru a vyráběny bez použití lepidel. První desky ze slámy se lisovaly ve Velké Británii už po roce 1945 pro rychlou výstavbu válkou zničených domů. Panely pod názvem „Stramit“ se lisují za tepla bez použití pojiva a potahují se kartonem. Slouží jako panely pro tepelnou izolaci, jako nosiče omítky nebo konstrukční prvky dělicích příček. Již ve dvacátých letech 20. století byly ve Francii a ve Švýcarsku pod firemním názvem „Solomite“ vyráběny panely ze slámy, které držely pohromadě pomocí drátu. Na trhu

jsou i silně lisované panely ze slámy, které jsou slepeny syntetickou pryskyřicí a vykazují stejnou pevnost jako dřevotřískové desky. (Minke, 2005)

V České Republice jsou nejrozšířenější tzv. Ekopanely, které se bez pojiva lisují do profilu panelu, a následně se toto jádro polepuje recyklovanou lepenkou. Z lisu vychází nekonečný pás, který je krácen na délku objednanou zákazníkem. Tento materiál má řadu vynikajících vlastností. Vyniká především schopností akumulace tepla, která souvisí se snížením nákladů na vytápění, proto jsou Ekopanely využívány i k realizaci nízkoenergetických a pasivních domů. Není nutností budovat nosnou konstrukci, protože mechanické vlastnosti Ekopanelů umožňují realizaci samonosných příček.

4.2.1 Vlastnosti slámy

Izolační vlastnosti

Slaměné balíky mají vynikající tepelně-izolační vlastnosti. Základní hodnotou určující tepelnou vodivost materiálu je součinitel tepelné vodivosti λ (W/m K). Díky němu lze vypočítat součinitel prostupu tepla U (W/m²K). Čím nižší je hodnota λ , tím lepší má daný materiál tepelně-izolační vlastnosti. U slaměných balíků závisí především na jejich vlhkosti, hustotě a pozici stébel vůči tepelnému toku.

Balíky by měly být husté a kompaktní, jak je to jen možné. Balíkovací stroj by měl být nastaven na maximum komprese. Obecně to znamená, že balíky slámy obsahují asi o třetinu více slámy, než obvykle. Je vhodné, aby délka balíků byla zhruba dvojnásobkem jejich šířky, pokud je větší, tím lépe. Většina lisů na slámu balí balíky o rozměrech 450 x 350 x 900 až 1125 mm. Aby měl slaměný balík dobré tepelné vlastnosti, musí být slisován na hustotu zhruba 70-130 kg/m³, nejlépe 90 kg/m³, což je sice běžný, nicméně kvalitně provedený balík. Vlhkost všeobecně působí negativně na izolační schopnosti materiálů, proto i slaměné balíky je nutné chránit před vodou i zemní vlhkostí, jak po dobu realizace stavby, tak i po dobu životnosti stavby. Slaměné balíky jako izolační materiál nemůžeme použít v záplavových oblastech, protože sláma při dlouhodobém styku s vodou uhnívá. Sláma, která se skládá z celulózy, ligninu a oxidu křemičitého, je v suchém stavu interním materiálem, který neobsahuje žádné škodliviny ani

alergeny. Pro prevenci růstu plísní nesmí hmotnostní vlhkost balíků překročit 15 % a relativní vlhkost vzduchu 70 %. Je třeba se vypořádat zejména: s odšťikováním vody od země na patu zdi, s deštěm hnaným větrem, s vlhkostí vzduchu dlouhodobě zvýšenou vlivem deště. (Jones, 2001).

Pozice stébel vůči tepelnému toku má vliv na tepelnou vodivost materiálu. Jde-li tepelný tok kolmo na stébla, je její hodnota nižší. V tabulce (Obrázek 2) lze porovnat tepelně-izolační vlastnosti dvou skladeb stěn. Jsou-li balíky ve stěně položeny na šířku, jejich $\lambda=0,060$ W/m K, jsou-li na výšku, lze počítat s $\lambda=0,045$ W/m K. V klimatických podmínkách ČR jsou však tyto výsledky velmi optimistické. Při výpočtech se proto doporučuje držet německého závazného předpisu pro tepelně-technické posuzování konstrukcí z balíků slámy (Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung für Baustronballen). Ten od r. 2006 oficiálně povoluje provádět tepelně-technické výpočty s hodnotami součinitele tepelné vodivosti $\lambda=0,080$ W/m K ve směru rovnoběžném se stébly a $\lambda=0,052$ W/mK ve směru na stébla kolmém. V praxi ovšem záleží na složení balíku, kde se směr slaměných stébel odvíjí od použitého typu balíkovacího stroje. Stébla obvykle leží kolmo na vázací provázky. (Minke, 2005)

Hodnota U – výpočet A	Tloušťka	λ	d/λ
Podle GrAT 2001	d [m]	[W/mK]	[m ² K/W]
Přestup tepla dovnitř			0,130
Hliněná omítka/nosič omítky	0,025	0,80	0,031
Dřevěné laťování	0,020	0,13	0,150
Balíky slámy na výšku	0,350	0,045	7,777
Dřevěné laťování	0,020	0,13	0,150
Vápenná omítka/nosič omítky	0,025	0,87	0,020
Přestup tepla ven			0,040
Celková hodnota U = 1/8,298 =			0,12 W/m²K
Celková hodnota U včetně dřevěné konstrukce (8 %)			U = 0,14 W/m²K
Hodnota U – výpočet B			
Přestup tepla dovnitř			0,130
Hliněná omítka/nosič omítky	0,025	0,80	0,031
Dřevěné laťování	0,020	0,13	0,150
Balíky slámy na délku	0,500	0,060	8,333
Dřevěné laťování	0,020	0,13	0,150
Vápenná omítka/nosič omítky	0,025	0,87	0,020
Přestup tepla ven			0,040
Celková hodnota U = 1/8,8543 =			0,11 W/m²K
Celková hodnota U včetně dřevěné konstrukce (6 %)			U = 0,12 W/m²K

Obrázek 2: Výpočet hodnoty U dvou totožných stěn lišících se pouze pozicí balíků (Minke, 2005)

Množství kyslíku, který podporuje hoření, snížíme, pokud slámu slisujeme do kompaktního bloku. Proto, ať už volné nebo zabudované balíky, pouze doutnají. Odolnost vůči hoření byla pozorována během mála náhodných požárů, ke kterým došlo v průběhu stavby, i během laboratorní zkoušky, která byla provedena na neomítnutých balících položených na šířku roku 1993 v Sandii v New Mexico. Neomítnutá zeď odolávala po dobu 34 minut, než plameny pronikly spárami skrz zeď. Pokud balíky položíme na bok, vázací provázky jsou po poškození omítek vystaveny přímo ohni. Při požáru rozestavěného domu v americkém Tucsonu došlo k roztavení provazů, takže kusy balíků vypadaly a přispěly k šíření ohně. Jednalo se o případ žhářství - zapálen byl rozestavěný dům s nosnou dřevěnou skeletovou konstrukcí. Dřevo shořelo snadno, ale slaměné balíky stěží z poloviny. Nicméně po přetavení provázek se rozpadly, takže musely být také vyměněny. (Steen, 1994)

V případě homogenního materiálu závisí zvukově izolační vlastnosti na jeho hmotnosti. Lepšími vlastnostmi disponuje těžší stěna. Avšak lépe absorbovat zvuky různých vlnových délek je schopná stěna, která je složená z vrstev odlišně těžkých materiálů. Proto stěna z jednoho materiálu téže hmotnosti izoluje hůře, než slaměná stěna oboustranně omítnutá hliněnou omítkou. Pro dosažení co největšího zvukového útlumu je třeba pečlivě vyplnit veškeré dutiny a spáry mezi balíky volnými stébly. Podstatné je zamezit jakémukoliv styku vnějších a vnitřních vrstev omítek, protože jejich propojením by se zvuk velmi dobře přenášel. Proti očekávání vykazují balíky s menší hustotou lepší zvukově-izolační vlastnosti než balíky s hustotou větší. Aplikací omítek s nestejnou tloušťkou se zkracuje doba dozvuku mezi vrstvami omítek. Tlustší omítka by měla být umístěna na straně zdroje hluku. Nejslabším článkem jsou pak okna a dveře i spojení stěny s dalšími konstrukcemi, které je nutno navrhovat a provádět pečlivě z hlediska zvukově-izolačního.

4.2.2 Hlodavci a jiní škůdci

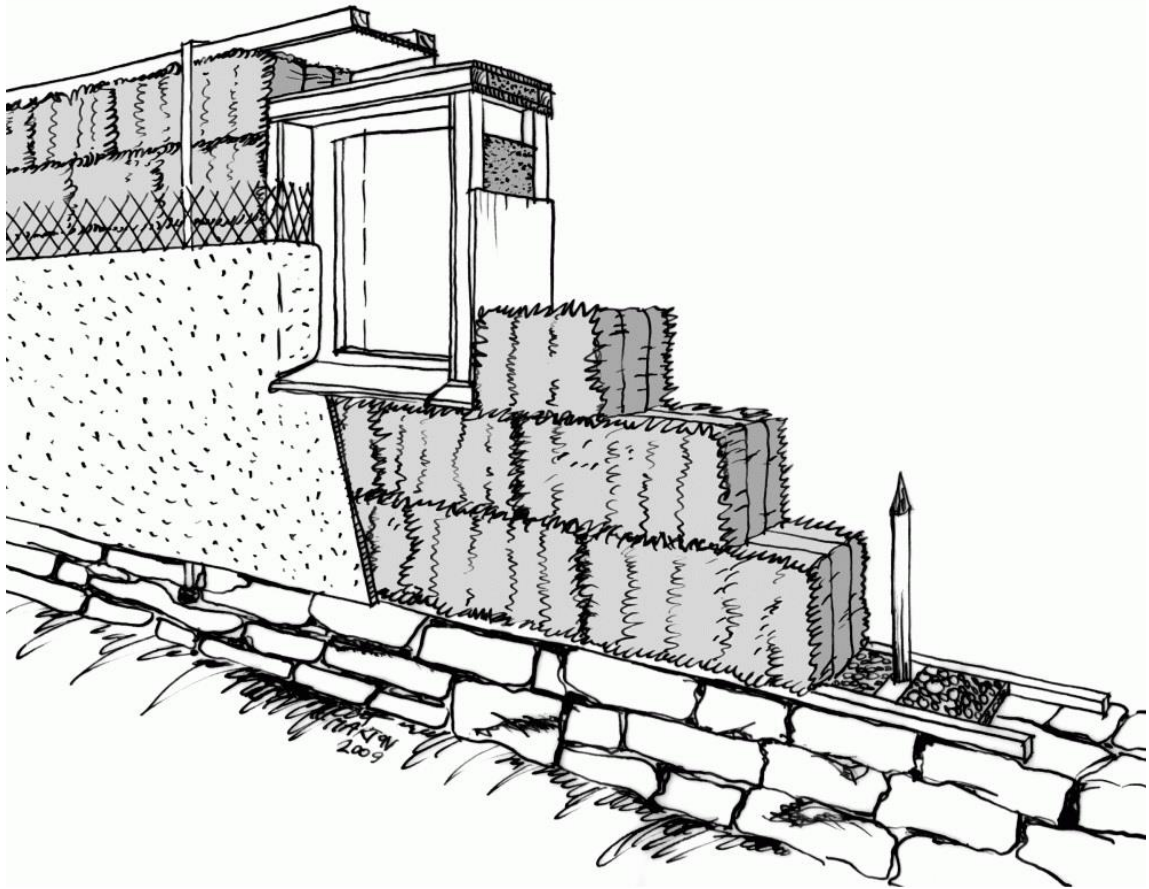
Většina lidí, kteří nemají sebemenší zkušenosti se slaměnými domy, mívají otázku, zda zde nemůže být problém s hlodavci či jinými škůdci. Jde však pouze o zažitý mýtus. Na rozdíl od sena je sláma pro hlodavce a hmyz obecně mnohem méně přitažlivá. Trávicí systém hlodavců není schopen strávit celulózu, kterou je sláma tvořena, na rozdíl od termitů nebo přežvýkavců. Ovšem i ti dávají přednost dřevu. Rychlou a bezpečnou ochranou proti termitům, je omítnutí stěn. Ovšem mohl by být problém s hlodavci z důvodu budování jejich obydlí. Budují své skrýše ve všech izolačních materiálech, ale lépe se jim daří například v polystyrenu, protože vybudované chodby v něm zachovávají tvar. Zatímco v balících, které se při zpracování stlačí, se chodby bortí, což hlodavcům značně ztěžuje pohyb. Proto během stavby musíme vybírat balíky s nejmenším obsahem sena a jiných organických zbytků. Také se snažíme maximálně snížit obsah zrna, které by mohlo hlodavce lákat. Po opláštění nebo omítnutí problém odpadá, omítnutá zeď sama o sobě myš odrazuje. Nejosvědčenější je balíky pokládat na místo až poté, kdy jsou ostatní prvky zabudovány, a vše je připraveno pro stěnové konstrukce. Zkušenosti stavitelů toto pravidlo shodně potvrzují, že s hlodavci potíže neměli. Ale je třeba si dát pozor při skladování balíků před zabudováním. Je vhodné balíky skladovat krátkou dobu a kolem skladovaných balíků nasypat na zem vápno v lince široké 50 mm a 5 mm silné. Samozřejmě je nutné balíky pravidelně kontrolovat. (Hollis, 2005)

Pokud se jedná o hmyz u slaměných staveb, byla zjištěna existence několika druhů malých brouků. Entomoložka Linda Wienerová zjistila při víceletých pozorováních ve stodolách výskyt brouků z čeledi Cryptofagidae, Corylophidae, Latridiidae i jiného malého hmyzu, který se ve vlhké slámě živí výhradně plísňovými houbami, jež však v suchu odumírají. Tento hmyz na insekticidy a pesticidy téměř nereaguje. Potíže se mohou vyskytnout u neomítnutých slaměných stěn. V nezakryté slámě mohou hnízdit divoké včely či malí ptáci, osadníci z Nebrasky zase referují o výskytu blech. Veškeré potenciální problémy s hmyzem jsou úzce spojené s vlhkostí balíků. (Wanek, 2009). Z pohledu alergií a plísní je sláma pro lidi náchylné na tyto vlivy minimálním rizikem,

jelikož neobsahuje téměř žádné plísně nebo spory. U lidí postižených astmatem byly zjištěny problémy pouze v případě, že sláma byla plesnivá. Veškeré tyto negativní vlastnosti slámy přestanou mít vliv po omítnutí na vnitřní prostředí stavby.

4.2.3 Druhy stěnových konstrukčních systémů

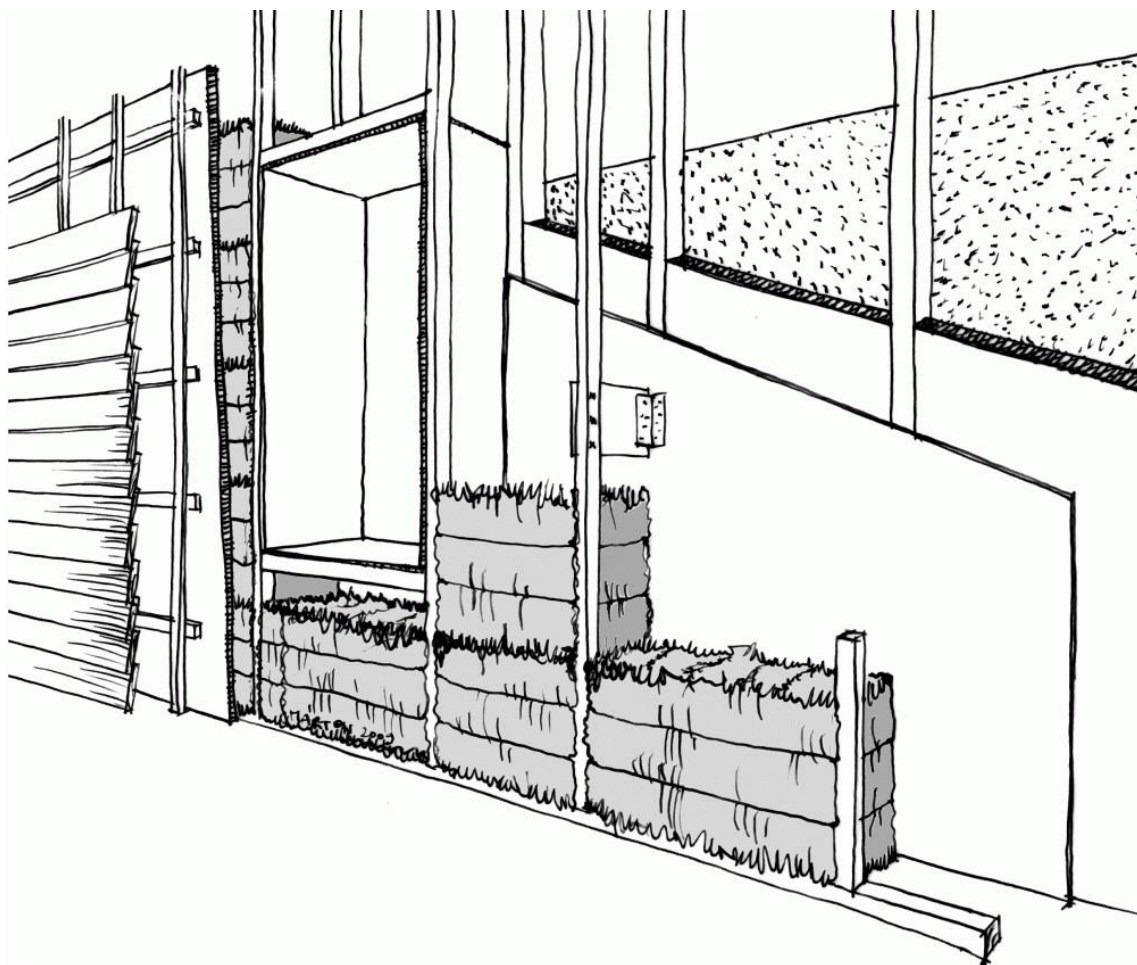
U stěn z balíků slámy existují dva zásadně odlišné konstrukční systémy. První tvoří nosnou stěnu z balíků slámy, kdy se tíha střechy přenáší přes balíky slámy přímo do základů, bez přídavných podpěr. Podle místa svého vzniku se tento styl nazývá „Nebraska“, v angličtině se dnes označuje výrazem „loadbearing“. U tohoto systému je při realizaci problematickou záležitostí schválení stavebního povolení. U nosných stěn je důležité, aby balíky slámy byly relativně silně slisovány a aby stěna byla předpjatá. Je nutné, aby střecha, či jiné zatížení vodorovnými konstrukcemi dosedaly na stěnu v plné ploše. Bodová zatížení nejsou přípustná kvůli odlišnému stlačení balíků. Popřípadě musí být roznesena dostatečně do šířky dalšími prvky (nejčastěji věncem). Dveře a okna se usazují do pevných dřevěných ráků, které jsou schopny dobře přenášet zatížení. Kotvení ráků do slaměné stěny se řeší použitím dřevěných nebo bambusových tyčí. Plocha dveří a oken může činit maximálně do 50% plochy stěny. Balíky po stranách otvorů nesmí přenášet výrazně větší zatížení než ostatní balíky. Ze stejného důvodu je doporučována svislá orientace zmiňovaných otvorů. Výhodou nebraského způsobu je rychlost výstavby, nízké náklady, jednoduchost provádění stavby, snadné vytvoření půdorysných oblouků a úspory na personálu podílejícím se na stavbě, který může být v podstatě bez kvalifikace. (Steen, 1994).



Obrázek 3: Model stěny z nosných balíků (www.sdruzeni-ekodum.cz)

Druhým typem konstrukčního systému jsou stěny z nenosných slaměných balíků. Balíky slámy u tohoto systému neplní žádnou nosnou funkci. Tu přebírá skeletová konstrukce, která se skládá z pravidla z dřevěných profilů. Slámové balíky přebírají funkci tepelné izolace. Konstrukci tvoří buď dřevěný rastr tenčích sloupků tzv. two by four systém (fošinkový), dále modulový systém dřevěných sloupů tzv. skandinávský typ nebo konstrukce z I profilů. Ve všech případech musí být slámové balíky spojeny se skeletovou konstrukcí. Pokud nejsou ukotveny k základům, případně k pozednici, je nutné je mezi sebou propojit přídatnými prostředky, aby se docílilo dostatečné nepodajnosti slámových balíků v roli plochy, která má čelit horizontálně se objevujícím zátěžím, způsobeným například větrem. Výhodou uvedeného způsobu je možnost zhotovit střechu před započítím umístění slaměných balíků do konstrukce. Konstrukce posky-

tuje dobrou oporu dveřním a okenním otvorům. Jejich velikost je limitována pouze zvolenou nosnou konstrukcí. Nevýhodou je větší pracnost, neboť se kombinuje výplňová a nosná část stěny, proto je potřeba ke stavbě tesařských zkušeností. U staveb s využitím slaměných balíků, které plní pouze výplňovou a izolační funkci, se jedná prakticky o jediný typ konstrukce, který je v ČR stavebními úřady v řádném řízení bez problémů schvalován a podepisován statiky. (Minke, 2005)



Obrázek 4: Model fošinkové konstrukce two by four. (www.sdruzeni-ekodum.cz)

V průběhu historie stavění ze slámy vzniklo několik způsobů, které využívají kombinaci balíků a dalších materiálů. Těmto konstrukčním systémům říkáme hybridní metody.

5 Návrh a realizace jednotlivých částí stavby

5.1 Výběr konstrukčního systému

V první řadě bylo důležité odpovědět si na otázku, jak bych chtěla, aby můj slaměný dům vypadal, abych se v něm cítila dobře. Bylo potřeba vzít v úvahu praktická omezení daná balíky a snažit se co nejvíce přiblížit svému ideálu. Design slaměných domů umožňuje díky práci s bloky značnou variabilitu struktury základních prvků domu.

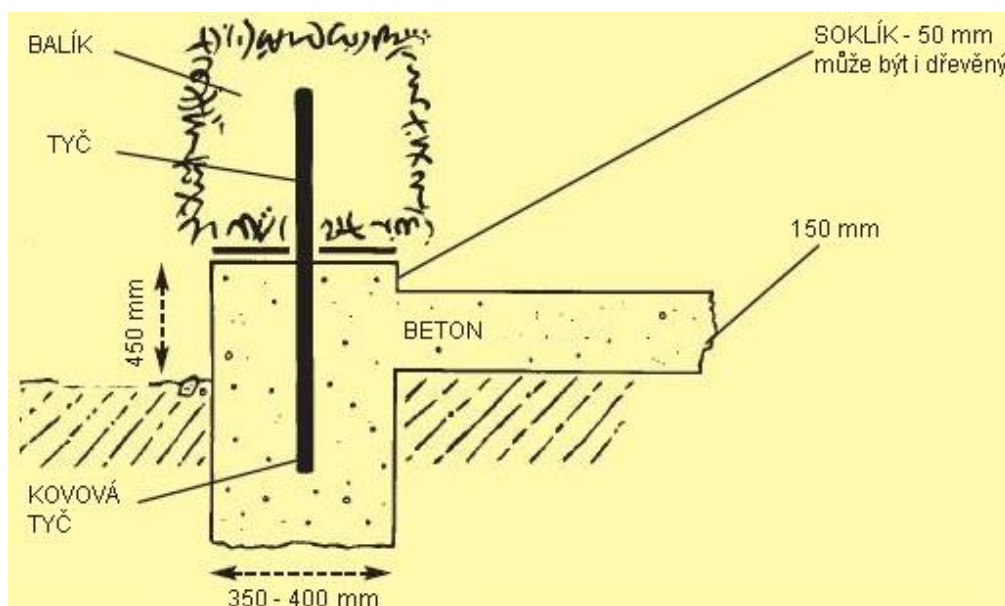
Ovšem musela jsem si uvědomit, že konstrukce, která tvoří nosnou stěnu z balíků slámy, má při realizaci problematickou záležitost schválení stavebního povolení. Výběr konstrukce bylo vhodné provést už ve fázi návrhu. Vycházím z vlastních představ, z navrhovaného energetického řešení, množství otvorů ve stavbě a volby materiálů vůbec. Jelikož slaměné stavby v České Republice nejsou zatím úplně rozšířené, byla vhodným výběrem dřevěná konstrukce, která tvoří nosnou funkci celé stavby a jež může být bez problému realizována. Dalším krokem byl výběr typu dřevěné konstrukce.

Vybrala jsem si rámovou konstrukci, protože je nejobvyklejším typem stavebního systému dřevostaveb. Je tvořena tzv. stojkami (nosnými dřevěnými prvky) a opláštěním těchto stojek z jedné nebo z obou stran velkoplošným materiálem. Stojky, nejčastěji umístěné od sebe ve vzdálenosti 600-625 mm, působí staticky především ve vertikálním směru. Tyto nosné prvky se shora a zespodu připevňují na horní a spodní pas a tento celek tvoří rám, odtud vychází název rámové konstrukce. Opláštění takového rámu velkoplošným materiálem působí ve směru horizontálním staticky a tak fixuje stojky proti vychýlení do stran. Tím je rám ve všech směrech dokonale tuhý. (www.drevostavitel.cz)

Dřevěné rámy konstrukce přenáší všechna zatížení – svislá i vodorovná. Balíky, kromě hmotnosti omítek nebo vlastní tíhy, nepřenáší žádné zatížení. Jsou pouze tepelně izolační výplň konstrukce, a proto k sesedání prakticky nedochází. Způsob použití různých typů konstrukce u slaměných domů vede k rozdílným výsledkům. Například

Skandinávský skelet je obvykle zavětrován diagonálami, a balíky v konstrukci sesedají. Balíky se do určité míry chovají podobně jako v nosné stěně. Z toho důvodu jsem zvolila rámovou konstrukci, kde se nemusím bát sesedání. K rámové konstrukci se balíky kotví přímo, například vodorovnými latěmi nebo štěpy přivázaným ke sloupkům PP provázky. Způsob vzájemného provazování balíků štěpy se odvíjí od četnosti kotvení balíků ke konstrukci. Každý balík by měl být uchycen buď ke konstrukci, nebo alespoň k jinému balíku.

Každá stavba musí mít základy, na kterých bude postavena. Vytvoření základů závisí hlavně na mrazuvzdorné hloubce, únosnosti půdy a hmotnosti stavby. Základy musí být dimenzovány na přenos stálého zatížení sněhem nebo větrem a musí bránit průniku zemní vlhkosti vzhůru do konstrukcí. Způsob založení by měl umožnit oddělení fasády od terénu tak, aby byla chráněna před odstříkující vodou výškou cca 20-30 cm. Dřevostavby by se neměli nikdy zakládat pod terénem. Bezpečná výška kvůli přívalovým dešťům je 15-20 cm. (Márton, 2010). Může to být základ přirozený, tvořený samotnou zemí – skálou, tvrdou hlínou, zhutněným štěrkem atp. Dnes jsme zvyklí spíše na betonové desky a pásy. Je důležité vědět, jaké je pod stavebním místem podloží, protože např. měkká půda neunesla zdaleka tolik, kolik třeba podloží skalní. Ale i podloží méně únosné, může tíhu domu unést, bude-li plocha základů dostatečná.



Obrázek 5: Základ betonový (Jones, 2001)

Stavbu jsem založila 30cm nad terénem na železobetonové desce, aby byla dostatečně chráněná a správně přenášela zatížení. Kromě základní funkce základů musím brát v úvahu i zvláštní požadavky spojené se stavěním ze slámy. Základy nemusí být široké, jako balíky slámy. Balíky mají šířku 350 mm, ale jejich hrany nejsou vůbec ostré a nepřenáší žádné zatížení, proto pod zeď, jejíž skladba je 557 mm, mi tedy postačí základové pasy 400 mm široké. V žádném případě není vhodné, aby základy byly širší než balíky, zadržovala by se na nich voda a vsakovala by se do spodní řady balíků.

Důležitý je přesah zdi přes hranu základů, který by měl být alespoň 30 mm. Při řešení styku základů, podlahy a stěny je třeba dbát na možnosti odvodu kondenzátu z konstrukce. Riziková je především pata stěny – pokud by balíky ležely na promrzající vrstvě betonu a hydroizolaci, jak to lze často vidět v detailech u slaměných staveb z USA, v našem klimatu by brzy vlivem kondenzace vody začaly zespoda uhnívat. Balíky by vůbec neměly být pokládány na vodu a vodní páru nepropouštějící vrstvy, například hydroizolace, na nichž se zkondenzovaná voda zachytí bez možnosti odtoku.

V mém případě, kdy ukládám slámu na železobetonovou desku, je vhodné slámu v podlaze vynechat a využít nenasákavou tepelnou izolaci. Vhodný je extrudovaný polystyren nebo pěnové sklo vložené pod železobetonovou desku, popřípadě vytvořit pod balíky odvětrávanou mezeru. Nechtěla jsem tvořit odvětrávanou mezeru, takže bylo nutné zabránit dotyku slaměných balíků se studenou betonovou konstrukcí tak, že jsem je zvedla 50 mm nad podlahu místnosti. Literatura udává, že slaměné balíky by měly být alespoň 25 mm od betonové podlahy. (Jones, 2011)

5.2 Konstrukce stěn a upevnění slaměných balíků

Nejvíce rozhodujícím byl výběr, zda rámová konstrukce bude stát před, mezi nebo za balíkovou vrstvou. Pro stanovení délek stěn i pro polohu a velikost otvorů se většinou zvolí takový modul, který odpovídá délce slámových balíků. Slaměné balíky se vyrábějí v různých velikostech, většinou o rozměrech 40 x 50 x 60 cm. Je možné dělat i jiné rozměry, podle možností balíkovacích strojů nebo přání zákazníka. I to se může lišit, v závislosti na dovednosti obsluhy stroje a na rovnoměrnosti růstu obilí. Slaměný

balík by měl být o trochu větší, než je rastr konstrukce. Je potřeba, aby se balík rozepršel a vyplnil mezeru mezi nosnými prvky tak, aby nenastávala tvorba dutin.

Jelikož jsem navrhla stěnu, kde jsou dřevěné opěry umístěny před stěnou z balíků, tak s ní musí být vzájemně spojeny. Stojky, které jsou rozmístěny v modulu 625 mm, plní statickou funkci převážně ve svislém vertikálním směru. Používají se při něm profily menšího průřezu. Do sloupků je možné díky jejich vzdálenosti pevně kotvit vrstvy pláště, které jsou v těchto rozměrech obchodně běžnými materiály.

Slámové balíky mohou být instalovány na „ležato“ nebo na „stojato“. Způsob umístění balíků nemá na tepelně – izolační schopnosti prakticky žádný vliv – na šířku izoluje srovnatelně jako na výšku, pouze konstrukce je silnější. Při rozhodování jsem vycházela z polohy stébel - jelikož nebudu omítat přímo na balíky, pak není problém balíky položit na výšku či na šířku. Pokud by se omítalo přímo na balíky, je potřeba balíky skládat na šířku, jelikož konce stébel poskytují přílnavější povrch než jejich hladší boky.

Balíky ve stěně je potřeba stabilizovat, aby působily jako jednodílná stěna. Nejčastěji se provazují dřevěnými štěpy, které jsou zaráženy svisle nebo mírně šikmo přes několik řad balíků. Jako alternativu dřevěných štěpů lze použít pruty lísky nebo bambusu. Aby u zpevněné stěny nedocházelo k pohybu, posunu nebo boulení, kotví se ke konstrukci latěním nebo přivazováním. V patě zakotvím stěnu k podlahovým prkům či desce například dlouhými seshora natlučenými hřebíky nebo lze už první vrstvu balíků přitáhnout ke svislým konstrukcím. Stabilita slaměné stěny závisí na četnosti uchycení k pevné konstrukci.

Pro celkovou stabilitu objektu bylo třeba zajistit jeho odolnost vůči vodorovným silám použitím různých prvků. U rámového systému se užívá deskových materiálů, například OSB nebo Tetra-K desku s funkcí parobrzdy. Horní zakončení stěny tvoří trámový věnec. Přijímá zatížení střechy a rozkládá ho po celé délce stěny, stabilizuje vrchní vrstvu slámových balíků a tím i celou plochu stěny proti vyboulení. Trámový věnec musí být vytvořen tak, aby velkou měrou odolával ohybu a byl co nejširší. Ve snaze o dosažení rovnoměrného přenosu zatížení ze střechy na stěnu a o úsporu materiálu je osvědčené dát pod trámový věnec desku z překližky nebo OSB desky. Trámové věnce

jsou zhotovené ze dřeva, ale jsou i příklady, trámových věnců stavěných z oceli a železobetonu.



Obrázek 6: Ukládání slaměných balíků (www.organica.name)

U rozvahy o konstrukci a způsobu kotvení balíků byla také volba obvodového pláště budovy. Pro získání hladkého povrchu stěn, lze aplikovat na balíky obklad z difuzně otevřených dřevovláknitých desek. Dům pak má naprosto běžný vzhled, takže nezasvěcený člověk ani netuší, že ve stěnách jsou balíky slámy. Pro kotvení dřevěného pláště v podobě dřevěného obložení je nutné realizovat nosný laťový rošt. Mezi jednotlivé vrstvy balíků se vkládají kotvy, nejčastěji pevné provazy nebo lanka z umělých materiálů, které přesahují přes vnější líc stěny a na které se latění později naváže. Kotví-li se latě ke štěpům provazující samostatné balíky, musí být stěna spolehlivě zajištěna po celou dobu životnosti budovy proti boulení a vytrhávání balíků vahou obložení.

Ačkoliv má sláma velmi dobré izolační vlastnosti a chtěla jsem se v našich klimatických podmínkách přiblížit k hodnotám tepelných ztrát z pasivního domu, musela jsem počítat nejen s dalším navýšením tloušťky izolace, ale i se spolehlivou závětrnou vrstvou. Na vnitřní straně je třeba použít spolehlivou neprůvzdušnou a parobrzdnou

vrstvu, jež minimalizuje tepelné ztráty nekontrolovatelnou infiltrací vzduchu. Podobnou službu není bohužel schopna vrstva hliněné omítky poskytnout. Konstrukce obvodové stěny je navržena s pevným povrchem pro přikládání balíků, je na vnitřní straně parobrzdy a mezi sloupky mohou vést v tepelné minerální izolaci instalace. Jako příčky jsem se rozhodla použít panely z lisované slámy tzv. Ekopanel. Stavební deska je ekologická, difúzně otevřená, má rychlou a snadnou montáž. Vlastnosti Ekopanelů umožňují kvalitní bydlení a snižují náklady na výstavbu. Výhodou je, že stěna je postavena bez překladů a vyrábí se i pro nosnou stěnu. Ekopanel je 100% přírodní, plně recyklovatelný, pevný a difúzně otevřený stavební materiál vhodný pro trvalé zabudování do staveb. Práce s Ekopanely se podobá práci se dřevem a proto ho lze jednoduše pomocí běžného ručního nářadí upravovat. K jejich instalaci nebo ke spojování stačí univerzální vruty a spony nebo kolíčkové spoje. Na povrch desek se může aplikovat široké spektrum povrchových úprav, na které Ekopanely nepřenáší pohyby konstrukce a vibrace, proto opakovaně nedochází k praskání povrchových úprav. Nosná příčka má tloušťku 240 mm, je vyplněná akustickou izolací, slouží ke ztužení stavby a má požární odolnost REI 45. Příčka pro nenosné účely je o tloušťce 154 mm, její skladba je vytvořená ze dvou vrstev, mezi kterými je místo pro rozvody a instalace. Příčku lze použít jako překlad kterékoliv místnosti v objektu (chodba, kuchyň, obývací pokoj, koupelna, ložnice, aj.). (www.ekopanely.cz)

5.3 Usazení oken a dveří

Z hlediska osazení do konstrukce se dveře chovají srovnatelně jako okna, nadále tedy budu používat termín „okna“. Umístění oken a jejich velikost jsem navrhovala až podle konečného vzhledu domu. Poloha oken rozhoduje o tom, zda se bude možné vyhnout poškození stavby. Proto se okna rozmisťují podle navrženého konstrukčního systému. Důležitá je poloha umístění okenních ráků v tloušťce zdi. Když bych je umístila příliš blízko exteriéru, snižuje se jejich trvanlivost, protože jsou mechanicky namáhány povětrností. Okno umístěné příliš blízko interiéru zase poskytuje na venkovním parapetu

tu prostor pro návěje sněhu a tvorbu ledu. Optimální usazení je dáno řešením detailu ostění okna, jež by mělo zmenšovat negativní vliv tepelného mostu.

Je-li vliv tepelného mostu nedostatečně snížen, pak je kondenzace vody na vnitřní straně okna, nejčastěji v přípojovací spáře, příčinou degradace rámu a spojů materiálů. (Márton, 2010).

Okno by tedy mělo být umístěné zhruba uprostřed stěny. Když se okno nachází v dřevěném obkladu, mohla bych ho orámovat ostěním z dřevěných profilů. Mezi obklad a ostění je třeba ponechat mezeru asi 0,5 cm, jinak by ve spáře docházelo k zadržování vody a uhnívání dřeva. Nejdůslednějším stavebně fyzikálním řešením je vytvoření dvojitého okna s deštěnou špaletou. V tomto případě neexistuje problém tvoření tepelných mostů a u takového okna lze docílit lepšího tepelněizolačního účinku. Alternativně je také možné použít zdvojené okno. (Minke, 2005)

Pokud bych potřebovala zlepšit světelnost okna, mohla bych na vnějším nebo vnitřním líci zkosit izolaci tak, aby do interiéru pronikalo více světla. Tvarovým úpravám ostění se nekladou meze kromě těch, které zajišťují zaizolování rámu.

6 Technický popis stavby

6.1 Základy

Navrhovaná stavba je klasické rámové konstrukce, která je nepodsklepená. Dispozičně je objekt navržen pro 3člennou rodinu. Objekt nebyl navrhován na konkrétní pozemek, proto jsou v práci navrženy základy pouze teoreticky, nezávisle na zemině. Popřípadě by se dalo uvažovat s klasickou hlinitopísčitou zeminou, na které je zhutněný násyp 300 mm, na něm 150 mm železobeton C 16/20, hydroizolace a EPS 100 mm. Objekt je založen na základových pasech a úložné desce z betonu C16/20. Pod obvodovými stěnami i pod vnitřními nosnými stěnami jsou základové pasy v hloubce 0,9 m. Poloha a rozmístění v rámci daného půdorysu je zachycena ve výkresu základů v projektové dokumentaci. Stavba je navržena v souladu s předpisy a normami pro úsporu energií a ochrany tepla podle platných norem.

6.2 Vnější stěna

Nosné prvky obvodové stěny tvoří masivní dřevěná smrková konstrukce z nosného KVH hranolu, třídy pevnosti C24, o rozměrech stojek 60x120 mm, vyplněná minerální izolací z kamenné vlny Isover Woodsil, ve které mohou vést elektroinstalace. Z obou stran je konstrukce opláštěná velkoplošným materiálem, z interiéru je ukotvena 15 mm sádrovláknitá deska a směrem do exteriéru je OSB deska o tloušťce 22 mm, ke které se kotví slaměné balíky o tloušťce 35 cm. Vnější rošt je kotven úvazky, přitahuje balíky k desce a je do něj kotven obklad. Jako venkovní obklad je použita fasáda od ThermoWood, což je tepelně upravené dřevo s vysokou kvalitou, estetickým standardem a dlouhou životností, bez nutnosti údržby v průběhu užívání. Celá stěna, o tloušťce 557 mm včetně fasády má součinitel prostupu tepla $U=0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

6.3 Vnitřní stěna

Objekt dělí příčky z lisovaných desek - Ekopanely, které jsou vyrobeny tak, aby jimi mohla vést instalace. Nosné stěny mají tloušťku 240 mm a dělicí příčky jsou o tloušťce 145 mm. Oproti sádkartonu a OSB deskám umožňují aplikaci běžných povrchových úprav, jako malování. K montáži zařizovacích předmětů nejsou potřeba hmoždinky. Běžně se v praxi našroubuje vrut přímo do slámového jádra bez nutnosti předvrtání. Ekopanel v podhledu na vrutu 5x100 mm unese břemeno o váze až 75 kg.

6.4 Střešní / vodorovné konstrukce

Stropní konstrukce je tvořena stropními nosníky o rozměrech 100x200 mm od sebe vzdálených 625mm, vyplněnými tepelnou minerální izolací Isover Evo o tl. 200 mm, překrytá OSB deskou a sádrovláknitou deskou. Ze spodu jsou nosníky překryty roštem z latí a sádrovláknitou deskou. Strop je navržen tak, aby plnil dostatečnou požární odolnost a tvořil se stěnami uzavřenou tepelnou obálku budovy. Strop má součinitel prostupu tepla $U=0,179 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Konstrukce krovu je dřevěná. Vaznicová soustava střechy se skládá z plných a jalových vazeb. Plnou vazbu, stejně jako u jalových vazeb, tvoří krokve o profilu 120x160 mm, které procházejí od hřebene k okapu a jsou podepírané středovými vaznicemi 200x240 mm a u okapu pozednicí 60x120 mm. Dále konstrukci plné vazby tvoří stojatá stolice. Vaznice podepírají svislé sloupky o průřezu 160x200 mm, které přenášejí zatížení do stropní konstrukce. Jednotlivé konstrukce jsou navrhovány ze smrkového dřeva, třídy pevnosti C24. Střecha je sedlová se sklonem 38°. Střešní plášť je navržen v této skladbě: střešní krytina Tondach, kontralatě, pojistná hydroizolace, latě, krokve.

Jednoprůduchový komín Schiedel Absolut bude proveden z tvárnic o rozměrech 380x380 mm a průměru 200 mm. Střešní hřeben bude přesahovat o 650 mm, protože se od něj nachází blíže jak 2 m. Stavba se bude vytápět ústředním topením s elektrokotlem, který je umístěn v technické místnosti.

Skladbu podlahy v obývacím pokoji, ložnici, dětským pokoji a v kuchyni s jídelnou tvoří EPS 100 mm, OSB deska 2x25 mm, mirelon 3 mm a plovoucí podlaha. V koupelně, technické místnosti, chodbě, zádveří a na WC je skladba podlahy EPS 100 mm, separační fólie vč. dělící a dilatační pásky, cementový litý potěr 50 mm, keramická dlažba.

6.5 Výplně otvorů

Výplněmi otvorů jsou vysoce kvalitní dřevěná okna. Konkrétně byly vybrány eurookna od firmy Slavona SOLID COMFORT SC92 s izolačním trojsklem, která jsou usazena do dřevěných ráků. Tato řada dosahuje velmi nízké hodnoty součinitele prostupu tepla $U_w = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$. V koupelně je na skle nalepená matová fólie.

Vchodové dveře jsou typ Progression – trend od firmy Slavona, o rozměrech 900/1970 mm. Součinitel prostupu tepla dveří (bez skla) $U_D = 0,67 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Interiérové dveře jsou otevíravé, dřevěné dveře, od firmy Slavona, usazené do obložkové zárubně.

7 Diskuze a závěr

Bakalářská práce se zabývá především návrhem stavby, ve které je jako hlavní materiál použito dřevo a sláma. V první fázi jsem si stavbu navrhla dispozičně v souladu s platnými předpisy a normami. Jako konstrukční systém jsem si vybrala rámovou konstrukci, protože dřevěné rámy konstrukce přenáší veškerá zatížení – svislá i vodorovná. Balíky, kromě hmotnosti omítek nebo vlastní tíhy, nepřenáší žádné zatížení. Jsou pouze tepelně izolační výplň konstrukce, a proto k sesedání prakticky nedochází. Skladba stěny je navržena pro nízkoenergetický typ staveb. Součinitel prostupu tepla stěnou mi vyšel u této skladby $0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Stavbu jsem založila 30cm nad terénem na železobetonové desce, aby byla dostatečně chráněná a správně přenášela zatížení. Šířku základových pasů jsem zvolila 400 mm, tzn. menší než je tloušťka stěny, aby se na nich nezadržovala voda a nevsakovala se do spodní řady balíků. Důležitý je přesah zdi přes hranu základů, který jsem si zvolila 30 mm.

Pro srovnání s ostatními materiály:

-plošné hmotnosti stěn z jednotlivých materiálů

cihly	212 kg/m ²
blok (betonový)	197 kg/m ²
sláma	75 kg/m ²

Takže sláma (slaměná stěna) váží o 65 % méně než cihly (stěna z cihel) a o 62 % méně než betonové bloky (stěna z betonových bloků)

Slámové balíky mohou být instalovány na „ležato“ nebo na „stojato“. Při rozhodování jsem vycházela z polohy stébel - jelikož nebudu omítat přímo na balíky, pak není problém balíky položit na výšku. Pokud by se omítalo přímo na balíky, je potřeba balíky skládat na šířku, jelikož konce stébel poskytují přilnavější povrch než jejich hladší boky. Jelikož způsob umístění balíků nemá na tepelně-izolační schopnosti prakticky žádný vliv, ale konstrukce je silnější při položení balíků na šířku, byl tohle další důvod, proč

jsem se rozhodla balíky slámy do konstrukce ukládat na výšku, abych trochu zredukovala tloušťku stěny. V dalších krocích při návrhu a realizaci stavby jsem vycházela ze zaběhnutých a prověřených zkušeností.

V práci jsem psala o historii slaměných staveb. První zmínky o stavění, kdy byla použita sláma, jsou z 18. století. Lidé se nastěhovali do Severní Ameriky, kde byly jen velké pláně bez stromů. Jako alternativu dřeva použili drny trávy, kterými si vybudovali provizorní přístřeší. Ale zima se blížila a potřebovali udržet teplo v těchto přístřešcích a jako izolaci použili slámu. Osadníci začali objevovat výhody slámy. Kupodivu sláma nejen, že dobře izolovala, tak i vydržela celou zimu, proto se rozhodli stavět tyhle stavby jako trvalé. Postupem času se stavby začali omítat a zdokonalovat, až do dnešní doby.

Domy ze slaměné izolace mají spoustu výhod. Technologií a postupů, kterých se využívá při stavbě domu, existuje celá řada. Trendem moderní doby je využívání ekologických způsobů a materiálů, a slaměná izolace a z ní zhotovené domy se dostávají do větší a větší pozornosti, i když se někomu mohou zdát krokem zpět do „pravěku“. Existuje celá řada dostupných a obnovitelných materiálů pro přírodní stavitelství se spoustou zajímavých možností a výhod.

Významným argumentem je nižší cena a rychlejší realizace stavby. Další výhodou je určitě to, že slaměné domy jsou z přírodních materiálů, které při správném použití mají životnost stovky let a pomůžou snížit náklady na vytápění. Sláma je obnovující se surovinou, která se po jejím dosloužení může opět vrátit do přirozeného koloběhu přírody.

Mezi nevýhody patří rozměr balíků – oproti použití cihel, slaměné balíky zaberou hodně užitkového prostoru i zastavěné plochy. Další nevýhodu můžeme spatřit v sezónnosti tohoto stavebního materiálu – sláma není dostupná celoročně a navíc také ve standardu, který potřebujeme. Rovněž může být problém uchránit slaměné balíky během stavby, předtím, než je hotová střecha a omítnutí tak, aby nenavlhly.

Další nevýhoda se týká interiéru slaměného domu - musíme pamatovat na to, že si nemůžeme jen tak pověsit něco těžšího na stěnu. O policích nebo kredencích, které bychom na stěnu chtěli připevnit, musíme uvažovat už při stavbě.

Summary

The thesis discusses advantages of application of natural insulation materials against the others. First phase describes options, construction systems and principles of application of insulations made of packs of straw, its origin, history and development of houses made of straw. There are described properties of packs made of straw and its suitability of use depending on outer conditions, processing and manufacturing. The thesis describes resistance of straw against fire and gnawers. Further in thesis is described the process of realization of the object with the traceability of individual works. There are listed the composition of individual structures and assess their suitability for a particular purpose.

In the second phase of thesis is designed building using wood and straw as a building material.

8 Seznam použité literatury

ATKINSON, C., *Building with straw Bales*, 2011, 23 s.

BROTÁNEK, A., BROTÁNKOVÁ, K., 2012, *Jak se žije v nízkoenergetických a pasivních domech*, 1. vyd., nakladatel Grada, 304 s., ISBN 978-80-247-3969-4

FARRELL, C., 2011, *Build it green*, 1. ilustr. vyd., Rourke Pub. LLC, Manchester, 48 s., ISBN 1615903208, 9781615903207.

HAVÍŘOVÁ, Zdeňka. Dům ze dřeva. 1. vyd. Brno: ERA Group, 2005, iv, 99 s. Stavíme.

HOLLIS, M., 2005, *Practical straw bale building*, CSIRO Publishing, 104 s., ISBN 0-643-06977-1.

CHYBÍK, J., 2009, *Přírodní stavební materiály*, 1. vyd. Praha: Grada, 268 s. ISBN 978-80-247-2532-1.

JONES, B., 2002, *Building with Straw Bales: A Practical Guide for the UK and Ireland*, vyd. Green books, 125 s., ISBN 1903998131, 9781903998137.

KING, B., et al., 2006, *Desing of straw bale buildings*, Green Building Press, San Rafael, 288 s.

KOLB, J., 2007, *Dřevostavby: Systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*, 3. vyd., Grada Publishing, 320s., ISBN 978-80-247-2275-7

MÁRTON, J., et al., 2010, *Stavby ze slaměných balíků: slaměné izolace v nízkoenergetických a pasivních domech, návrh staveb šetrných k životnímu prostředí, hliněné omítky, ozeleněné střechy*, 1. vyd., Liberec: J. Márton, 204 s.

MINKE, G., MAHLKE, F., 2009, *Stavby ze slámy: Jak pořídit z balíků slámy standartní dům*, 1. české vyd., Hel, 144 s. ISBN 978-80-86167-31-2.

STEEN, A., et al., 1994, *The straw bale house*, 1. vyd., Chelsea Green Publishing, 320 s., ISBN: 9780930031718.

VAVERKA, J., 2006, *Stavební tepelná technika a energetika budov*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 648 s. ISBN 80-214-2910-0.

WANEK, C., 2009, *The New Strawbale Home*, vyd. Gibbs Smith, 192 s., ISBN 1423606574

Internetové zdroje:

www.bajulus.cz

www.drevostavitel.cz

www.ekopanely.cz

www.isover.cz

www.organica.name

www.sdruzeni-ekodum.cz

www.slavona.cz

www.tzb-info.cz

9 Seznam obrázků

Obrázek 1: K postavení tohoto domu bylo potřeba 175 slaměných balíků. (Farrell, Courtney, Build it green, 2011)	5
Obrázek 2: Výpočet hodnoty U dvou totožných stěn lišících se pouze pozicí balíků (Minke, Domy ze slámy, 2005)	8
Obrázek 3: Model stěny z nosných balíků (www.sdruzeni-ekodum.cz)	12
Obrázek 4: Model fošinkové konstrukce two by four. (www.sdruzeni-ekodum.cz)	13
Obrázek 5: Základ betonový (Barbara Jones, Příručka stavění ze slámy, 2001)	15
Obrázek 6: Ukládání slaměných balíků (www.organica.name)	18

Přílohy

Výkres č. 1: Půdorys

Výkres č. 2: Základy

Výkres č. 3: Pohled západní/jižní

Výkres č. 4: Řez A-A

Výkres č. 5: Detaily