

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ**

**Lesnická a dřevařská fakulta**

**Ústav nauky o dřevě**

**POSOUZENÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ SLÁMY A  
EKOPANELU VE STAVBÁCH NA BÁZI DŘEVA**

**Diplomová práce**

**2016**

**Bc. Michal Peš**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem práci: *Posouzení možnosti využití slámy a ekopanelu ve stavebních na bázi dřeva* vypracoval 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, 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, duben 2016

Podpis

.....

### **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce panu **doc. Dr. Ing. Pavel Král** za pomoc při jejím kompletování. Děkuji za věcné rady, poznatky a nápady. Dále bych rád poděkoval panu **prof. MVDr. Zbyšku Sládkovi, Ph.D.** za ochotnou spolupráci při komunikaci s ministerstvem životního prostředí. A poděkování rovněž patří paní **Ing. Zuzaně Svobodové** za objektivní posudek diplomové práce. Děkuji.

**Michal Peš**, Posouzení možnosti využití slámy a ekopanelu ve stavbách na bázi dřeva

**Michal Peš**, Assessing the possibility of using straw and ekopanel in based-on-wood buildings

### **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá využitím slámy jako stoprocentně udržitelného materiálu vhodného pro výstavbu rodinných domů, bytových domů, budov pro plnění potřeb obyvatel a ostatní objekty. Dále posuzuje materiál ekopanel a jeho vhodnost a možnosti použití v dřevostavbách a v budovách z ostatních materiálů. Praktickou částí je pak pokus napadení tepelné izolace hlodavcem. Dozvíme se tedy, jak se přetvoří izolace pokud, je nesprávně zabudována do konstrukce a zda bude nadále plnit své tepelně izolační vlastnosti.

### **Klíčová slova**

Sláma, ekopanel, dřevostavba, dům na bázi dřeva, dřevo, udržitelnost, ekologie, bydlení

### **Abstract**

This Diploma thesis is dealing with usage of straw as a hundred percent sustainable material suitable for detached houses, apartment buildings, building for public purposes and other buildings. Furthermore, it assess ecopanel material from the suitability of using it in buildings made of wood or other materials point of view. The practical part is consisting of research concerning the possibility of attacking heat insulation by rodents. We'll get to understand what the impacts of wrong installation of heat insulation are and if it will still be able to fulfill its technical attributes.

### **Keywords**

Straw, ekopanel, wooden house, based-on-wood buildings, wood, sustainability, ecology, living

## Obsah

1	Úvod.....	8
2	Cíl práce .....	10
3	Literární rešerše.....	11
3.1	Použití slámy.....	11
3.1.1	Zemědělství.....	11
3.1.2	Energetika .....	11
3.1.3	Domácí vybavení .....	12
3.1.4	Stavebnictví.....	13
3.2	Historie slaměného stavění .....	14
3.3	O slámě a jejích vlastnostech.....	16
3.3.1	Co to vlastně je ta sláma?.....	16
3.3.2	Rozměry balíků .....	16
3.3.3	Hustota .....	16
3.3.4	Vlhkost .....	17
3.3.5	Manipulace a uskladnění.....	17
3.3.6	Fyzikální vlastnosti slámy.....	17
3.3.7	Uhlíková stopa slámy.....	18
3.4	Konstrukční systémy s využitím slámy jako tepelným izolantem.....	19
3.4.1	Nebraský systém – nosný systém.....	20
3.4.2	Hybridní systém .....	21
3.4.3	Skeletový systém.....	22
3.4.4	Prefabrikované slaměné konstrukční panely Slamaflex a Ecococon .....	23
3.4.5	Dřevostavby s použitím ekopanelu .....	25
3.5	Izolace v dřevostavbách .....	27
3.6	Pěnové izolanty .....	28
3.6.1	Pěnový polystyren EPS .....	28
3.6.2	Extrudovaný polystyren XPS.....	28
3.6.2	Pěnový polyuretan a polyizokyanurát.....	29

3.6.3	Pěnové sklo .....	29
3.7.	Vláknité izolanty .....	29
3.8.	Přírodní izolanty .....	30
3.8.1	Lněná izolace .....	30
3.8.2	Konopná izolace .....	31
3.8.3	Slaměná izolace – ekopanel .....	32
3.8.4	Dřevovláknitá izolace .....	34
3.8.5	Vlněná izolace .....	34
3.8.6	Celulózová izolace .....	36
4	Materiál a Metodika .....	37
4.1	Odolnost povrchu proti mechanickému poškození .....	38
4.2	Simulace teplotního pole v konstrukci .....	39
5	Vyhodnocení a Výsledků .....	40
5.1	Konopná izolace .....	40
5.2	Stříkaný polyuretan .....	42
5.3	Ekopanel – slaměný izolant .....	43
5.4	Naturizol – lněná izolace .....	45
5.5	Ovčí vlna .....	47
5.6	Minerální vata .....	49
5.7	Dřevovláknitá izolace .....	52
5.8	Vyhodnocení simulací teplotního pole .....	54
5.8.1	Konstrukce podhledu .....	54
5.8.2	Konstrukce základové paty dřevostavby .....	55
6	Výstupy .....	56
7	Diskuze .....	57
8	Závěr .....	59
9	Summary .....	61
10	Literární přehled .....	62
10.1	Tištěné zdroje .....	62
10.2	Elektronické zdroje .....	63

10.3	Zdroje obrázků.....	66
11	Přílohy.....	67

## 1 ÚVOD

Existuje-li materiál, který by mohl konkurovat, případně vhodně doplňovat vlastnosti dřeva, je to zcela určitě sláma. Jedná se vlastně o odpad, druhotnou surovinu při pěstování obilnin a píce. Je velmi snadno rozložitelná, dostupná a trochu k nevíře i přes její velmi dobré vlastnosti s ní lidé nakládají jako s odpadem. Dnešní generace nejsou schopny ocenit přednosti slámy.

Lidé se ke slámě, možná podobně jako k bohu obrací, když je jim nejhůře. Po konci druhé světové války, kdy byla velká část Británie včetně Londýna rozbombardovaná, byl nedostatek stavebního materiálu a tak lidé objevili slámu jako ideální stavební materiál. Z této doby se také datuje velkoformátový materiál s názvem ekopanel též stramit (*Chybík 2009*).

Základem tohoto rozumného stavění je venkovská architektura, která vychází z udržitelného stavění. Přínos této technologie se promítl i do ostatních technologií, které jsou dnes hojně využívány. Stavební průmysl tedy vychází z „primitivního“ stavění z materiálů jako sláma, hlína, dřevo, rákos, z materiálů, které byly dostupné a lidé měly s těmito materiály zkušenosti, sahající hluboko do historie. Po těchto starověkých obydlích nezůstalo moc památek, ale je to špatně? Není to spíše tak, že je to opravdu udržitelné stavění, které nezanechává žádnou stopu pro příští generace a příroda si s těmito materiály sama poradí, rozloží je a přetvoří do jiné podoby, kterou může člověk znovu využívat? Co zbyde po nás hromady betonu, ocele, cihel a ostatních sutin. Možná Vás napadá, že po nás něco zbyde, ale ocení to další generace? Nebo budou vzpomínat na naši dobu, jako na dobu betonovou, cihlovou, plastovou, která znečistila území a revitalizace je velmi nákladná a v mnoha případech i nemožná. Nemluvíme tu o zástavbách ve městě, kde kámen, beton a cihla má své opodstatnění. Mluvíme tu o stále se rozrůstajících zástavbách v příměstských částech měst, někdy nazývaných jako satelity. Tam je uplatnění trvale udržitelných materiálů, jako je například sláma a hlína, opodstatněné (*Žabičková 2002*).

Dnešní stavební materiály, spotřebují velké množství energie ještě před tím, než se z nich něco postaví. Zanechávají tedy velkou energetickou stopu a to ještě ani nezačaly sloužit svému účelu. Představte si takovou studenou stavbu z cihel či betonu. Jak bylo již zmíněno, spotřebovala velké množství energie při výrobě a teď si představte, co



takový materiál spotřebuje další energie při svém provozu. Musíte topit, zahřát tuto zed' až poté se ohřejete sami. Velké množství energie jde nazmar.

Taková dřevostavba či dům ze slámy potřebuje pouze zlomek energie na to, aby vámi zaplacenou a vynaloženou energii na vytápění okamžitě odrážel do prostoru a došlo tedy k onomu tíženému efektu, že je ve Vašem vnitřním prostředí příjemná teplota 22°C, 23°C, 24°C. Jak kdo potřebuje a jak mu vyhovuje. Takzvaná akumulční složka budov je dnes nasnadě. Představte si, že máte otopný systém, který topí celou sezonu. Bez přestání. Myslíte, že je v tuto chvíli třeba akumulace?

A co teprve energie potřebná k demolici a úpravě sutin pro další využití. Například aby se takový beton dal dále použít, je nutné ho rozemlít na menší frakci či úplně na prach. Ale proč? Mohu použít slámu, která se dá energeticky dále zužitkovat. Pokud ji uložím na povětrnosti, příroda jí přetvoří v kompost. Mohu jí zaorat a použít též jako hnojivo.

V další části také přiblížíme využití a vhodnost ekopanelu. Podíváme se na jeho vlastnosti, parametry a použití. A také vyhodnotíme napadení ekopanelu a dalších tepelných izolací hlodavcem. Tato praktická část diplomové práce vyhodnotí nejpoužívanější i méně používané alternativy vhodné pro izolování a výstavbu domů. Dozvíte se tu, jak se chová hlodavec, pokud je ve styku s minerální vatou a jak se chová, pokud mu je dána k dispozici sláma. Téma a důvod diplomové práce bylo vybráno na základě reakce pana Ing. Vratislava Blahy CSc., předsedy Asociace dodavatelů montovaných domů, který při společném rozhovoru o slaměných domech argumentoval tím, že slaměný dům či dům z ekopanelu citují „Sežerou myši“. Tato dezinformace vyvolala mnoho otázek a tou hlavní a zásadní je: „Proč by měly myši žrát slámu, která je vymláčená tedy zbavená obilí?“. Druhá otázka vyvstala vzápětí: „Jak se chovají ostatní tepelně izolační materiály, pokud jsou ve styku s hlodavci?“. Na tyto a další otázky se pokusíme zodpovědět.

## 2 CÍL PRÁCE

Cílem práce je objasnit a poukázat na výhody slámy jako tepelně izolačního materiálu. Seznámíme se s historií slaměného stavění, přiblížíme současnost a nakoukneme do budoucnosti. Uděláme maximum pro to, aby i tato diplomová práce přispěla k nárůstu výstavby slaměných domů.

V další části zmapujeme možnosti konstrukčních systému, ať už s použitím slámy v podobě balíků či ekopanelu jako velkoformátových desek.

Nejdůležitějším cílem práce je však představit vlastnosti a výhody slámy. Pokud v lidech probudíme zájem o zdravé bydlení, které je minimálně srovnatelné či v mnoha ohledech lepší než současné materiály servírované korporacemi, logickým uvažováním si každý kdo tuto práci bude číst, dokáže vyhodnotit jaký přínos má osvěta a propagace slaměného stavění. Každý chce být zdravý a mít zdravé děti. Právě pro ně je tu sláma, která je velice vhodná například pro alergii. Takže dalším cílem je představit slámu jako ten nejzdravější stavební materiál.

Tyto cíle jsou již v pár knihách popsány a zasvěcení lidé je již znají, ale v této práci je tzv. praktická část, která má pochybovačům ukázat, zda myš jako zástupce hlodavců, sežere Váš dům ze slámy, zda si ze slámy postaví obydlí, nebo si jí nebude vůbec všimnout.

Velice zajímavé potom bude chování hlodavců ve styku s ostatními materiály. Testovány byly konvenční materiály běžné výstavby jako minerální vata, stříkaný polyuretan, ale taktéž zdravější a ekologičtější materiály jako Naturizol od společnosti Juta - Turnov a.s. na bázi lněných vláken, konopná izolace, ovčí vlna a v podobě slámy je to již zmiňovaný ekopanel.

Jak celý tento pokus dopadl? Dozvíte se v praktické části diplomové práce. Cílem je taktéž přinést obrazový materiál, který nejlépe dokreslí onu problematiku.

Cílem závěru je zhodnotit vhodnost použití slámy a ekopanelů ve stavbách a hlavně odpovědět na otázku „Sežerou nám myši náš vysněný dům, když bude ze slámy?“.

## 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 3.1 Použití slámy

Pokud se zaměříme na využití slámy nejen v podobě stavebního materiálu, dostáváme se do oborů jako zemědělství, energetika a domácí vybavení. Pojdme se tedy podívat, kde všude se sláma uplatňovala, uplatňuje a může uplatňovat. Kde využijeme její přednosti.

#### 3.1.1 Zemědělství

V zemědělství se sláma používá v omezeném měřítku jako součást krmiv. Vzhledem ke svým malým nutričním hodnotám je nahrazována senem či spíše kukuřičnou siláží a krmnými moučkami. Hlavní použití bylo na podestýlku. Senem se krmilo a sláma patřila pod nohy dobytka. Takto vznikl hnůj, který byl vyvážen na pole jako vysoce hodnotné hnojivo. Na polích se dále zaorává přebytečná sláma jako hnojivo do země. Všeobecné tendence v pěstování a šlechtění obilovin jsou takové, aby byla stébla obilovin co nejnižší a klas co nejvyšší. Přináší to mnohé výhody. Například je obilí odolnější proti slehnutí vlivem povětrnosti a deště (*Chybík 2009*).

V energetice je sláma hodnotnou obnovitelnou komoditou. Přetvořuje se do podoby briket a peletek. V Trutnově ve východních Čechách dokonce existuje výrobce kotlů pro spalování celých balíků.<sup>[10]</sup> Zemědělci mohou tedy slámu využívat pro vytápění svých objektů.

Uplatnění balíků může najít také ve vymezení určitého prostoru např. při nahánění dobytka, vymezení hranic pozemku, či pro provizorní přístřešky. Zcela běžně se s balíky slámy potkáte na automobilových závodech a u cest se z velkoformátových balíků dělají konstrukce pro reklamní poutače.

#### 3.1.2 Energetika

Energie jsou dnes jednou z nejdůležitějších komodit. A proto se hledají různé alternativy k plynu, ropě, dřevu, uhlí a topným olejům. Zájem byl hlavně o bio plyn a rozvoj zaznamenalo rovněž pálení dřevěných štěpek a ostatního odparu z lesa, který byl dříve pálen přímo na místě.

Jak bylo již popsáno výše, nejen zemědělci využívají slámu jako biomasu, ale kotlem na slaměné balíky lze vybavit i rodinný dům. Není to úplně běžná instalace a větší uplatnění mají pelety do automatických kotlů a brikety, se kterými lze přikládat

jako s kusovým dřívím. Významnými instalacemi těchto kotlů jsou pak výrobní, provozovny, administrativní budovy a zjednodušeně objekty o větší výměře.

Sláma jako materiál obsahuje velké množství křemičitanů, proto musí mít kotle speciální konstrukci a nelze pálit slámu v jakémkoliv kotli <sup>[14]</sup>. Velmi příznivá je u tohoto druhu vytápění nízká cena paliva. Slaměný balík pořídíte pro stavební účely kolem 32 Kč/ks <sup>[9]</sup>. Kotel s dodaným výkonem 19 KW, což je pro běžný dům (150 m<sup>2</sup> užitné plochy) zbytečně moc, spálí jeden balík za den <sup>[10]</sup>. Topná sezóna je dána vyhláškou Ministerstva průmyslu a obchodu č. 194/2007 Sb. a udává závazné data od kdy, do kdy trvá topná sezóna <sup>[11]</sup>. Je to tedy od 1. září do 31. května. Předpokládejme, že se každý den bude topit a celkem je to tedy 274 dní. Lehkým propočtem tedy zjistíme, že náklady na slaměné balíky jsou 8 768,-Kč/topnou sezónu. Což je naprosto bezkonkurenční částka, které se můžete přiblížit pouze se dřevem, pokud jste vlastníkem lesa. Tento zjednodušený výpočet naznačuje, jakých ekonomických výhod lze dosahovat, pokud budeme vytápět slaměnými balíky. U peletek a briket je cena vyšší neboť musíme počítat s jistou „přidanou hodnotou“ v podobě rozmělnění a opětovného slisování. Ovšem takový automatický kotel na peletky by jinak nefungoval. Cena pelet se pohybuje kolem 1 950 Kč/tunu o výhřevnosti 16,7 MJ/kg <sup>[12]</sup>. Pro srovnání dřevěné pelety stojí 6 600 Kč/tunu a výhřevnost mají 18 MJ/kg - smrk <sup>[13]</sup>. Rozdíl v ceně je znatelný.

Z internetových recenzí od reálných uživatelů na portálu TZB.info se lze dovědět o tom jak je vhodné či nevhodné topit slaměnými peletami. Mnoho uživatelů vyzdvihuje cenu, ale haní spékavost, větší popelavost a nutnost čistit častěji kotel. Sláma a ostatní agropelety mají také vyšší množství emisních látek, které škodí ovzduší i samotnému kotli <sup>[14]</sup>.

### **3.1.3 Domácí vybavení**

V historii se sláma používala na domácí vybavení. Takový slamník není nic jiného než sláma nacpaná do kusu látky. Na slamníku vyrostla spousta generací, ale dnes se již používají jiné materiály jako například kokosové pazdeří. Setkat se dnes se slamníkem jde pouze vzácně a ne náhodou to bývá právě ve slaměném domě, kde majitelé doceňují slámu ve všech ohledech.

Další drobná použití pak byla na dětské hračky, ozdoby, různé ošatky a koše. Například ozdobičky na vánoční stromeček se v podobě slaměných figurek dochovaly do dneška a dokonce se znovu vyrábí (*Pavlišťík 2005*).

### 3.1.4 Stavebnictví

Ve stavebnictví má sláma uplatnění již mnoho tisíciletí. Ne vždy se muselo jedna o odumřelé stonky obilovin. Používalo se různé pazdeří, oddenky bylin, rákos a další vhodné biologické materiály, které se ve stavbách hojně uplatňovaly. Lidé si povšimli, že tyto materiály jsou dostupné, ochrání je proti povětrnostním vlivům a jsou dlouhodobě stabilní. Lidová architektura vychází z dob, kdy se tyto materiály používaly. Domy jsou často neúplně rovné. Malá zaoblení a kulaté rohy jsou typické pro výstavbu z přírodních materiálů. I dnes se slaměné domy zakulacují, ostění oken a dveří je do kulata a přirozeně je tedy vyjádřena volnost a podstata přírodního stavitelství.

Využití slámy bylo v obvodových stěnách, kde sláma zajišťovala tepelný komfort a ochranu. Pro lepší tepelně izolační a ohni vzdorné požadavky byla sláma opatřena hliněným potěrem. Omítkou, která zajišťovala neprůvzdušnost, ochranu proti ohni a zamezovala oddělování jednotlivých vláken slámy (*Minke 2009*).

Kromě obvodových stěn byla sláma vhodná i pro stropní konstrukce. Kde nad nosnou konstrukcí, např. v podobě cihelné klenby, opět odizolovala spodní patra. Zděné domy, které byly opatřeny půdou, se na zimu naskladnily senem a slámou. Zde bylo využito volného prostoru pod krovem pro uskladnění potravy pro dobytek na celé období zimy, ale taktéž silná vrstva sena a slámy izolovala velmi dobře od chladu, mnohdy i při minusových teplotách v půdním prostoru (*Chybík 2009*).

Jako střešní krytina je s výhodami používán rákos či sláma, která má ideální hydroizolační vlastnosti pokud je v dostatečné tloušťce a je správně navrstvena. Zásadní je taktéž dostatečný sklon střechy. Došková střecha musí mít minimální sklon 45° <sup>[15]</sup>. Došky byly s výhodami ze snopů žitné slámy, která má dlouhá a pevná stébla. Obilí se muselo kosit ručně, svázat do snopů, opatrně vymlátit, poté znovu svázat. Po navlhčení – plastifikaci, se mohla teprve sláma uložit na střešní konstrukci <sup>[16]</sup>. Pro pěstování žitné slámy byly určeny lokality v blízkosti obce. Nebylo tedy nutné slámu dovážet z daleka. Dnešní situace je taková, že na konstrukci doškové střechy se používá zásadně rákosu a to dovezeného z Maďarska, kde se touto výrobou zabývají. Ve skanzenu Modrá u Velehradu na Uherskohradištsku prováděli rekonstrukci maďarští montážníci z maďarské společnosti a instalovali zde maďarský rákos (tyto informace byly získány při návštěvě skanzenu).

Požadavky na střechy
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Střešní sklon musí být minimálně 45°, ve větrných oblastech minimálně 50° (čím je střecha strmější, tím má krytina delší životnost)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Krytina má přesahovat střechu na všech stranách domu o 500 mm. Sklon úžlabí vyplývá ze sklonu střechy. Nároží by nemělo vybíhat na úžlabí, ani úžlabí na nároží. Pod vikýřem by měl meziprostor mezi střešními latěmi a spodní hranou vikýřového rámu odpovídat tloušťce střední vrstvy snížené asi o 100 mm</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Při rozteči krokví jeden metr a vzdálenosti latí od 250 do 400 mm se používají latě 40 x 60 mm. U větších roztečí krokví mají latě průřez 50 x 70 mm. Střešní latě se upevňují hřebíky o délce odpovídající 2,5násobku tloušťky latí. Svazovací kolíky se používají lískové nebo vrbové (průměr 25 mm), případně tenké jedlové kmínky zbavené větví. Došky ze slámy se upevňují drátem (nerez tl. 1 mm, měď tl. 1,5 mm)</li> </ul>

Tabula 1 Požadavky na střešní krytiny z došek  
(Zdroj:[http://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/alternativy/doskove-strechy-v-21-stoleti\\_79.html](http://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/alternativy/doskove-strechy-v-21-stoleti_79.html))

Sláma se také používala v podobě řezanky do vymazávek mezi roubení. Krom slámy se přidával do jílu také kravský trus a mech. Sláma má zde funkci jakéhosi vlákna, které má za úkol zmenšit praskání a udržovat vymazávku v dobré kondici i během změn vlhkosti po celou dobu užívání objektu (Minke 2009).

### 3.2 Historie slaměného stavění

Rozvoj výstavby slaměných domů byl s vynálezem balíkovacího stroje. Nejznámější případy slaměného stavění pocházejí ze spojených států amerických, kde se dochovaly domy již z období 18. století. V oblasti dnešní Nebrasky byl nedostatek stavebního materiálu a jediné co bylo dostupné, byla sláma z obilovin. Tato oblast USA byla odkázána pouze na dovoz stavebního materiálu po železnici. V zimním období, když byl problém dostat materiál na stavbu, se objevila sláma jako velmi vhodný stavební materiál. Používaly se balíky v takové podobě, jaké byly slisované. Balíky se potom používaly stejně jako cihly. I stavební systém byl obdobný. Stejně jako se dává cihla k cihle, dávají se balíky nasucho k sobě. Statickým zajištěním je pak zatížení a stabilizace nosných stěn pomocí táhel či zatížením například stropem, střechou, či betonovým věncem. Tento systém se potom v historii objevuje jako Nebrasský styl či nosná sláma pro výstavbu slaměných domů. Tento název se dochoval a je běžně používán. V Čechách je však těchto domů minimum (Minke 2009).

Osadníci v Nebrasce si povšimli velmi příjemného vnitřního prostředí v domech. V zimě, při teplotách lehce pod bodem mrazu, byly domy příjemně vyhřáté a byly schopné dlouhodobě udržet stále prostředí. V letním období kdy teploty mohou vystoupat i ke 40°C bylo v těchto slaměných domech velmi příjemné vnitřní prostředí<sup>[17]</sup>. Je to díky tomu, že slaměné stěny byly díky své tloušťce velmi dobrým tepelným izolantem. Sláma je rovněž dobrým zvukovým izolantem a balíky slámy byly schopny odhlučnit i dující vítr, který hlavně v zimním období byl velmi nepříjemný. Zpočátku provizorní domy ze slámy se po velmi dobrých zkušenostech staly standartní technologií při výstavbě domů nejen pro bydlení lidí. Některá z těchto domů fungují a slouží svému účelu dodnes. Metoda stavění slaměných domů na území Nebrasky přetrvávala cca až do období před rokem 1940. Po tomto roce šla sláma do ústraní. Důvodů mohlo být několik. Období během války a popularizace cementu zastavily vývoj a používání slámy. Jako znovu objevitelé této metody jsou datováni Judy Knox, Matts Myrhan a to v období před koncem 70tých let. Zušlechťovali a propagovali tuto technologii. Jejich řady následovali ekologičtí nadšenci. Zdravý životní styl, minimální nároky na energie, snadná rozložitelnost a velmi dobré vnitřní prostředí. To jsou důvody proč hlavně „zelení lidé“ propagují a znovu objevují slámu. Lidé se společným smýšlením se začali scházet na stavbách, na ekologických festivalech, začaly vznikat časopisy jako například v Arizoně časopis „The last Straw – poslední stéblo“, ve kterém lidé sdílejí své zkušenosti, materiály a typy. Celkově se tento materiál dostává znovu do povědomí lidí, kteří uvažují o výstavbě (*Minke 2009*).

V České republice se stavění ze slámy dostává rovněž velmi do popředí. Ať už je to stavění přímo z balíku slámy, nebo stavění z ekopanelů. Systém s ekopanely je velmi vhodný do montovaných moderních dřevostaveb a s výhodami se taktéž používá. (*Chybík 2009*)

## 3.3 O slámě a jejích vlastnostech

### 3.3.1 Co to vlastně je ta sláma?

Jedná se o odumřelé stonky obilovin a pícein, které jsou vymláčeny (zbaveny cenného zrna). Z pravidla se používá sláma pšeničná a žitná. Jak již víme žitná sláma má pevná a dlouhá stébla. V tom je výhodná. Pšeničná sláma se zase používá pro svoji dostupnost. Sláma je z chemického hlediska velice podobná dřevu. Hlavním stavebním prvkem je celulóza a lignin. Dále tu jsou oxidy křemíku, které dodávají nám dobře známý lesk slámy. Lesk zajišťuje ochranu proti vodě. Sláma podléhá velmi rychle plísním, proto je potřeba dbát na to, aby byla maximální vlhkost balíků okolo 10 – 15%. Navlhlý či snad mokřý balík snadno podlehne plísním (*Martón 2014*).

### 3.3.2 Rozměry balíků

Sláma se balíkuje v několika podobách. Dnes velmi rozšířené jsou velké kulaté balíky, které lze ve stavbách uplatnit pro skeletové systémy a to hlavně díky jejich únosnosti a roznášecí ploše. Pro samotné „vyzdívání“ obvodových stěn nejsou příliš vhodné. Daleko lepší jsou klasické obdélníkové balíky, které lze jednoduše rozdělit na malé, střední a velké. Malé balíky mají rozměry 30 – 35 x 40 - 50 x 50 - 120 cm. Střední balíky 50 x 80 x 70 – 240 cm. A velké potom 70 x 120 x 100 – 300 cm (*Minke 2009*).

### 3.3.3 Hustota

Hustota balíků se potom pohybuje, v závislosti na druhu balíkovacího stroje a jeho nastavení, mezi 80 – 120 kg/m<sup>3</sup>. Ideálně však 90 – 110 kg/m<sup>3</sup>. Malá hustota nezajišťuje vhodné mechanické vlastnosti. Je však velmi dobrým izolantem a to z důvodu velkého množství vzduchu v balíku. Pokud je hustota vyšší, jsou výborné mechanické vlastnosti, větší hmotnost, ale co se týče tepelně izolačních vlastností, je podíl vzduchu v balíku menší. Proto tedy zmiňovaná ideální hustota 90 – 110 kg/m<sup>3</sup>. Větší a více ztuhlé balíky se hodí pro výstavbu tzv. nebraským stylem výstavby, kdy jsou balíky samonosné. Přenášejí zatížení stále od konstrukce z vyšších částí domu (strop, 2.NP, střecha), jednak užité zatížení vyvinuté provozem a užíváním budovy a v neposlední řadě také zatížení nahodilá jako voda, sníh a vítr. Zatížení balík přenese až do základů jako u klasického zdiva či dřevostavby. S rozměrnějšími balíky není potom úplně snadná manipulace a mnohdy je zapotřebí mechanizace. Nakladače či malého jeřábu (*Martón 2014*).



### 3.3.4 Vlhkost

V období sklizně kdy je zrno již zralé, dochází k sečení obilí, mlácení a jako odpad z mlátičky odchází sláma, plevy, klasy a ostatní nežádoucí zbytky. Sláma musí být tedy zralá, čistá a s co možná nejmenší vlhkostí. Pro účely stavby slaměných domů je vhodné takové pole, které má minimální podíl plev a je dostatečně osluněno. Samotné balíkování je potom vhodné provádět v odpoledních hodinách, kdy je z povrchu slámy již odpařena spadaná rosa. Balíkovat se také nemůže, pokud v nejbližších předešlých dnech přšelo. Zmiňovaná vlhkost by tedy neměla překročit 15%. Pokud máme naměřené mírně vyšší hodnoty, necháme balíkování na jiný den, případně již slisované balíky necháme za slunných dní ležet na poli. Pokud balíky stohujeme, je dobré mezi nimi nechat mezery pro cirkulaci vzduchu (*Martón 2014*).

### 3.3.5 Manipulace a uskladnění

Odvoz a nakládku je nutné provádět se vši opatrností, abychom zachovali celistvost a tvar balíku, který je pro stavbu tak důležitý. Samotný tvar balíků se v závislosti na deformaci ještě upravuje před uložením do stěny. Mírně zaoblené hrany se více zostří do pravého úhlu. Jako vázací provaz je vhodný polypropylenový motouz, který zůstává po celou životnost stavby ve stěně. Ideální pro dotvarování a sesednutí balíků, je nakoupit je rok před plánovanou výstavbou a nechat je uskladněné někde v hale nebo na půdě. Takto sesedlé balíky budou mnohem méně sedat po zabudování do stěn. Náklady na skladování nejsou nijak závratné. Pohybují si do 10 000,-Kč/rok (tato informace ověřena z reálné stavby). Uskladněné balíky rok předem také zajistí, že pokud byla dobrá sezona, jsou i balíky dobré. Eliminujeme tedy riziko deštivého léta v daném roce výstavby, které není pro sklizeň vhodné (*Chybík 2009*).

Pokud vezmeme v úvahu prefabrikované výrobky ze slámy, lze použít slámu ze stejného roku, kdy je prefabrikát vyroben. Jedná se například o panely Ecococon, Slamaflex či deskový materiál v podobě ekopanelu.

### 3.3.6. Fyzikální vlastnosti slámy

Sláma je povahou vláknitý materiál, který nijak nezpracovaný (neposečený, neslisovaný), má ideální biologickou stavbu z pohledu tepelné izolace. Jednotlivá stébla jsou rozdělena tzv. kolénky, která vytvářejí duté komory vyplněné vzduchem. V případě mechanického zpracování jsou tyto dutiny poškozeny a tepelně technické parametry se zhorší. Takový ekopanel má díky vysokým lisovacím tlakům hustotu okolo 300 kg/m<sup>3</sup> a

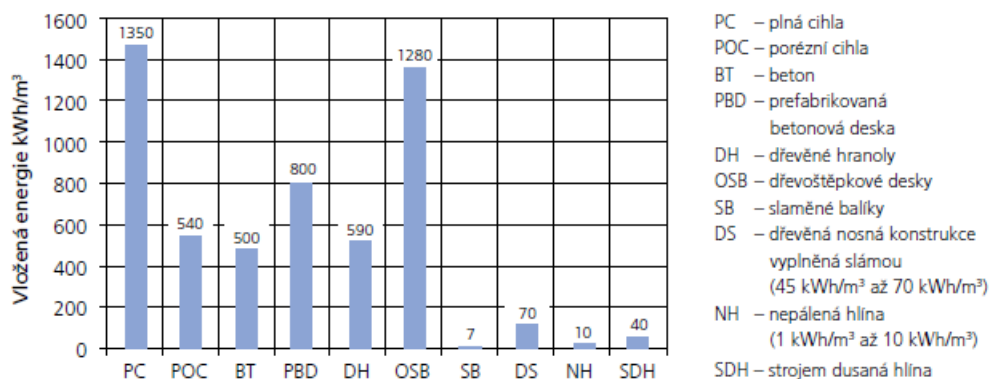
jak již víme vysoká hustota má neblahý vliv právě na tepelnou izolaci. Ta je u ekopanelu cca dvakrát horší než u surového balíku slámy.

Tepelná vodivost slámy, byla měřena již v mnoha případech, ale výsledky se liší v rozmezí 0,035 až 0,09 W/mK. Zásadní je orientace vláken, rozmělněnost slámy a okrajové podmínky při měření. Ve slámě jako v každém vláknitém materiálu dochází k proudění mezi jednotlivými vlákny. Toto proudění negativně ovlivňuje tepelný odpor slámy. Uvádí se, že v prostorech mezi vytápěnou a nevytápěnou částí např. ve stropní konstrukci lze dosáhnout při tloušťce slámy 80 cm  $U = 0,06 \text{ W/m}^2\text{K}$ . to však za předpokladu, že je tato vrstva rozdělena na dvě 40 centimetrové vrstvy. Dělicí vrstva může být například papírová lepenka či difuzně otevřená fólie. Pokud nerozdělíme tuto 80 cm vysokou vrstvu, dostaneme se díky konvekci na hodnotu  $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ . To je více než dvojnásobně horší hodnota. Tepelná kapacita slámy ( $c = 2,0 \text{ kJ/kgK}$ ) napovídá, že slaměná konstrukce je schopna akumulovat teplo zhruba do stejné míry jako masivní dřevo (*Chybík 2009*).

### 3.3.7. Uhlíková stopa slámy

Sláma je podobně jako dřevo plně obnovitelný materiál. U nás nejběžnější smrk má dobu obmýetí 80 let. Za tuto dobu se s přehledem vymění jedna lidská generace. U slámy je doba obmýetí jednu sezónu. Proč tedy čekat osmdesát let když můžeme použít materiál, kterého je přebytek, každý rok vyroste znovu, někdy i dvakrát za sezónu a má ideální vlastnosti pro použití ve stavebnictví. Má do jisté míry pozitivní uhlíkovou stopu, neboť při svém růstu obilí spotřebovává oxid uhličitý. Odhaduje se, že je v rámci ČR vyprodukováno až 6 miliónů tun slámy ročně, která je nadbytečná. Pro účely výstavby domů je potom vhodných cca 1,2 miliónů tun (*Chybík 2009*).

Množství spotřebované energie pro výrobu slaměných balíků je mnohem menší pro názornost a představu zde uvedeme tabulku z knihy Přírodní materiály od pana Josefa Chybíka. Například dnes v hojné míře používaná minerální vlna spotřebuje na svoji výrobu 77 x více energie než slaměný balík (*Chybík 2009*). Pro minerální vlnu je třeba nejprve roztavit horninu a poté jí rozfoukat do jemných vláken. Rozložitelnost, nebo případná recyklace není prozatím rozšířená. Jediným způsobem likvidace je ukládání na skládky odpadů. Zde je sláma opět ekologičtější a i po dosloužení v konstrukcích budov může být uplatněna jako hnojivo, mulč, palivo a v neposlední řadě ji lze také uložit na skládku komunálního odpadu, kde ztleje a přemění se opět na humus.



Graf 1 Porovnání spotřebované energie na výrobu stavebních materiálů (zdroj: Přírodní materiály, Chybík 2009)

Výroba slaměných balíků je jedna věc, ale doprava na staveniště druhá. Pokud použijí slámu, která je z jižní Moravy a stavba bude probíhat ve východních Čechách, uhlíková stopa balíku na dopravě bude srovnatelná s konvenčními materiály. Výhodné je tedy sehnat balíky v nejbližším okolí staveniště. Mohlo by se zdát, že to není zas takový problém. Obilí se pěstuje všude. Dokonce i v blízkosti Prahy. Tedy dostupnost dobrá. Narazíme až ve chvíli, kdy oslovíme zemědělce a s pláčem zjistíme, že onen zemědělec nemá stroj, kterým by mohl balíky vyrobit. Dnes má valná většina zemědělských družstev balíkovačky na kulaté balíky. Vhodný stroj, nebo dodavatele balíku lze snadno dohledat například na internetovém serveru [www.slamak.info](http://www.slamak.info).

Velmi dobrým strojem je často zmiňovaný lis od kanadského výrobce Massey Ferguson MF – 1800 a odvozené modely. Vysoká kvalita balíků, rychlost výroby a snadná nastavitelnost. Dle dostupných zdrojů na [www.slamak.info](http://www.slamak.info) je v České republice evidován jediný stroj, který slouží pro výrobu slaměných balíků, které mohou být použity i jako nosné tzv. nebraský styl.

### 3.4 Konstrukční systémy s využitím slámy jako tepelným izolantem

Následující řádky mapují možnosti využití slámy ve stavbách. Dozvíme se jak a kde slámu aplikovat, tak aby sloužila po celou dobu své životnosti. Rozebrány jsou systémy obvodových plášťů, na které je kladeno nejvíce požadavků. Ať už je to z pohledu statiky, požární odolnosti, tepelně technických vlastností, zvukové izolace, atd.

V následném porovnání tepelných izolantů se zaměříme hlavně na veličiny, které poukazují na vodivost tepla.

#### **3.4.1. Nebraský systém – nosný systém**

Tento stavební systém byl pojmenován podle klasického stavění ve státě Nebraska (USA). Pro naše podmínky je zažitý spíše pod názvem nosná sláma. Jedná se o takovou konstrukci, kde sláma zajišťuje hned několik funkcí najednou. V první řadě přenáší zatížení od všech konstrukcí nad základovou deskou až k základové spáře. S pohledu statiky je to nejdůležitější funkce slámy. Dále přenáší užité zatížení od osob a vybavení vnitřních prostor. Opět až na základovou spáru. Dalším zatížením je tzv. nahodilé zatížení od deště, sněhu a větru. Pokud nám předešlá dvě zatížení působila kolmo na základovou desku, tak například takový vítr mnohdy působí z boku stěny a má tendence vyklopit stěnu. Balíky respektive stěny z nich, musí být tedy zavětrovány a působit jako tuhá konstrukce, která je schopná přenést i např. boční vítr do základové desky.

Další funkcí je funkce tepelně izolační obálky, která musí být těsná, mít dostatečný tepelný odpor a musí se do ní vhodně umístit výplně okenních otvorů a dveří. Sláma velmi snadno podléhá konvekci větrem a proto je nutné jí vhodně uzavřít například hliněnou omítkou, která uzavře póry a spáry mezi balíky. Zjednodušeně to lze přirovnat k tomu jako byste byli na horách a měli na sobě za větrného počasí pouze pletený svetr. Ten snadno profoukne a proto je nutné svetr uzavřít tzv. „větrovkou“ v našem případě hliněnou omítkou, osb deskou, ekopanelem, či jiným vhodným materiálem.

Odhlučnění vnitřních prostor od okolního prostředí je také jedním z požadavků na obvodové pláště. Při tlumení zvuku dochází k vibracím tedy opět mechanickému zatížení stěny.

Rozvody, elektroinstalace a napojení nosných stěn či příček. Další nárok na obvodovou stěnu ze slámy. Klasickým dotazem je zda mohu do takovéto konstrukce vrtat a šroubovat poličky. Nosná sláma je vhodná pro přímé šroubování vrutů a má únosnost až 50 kg/vrut. Těžší věci jako bojler, toalety či umyvadlo je lepší kotvit do podlahy.

**Popis konstrukce:** Jednotlivé balíky jsou vzájemně propojeny dřevěnými kolíky. Před konstrukcí stropu je instalován s výhodami dřevěný věnec, který uzavírá patro, stahuje konstrukci stěny a vytváří předpětí na slaměné balíky. Předpětí je zajištěno táhly, látkovými kurtami, nebo závitovými tyčemi, které tlačí balíky proti základové

desce a stabilizují je. Stěna má poté menší tendence sesedat. Toto předpětí by mělo vytrvat i po úplném zatížení konstrukce. Vlivem kolmého tlaku se stěna stabilizuje, zavětruje a dojde také k tíženému efektu utěsnění mezer mezi balíky. Nemusíme tedy pracně docpávat každou styčnou spáru slámou. Eliminujeme tepelné mosty s rámci obvodové stěny.

Druhou možností je na konstrukce věnce ihned vystavět střešní konstrukci se všemi vrstvami. Tato technologie však vyžaduje technologickou odstavku a to v rozmezí 3 až 4 týdnů, kdy dojde k sesednutí slaměných balíků. Po cca měsíci se potom stěna kompletuje. Omítne se a mohou se instalovat výplně otvorů.

**Výhody:** Vzhledem k eliminaci dřevěných prvků je výhod hned několik. Minimální složitost konstrukce eliminuje tepelné mosty. Lépe vyplněné rohy a detaily kolem oken. Rychlejší výstavba, neboť nemusíme čekat na zhotovení nosného rámu. A rozhodující je také úspora financí. Dřevěný rám nám prodražuje stavbu až o několik desítek tisíc.

**Nevýhody:** Vysoké požadavky na kvalitu balíku, které nemusí být tak snadné sehnat. Pokud nám nastane nevhodné počasí při výstavbě, musíme ochránit balíky proti vodě. To u systému s dřevěným rámem máme již hotovou střechu, takže stačí stěny ochránit proti bočnímu dešti. Dále jsme limitováni konstrukční schopností balíků přenášet zatížení na větší rozpony a výšky. Okna a dveře by dle empirických zkušeností neměly zabírat více než 50% plochy stěny. Podobně jako u cihel je nutné na větší délky stěn vytvořit vyztužení. U nosné slámy je tato vzdálenost 6 metrů. Výška nosné stěny pak může dosahovat maximálně pětinasobku šířky stěny. Tlustá stěna má pak za následek horší oslunění okny kvůli širokému ostění (*Minke 2009*).

### 3.4.2. Hybridní systém

Jak již napovídá název, půjde o kombinaci nosné slámy a skeletového systému. Tato technologie jde proti zásadám stavitelství. Nejdříve je postavena střecha a až poté stěny. Postup je takový, že dřevěný skelet podpírá konstrukci střechy, mnohdy pouze s difuzní fólií jako dočasnou hydroizolací. Je nutné, aby konstrukce odolala po dobu, než bude podezděna a staticky zajištěna.

**Popis konstrukce:** Konstrukce je tvořena subtilními dřevěnými prvky, které jsou vždy v rozích a po obou stranách otvorů oken a dveří. Tyto prvky po zatížení stěn střechou zůstávají v konstrukci. Provizorní střešní konstrukce je poté „podezdívána“ slaměnými balíky. Jakmile se dojde pod pozednici – věnec dojde ke spuštění střechy

pomocí speciálního konstrukčního detailu. Přenos zatížení tedy zajišťuje sláma v kombinaci s dřevěnými prvky.

**Výhody:** Tento systém je schopen zajistit ochranu proti dešti již během výstavby a nemusíme tedy složitě zaplachtovávat celou stěnu. Postačí pouze venkovní strana. Dřevěné sloupy jsou poddimenzovány a pro trvalé užívání by nebyly dostatečně únosné, ale z pohledu množství nakoupeného řeziva, se jedná o úsporu financí.

**Nevýhody:** Pokud jsme ušetřili na řezivu je logické, že konstrukce nebude natolik stabilní a musíme stavbu dostatečně staticky zajistit, aby se nám nezhroutila, dokud ji nezajistíme pomocí nosných stěn (*Minke 2009*).

### 3.4.3. Skeletový systém

Tento systém je srovnatelný s rámovou konstrukcí moderních dřevostaveb, které zastávají výrobci jako například Haas Fertigbau, RD Rýmařov, Atrium, apod. Sláma zde nahrazuje minerální vatu jako izolant. Pro zavětrování moderních dřevostaveb se s výhodami používají velkoformátové zavětrovací desky například od společnosti Fermacell, Rigips a nebo se zavětrování provede pomocí OSB desek. U slaměných domů musíme zavětrování vyřešit za pomoci ocelových pásnic pod úhlem 45°, v případě dvoupodlažních budov nám při náporu napomůže stropní konstrukce pro roznášení zatížení. Co se však používá velmi často, a například jeden z nejznámějších projektantů slaměných domů v české republice, pan Ing. Daniel Grmela tento systém využívá ve většině projektů, je zavětrování pomocí prken, které jsou opět pod úhlem 45° a roztečí 100 – 300 mm. Jedná se o velmi účinnou a levnou formu zavětrování. Rošt z těchto prken lze taktéž využít pro další navazující konstrukce jako příklad předstěny. V nejjednodušším provedení se využije dřevěný rošt jako podpora pro základní jádrovou hliněnou omítku, která má tloušťku od 20 do 50 mm.

**Popis konstrukce:** Skelet je tvořen dřevěnými prvky v podobě rostlého dřeva (kulatiny), řeziva, KVH hranolů, ale může být zhotoven i například z I nosníků, které eliminují tepelné mosty. Sláma má v této konstrukci dělicí, tepelně izolační a zvukotěsnou funkci. Jako omítky a fasády se nejčastěji používají hliněné omítky. Z interiéru je první vrstvou hliněný potěr (špric), jádrová omítka s jutovou či skelnou perlínkou a finální jemná omítka. Z exteriéru je souvrství obdobné, avšak do jádrové omítky a finální se přidává kravský trus, případně se udělá vápenná omítka.

Skeletovou konstrukci si většinou stavitel nechává zhotovit od tesařů případně tesařské firmy, kde je zaručena kvalita a řemeslné zpracování. Je však potřeba si tíženou kvalitu pohlídat ideálně ve spolupráci s odborníkem. Pro lajky lze však doporučit hlavní zásady kontroly jako je kontrola materiálu: křivost, hniloba, kvalitní odkornění, které může být zárodkem napadení hmyzem, pevnost a tuhost tesařských spojů a celé konstrukce. Zásadní je také kontrola rozměrů řeziva, ze kterého je konstrukce vyrobena. Musí být v souladu s projektovou dokumentací. Samotné slámování se poté nejčastěji provádí s přáteli, formou workshopů a svépomocí, kdy jsou jednotlivé balíky vtlačeny mezi stojné dřevěné prvky. Zásadní je zde eliminovat volné prostory a vše kvalitně docpávat slámou. Po navrstvení dvou až tří vrstev balíků je nutné souvrství zatížit, slisovat. Nejběžněji se na stavbě provádí vyheverování. Poté následuje zajištění dřevěnou latí přivrtanou ke stojným prvkům. Touto operací se zajistí svislé i styčné spáry. Největší důraz je nutné klást na detaily rohů, okolí stavebních otvorů a zakončení v oblasti stropu či střechy. Tyto prostory se dělají obvykle velmi špatně a je dobré si s nimi pohrát a dát jim čas. Po docpání všech spár, děr a rohů se může zahájit samotné nanášení hliněných omítek (*Pavliščík 2005*).

**Výhody:** Zastřešení objektu před zahájením slámování. Možnost kotvit do dřevěného rámu těžké předměty jako například bojler na ohřev teplé užitkové vody. Pocit větší pevnosti a stability. Lepší představa proporcí domu s možností změny zastavěné plochy. Lze předpřipravenou konstrukci a střechu využít pro dočasný sklad slaměných balíků. Snadná vizuální kontrola konstrukce a řeziva před zaděláním konstrukce.

**Nevýhody:** Větší finanční náklady na realizaci. Nákup řeziva a práce řemeslníků – tesařů zvyšuje náklady. Složité detaily a hrozba tepelných mostů vzhledem k napojování dřevěných stojných prvků a izolační slámy. Oslabená tepelná obálka v místě dřevěného prvku. Nutnost spoléhat na cizí řemeslnou práci pokud nejsme zrovna tesaři (*Minke 2009*).

#### **3.4.4. Prefabrikované slaměné konstrukční panely Slamaflex a Ecococon**

Slaměné prefabrikované panely Slamaflex kombinují předešlé konstrukční materiály a eliminují jejich nedostatky. Potkat se také můžete s panely pod názvem Ecococon od Litevského výrobce. Hlavní výhodou této technologie je částečná prefabrikace, tedy

výroba ve stálém prostředí za sucha a tepla, kdy mají řemeslníci ideální podmínky na práci a materiál je taktéž v ideálním prostředí před uložením na staveništi.

**Popis konstrukce:** Základní rozměry panelů jsou 2 500x350x750 cm nebo 3 000x400x1 200 mm. Velice precizně jsou provedeny překlady nad otvory. Jedná se rovněž o panel, který je však velmi dobře izolovaný a může mít rozpětí od 3 – 4 metrů. Hlavní rám je tvořen dřevěnou konstrukcí a výplní ze slámy, která má hustotu kolem 110 kg/m<sup>3</sup>. Tepelný odpor odpovídá odporu slámy a je v rozmezí  $\lambda = 0,060\text{--}0,070 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Únosnost panelů je až 15 tun/m což zajišťuje dostatečnou statickou rezervu i pro více podlažní domy. Proti hluku působí tento panel jako elastický polštář schopný odhlučnit vysoké i nízké tóny.

Panely se spojují pouze vruty, což zrychluje výstavbu. Je vhodné je opatřit hliněnými omítkami, které jsou protipožární a chrání slámu proti případnému napadení hlodavci. Z exteriéru lze panel snadno doizolovat například Hofatexem, Pavatexem či jiným dřevovláknitým materiálem a z interiérové stěny se domy opatřují sádkartonem, sádrovláknitou deskou, slaměným ekopanelem, ale dají se také pouze omítnout hlinou. Ta poté dotváří příjemné vnitřní prostředí. Výhodou těchto panelů je, že jsou oproti klasickému balíku zastříhnuty do roviny. To ve výsledku představuje rovnější zdivo, menší tloušťku hliněné omítky či velmi snadné zaklopení například ekopanelem, nebo jiným velkoformátovým materiálem.

**Výhody:** Výhodou číslo jedna je rozhodně rychlost výstavby. Dále prefabrikace v ideálních podmínkách s čímž souvisí kvalita provedení a eliminace tepelných mostů. Lze nakoupit od dodavatele. Nemusíte tedy složitě shánět zemědělce, který by Vám byl ochoten nabalíkovat potřebný sortiment. Dřevo a sláma je výhodnou kombinací. Obzvláště vyzvedneme-li, že dřevo neprochází celou tloušťkou konstrukce. Opět eliminace tepelného mostu, který je u pasivních domů největším nepřítelem. Snadná montáž díky prostému sešroubování. Manipulaci s těmito panely zvládnou dva řemeslníci. Není tedy nutná mechanizace (mluvíme o neomítnutých panelech). Jednou z posledních výhod je rovný povrch panelů.

**Nevýhody:** Nevýhody lze spatřit obzvláště v ceně, která se pohybuje v rozmezí 2 000 – 3 000 Kč/m<sup>2</sup>. Cena se odvíjí od povrchových úprav. Dále je nutné panely chránit proti vodě během výstavby. Pokud je panel opatřen hliněnou omítkou již z výroby, je nutná mechanizace například v podobě jeřábu (*Chybík 2009*).



### 3.4.5. Dřevostavby s použitím ekopanelu

Ekopanel se od předešlých systémů liší a možná, že Vám přijde, že by do této kategorie ani neměl patřit. Jedná se však o stavební materiál ze slámy, který umožňuje použití v obvodových pláštích, podlahách, střeších, půdních vestavbách, a příčkách. Lze jej využít také na obklady nosných prvků a jako nadkroevní izolaci.

Historie lisovaných desek ze slámy v recyklovaném papíru se začala psát ve čtyřicátých letech minulého století, kdy po druhé světové válce na území Velké Británie bylo nutné rychle obnovit občanskou vybavenost a bytové domy ve městech a v aglomeracích. Tam se jednalo převážně o výstavbu nových rodinných domů, které byly rozbombardovány. Jako nejdostupnější materiál se ukázala sláma. Bylo jí dostatek a pro stavební účely, pod výrobním názvem stramit, se velmi hodila. Panely stramit se vyráběly velice rychle a byly tedy ideální pro rychlé nakopnutí britské ekonomiky. Pro představu dnešní výrobní linka v Jedousově na Přeloučsku, kde má výrobu společnost Ekopanel, má výrobní kapacitu 700 m<sup>2</sup> za dvanácti hodinovou směnu. Použitím ve Velké Británii se dokázalo, že panely obstojí i v prostředí, které je velmi často sužováno deští, a panely si zachovají stále vlastnosti.

Jako základní surovina slouží pšeničná sláma v podobě obdélníkových balíků případně kulatých balíků. Sláma je sklizena a balena v ideálním období, kdy je zajištěna minimální vlhkost a kvalita. Balíky se nechají jeden rok sesednout v hale, kde se dotvarují, a sláma si ustálí vlhkost, doschne na minimální možnou hodnotu. Výhodou je, že Jedousov je obklopen poli a tudíž nemusí dovážet slámu z daleka. Opět přínos v ekonomice a hlavně uhlíková stopa slámy je tak minimální. Firma si také ohlíží kvalitu i díky vlastním mechanizacím. Po ročním sesednutí se sláma dostává do výroby kde je pouze mechanicky, pomocí kladiv, presována přes výtlačnou matici. Není zde tedy lepidlo. Celý proces probíhá za vysokého tlaku a vzniká tedy teplo, které sterilizuje slámu od případných zárodků hmyzu či plísní. Po vytlačení se kompaktní sláma olepí recyklovaným kartónovým papírem. Olepí se hrany a panel se délkově nakrátí, dle požadavků zákazníka a řezy se rovněž olepí kartónem. Používaným lepidlem je dvousložkové lepidlo, Kronocol U 300.

Ekopanel je kromě suroviny, ze které se vyrábí, rovněž výjimečný svými vlastnostmi. Funguje jako izolant proti hluku a teple. Zároveň uzavírá konstrukci. Na rozdíl například od sádrokartonových systémů je ekopanel velice mechanicky odolným materiálem. Co se týká požární odolnosti, spadá do kategorie stupně hořlavosti C1 – těžce hořlavé, reakce na oheň je poté z kategorie E.

**Popis konstrukce:** Jak tedy vyplývá z předcházejících řádků, jedná se o deskový, velkoplošný materiál, který lze v dřevostavbách uplatnit na zaklopení stěn. Jedná se tedy o systém, kdy je hlavním nosným prvkem dřevo zaklopené ekopanely. Výrobce doporučuje KVH hranoly, profil 140/60mm ukotvený k základové desce. Stěna je složena z exteriéru: Hofatex (22 mm), ekopanel číslo 1 (60 mm), nosný dřevěný rošt vyplněný izolantem (140 mm), ekopanel číslo 2 (60 mm), instalační předstěna z dřevěných profilů + izolant (40 mm) a ekopanel číslo 3 (60 mm). Samozřejmostí jsou povrchové úpravy, které nebereme v potaz. Tuto skladbu uvádí výrobce jako nízkoenergetickou pod názvem „Obvodová stěna EKO 3“. Součinitel prostupu tepla:  $U = 0,143 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ . Dle parametru prostupu tepla by měla tato skladba vyhovovat pro pasivní domy. Rozměry panelu jsou šíře: 800/1 200 mm, tloušťka: 58 mm (+2 mm tolerance), délka: 1 200 – 3 200 mm. Při návrhu je tedy nutné dodržovat modul 800/1 200 mm.

Samotná montáž poté probíhá na předpřipravený dřevěný rošt, na který se nanese polyuretanová pěna, panel se přiklopí a přišroubuje vruty do dřeva. Každý šroub je opatřen roznášecí podložkou. Poté už následují povrchové úpravy.

**Výhody:** Výhody ekopanelu jsou zřejmé. Vysoká mechanická odolnost v porovnání s ostatními materiály. Zajišťuje nízké provozní náklady na vytápění a to díky dobrým tepelně izolačním schopnostem a vysoké akumulaci tepla. Velmi snadná je montáž i díky přesným rozměrům, které výrobce dodá dle projektové dokumentace. Ekopanel je velmi ekologickým materiálem, který lze snadno kompostovat případně využít v energetice. Vzduchová neprůzvučnost jednoho šesticentimetrového panelu je 27 dB. V případě 120 mm příčky ze dvou desek se potom dostáváme na hodnotu vzduchové neprůzvučnosti 42 dB.

**Nevýhody:** Co se týče nevýhod ekopanelu, vždy záleží na úhlu pohledu. Někomu může přijít vysoká cena za ekopanel, která se pohybuje okolo  $338 \text{ Kč/m}^2$  v 60 mm provedení. V tloušťce 40 mm je to pak  $278 \text{ Kč/m}^2$ . Ceny jsou platné pro první polovinu roku 2016 dle ceníku výrobce. <sup>[28]</sup> U ceny je nutné si uvědomit, že v jedné desce získáme tepelný a zvukový izolant s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi. Nemusíme skladbu tedy doplňovat, poměrně nákladnou, minerální vlnou. Nevýhodu lze spatřit i v délkovém zkracování panelů, kde dochází k řezu podél vláken. Po provedení tohoto řezu dojde také k drobení řezané spáry. Je nutné tedy řez olepit papírovou páskou. Výrobce tuto nevýhodu eliminuje službou dodávky přesných, délkově nařezaných panelů, které jsou již ošlepeny z výroby. Řez na délku panelu je

bezproblémový. Dochází k řezání kolmo na vlákna. Rovněž tvorba otvorů pro zásuvky a rozvody je bezproblémová (Chybík 2009).

Slámu lze tedy využívat v obvodových konstrukcích dle výše uvedených systémů. Obdobné uplatnění včetně výhod i nevýhod lze očekávat i v ostatních konstrukcích, jako například stropech, podlahách a střešních pláštích.

### **3.5 Izolace v dřevostavbách**

V rámci praktické části této diplomové práce jsme se zaměřili na porovnání různých izolantů při styku s hlodavcem. Abychom si dovedli dát věci do souvislosti je třeba si porovnávané izolanty představit.

Pojem izolace může v lidech vzbuzovat pocit, že je něco před něčím ochrání. Odizoluje. Je však možné, že dle subjektivního pocitu každého jedince se lze setkat i s negativním postojem k izolacím. Kupříkladu pokud takového introverta a společenského jedince, budeme izolovat od společnosti, zcela určitě nebude šťastný. Na veletrzích se lze setkat i s klienty, kteří mají poněkud odlišný přístup k životu. Věří na pozitivní záření ze země, na kladné ionty a vlny, které člověk nedokáže fyzikálně popsat ani měřit. A například taková nezbytná věc jako hydroizolace je pro ně nepředstavitelná (reálné zkušenosti z praxe na veletržním stánku Asociace dodavatelů montovaných domů).

Vzhledem k zaměření práce se budeme soustředit na izolace, které nás z pohledu stavařiny budou zajímat nejvíce. Jako první je již zmiňovaná hydroizolace, která má za cíl zamezit pronikání vody do objektu. Obvykle je z bitumenového pásu. Další izolací je pak izolace tepelná, které se budeme věnovat nejvíce. Pokud nechceme být rušení, je nutné mít obvodový plášť a příčky dobře akusticky izolované. Tedy izolace proti hluku. Obvykle minerální vata, dřevovláknem, či ekopanel. Dalšími druhy izolace jsou pak izolanty proti radonu a dalším nebezpečným plynům. Taková radonová izolace bývá často součástí bitumenového pásu a je také v úrovni hydroizolace.

Pojďme se podrobně podívat na tepelné izolanty. Tepelná izolace má za úkol zabránit úniku či vniknutí tepla do sledovaného prostoru. U staveb je sledovaným prostředím interiér a exteriér. Případně vytápěné a nevytápěné prostory. Požadavek na tepelný odpor je hlavně na obálce domu velice podstatný. Jedná se o konstrukce obvodových stěn, střechy, stropu a základů. Problematice tepelné izolace v okenních a dveřních otvorech a ostatních prostupů konstrukcí se zde bavit nebudeme.

Pro správné fungování je nutné zvolit vhodný izolant pro danou konstrukci, vhodně zvolit tloušťku, na izolantech nešetřit a rozhodující operací je rovněž montáž a zabudování do stavby. Můžeme mít super výborný izolant, ale pokud ho špatně zabudujeme, vynaložené finanční prostředky a čas jsou tytam. Dobře naprojektovaný a provedený tepelně izolační plášť by měl v zimním období uchránit drahocenné teplo v interiéru a v letním období by měl fungovat jako obrana proti přehřívání. Zde sledujeme takzvaný fázový posun izolantu. Jedná se o křivku průběhu teplot v rámci tloušťky izolantu. Jde nám o to, aby za jeden den cca. 8 hodin neprošla teplotní vlna až do interiéru. Dalšími sledovanými parametry jsou pak tepelná vodivost " $\lambda$ " (lambda) [W/m.K] a objemová hmotnost neboli hustota. Značíme jí " $\rho$ " a jednotkou je [kg/m<sup>3</sup>].

Tepelné izolace lze rozdělit do tří základních skupin.

### **3.6. Pěnové izolanty**

Mezi pěnové izolanty lze zařadit polystyreny, polyuretany, PVC, PE, kaučuk, pěnové sklo a pryskyřice. Svoji podstatou již z názvu jsou povahy pěnové, tedy uzavírají vzduch v pórech a bublinkách, které tvoří strukturu materiálu. Pěnové izolanty jsou jedním z nejběžnějších druhů izolantů. Obzvláště takový polystyren je kvůli své příznivé ceně velmi využíván (*Hudec 2013*).

#### **3.6.1 Pěnový polystyren EPS**

Polystyren vzniká polymerací styrénu a základní surovinou je ropa. Styren je následně zpěňován a formátován do desek. Do polystyrenu se dále přidávají retardéry hoření. Ty zajistí samozhášení v případě požáru. Součinitel tepelné vodivosti je u typu EPS 100  $\lambda = 0,037$  W/m.K. Nejběžnějším použitím je v tepelně izolačních kontaktních fasádních systémech. Desky jsou lepeny a kotveny do obvodové stěny. Lze je použít i do konstrukcí podlah. Tam je však nutné zajistit, aby se nedostal polystyren do styku s vodou. Je nasákavý a rychle by ztratil své vlastnosti. Nevýhodou co se týče použití v dřevostavbách je ta, že polystyrén má vysoký difuzní odpor a lze ho tedy uplatnit pouze u difuzně uzavřených systémů. Obrovskou výhodou, pro kterou je hojně využíván, je cena a snadná montáž (*Hudec 2013*).

#### **3.6.2 Extrudovaný polystyren XPS**

Hlavním rozdílem těchto dvou materiálů je ten, že XPS polystyrén je nenasákavý a lze ho tedy použít ve vlhkém prostředí. Bývá opatřen perem a drážkou. Aplikuje se na lepidlo, polyuretanovou pěnu a lze je i kotvit. Používá se hlavně v oblastech paty

budov. Na sokl, izolaci základů a na souvislou vrstvu XPS polystyrenu lze i zakládat. Uplatnění se taktéž objevilo v konstrukcích tzv. obrácených střechech, kde polystyrenové dílce vytvoří požadovaný sklon u ploché střechy, nebo tvoří izolant a podklad pod krytinu či laťování. Je však nutné ho ochránit proti UV záření (*Hudec 2013*).

### **3.6.2 Pěnový polyuretan a polyizokyanurát**

Pěnový polyuretan PUR a polyizokyanurát PIR jsou pěnové izolanty běžně na stavbě viditelné v podobě desek, panelů a montážní pěny ve spreji. Polyuretan se v poslední době začal také stříkat přímo na konstrukce, kde po reakci se vzduchem dojde k napěnění. Výchozí surovinou je taktéž ropa. Díky své velmi husté a uzavřené struktuře je hodnota součinitele tepelné vodivosti  $\lambda = 0,023 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Hustota je  $34 - 37 \text{ kg/m}^3$ . Výhodou je, že lze například na nadkrokevní izolaci použít menší vrstvu. Rovněž výhodná je útlejší stěna například ve skladovacích a výrobních halách, kde se nezmenší vnitřní užitná plocha díky subtilní stěně. Je nutné jej ochránit proti UV záření (*Hudec 2013*).

Tento materiál byl ve styku s hlodavcem a o výsledcích pokusu se dozvíme níže.

### **3.6.3 Pěnové sklo**

Pěnové sklo se vyrábí z odpadního skla, ke kterému se přidává uhlíkový prášek. Jedná se tedy o recyklát. Tato směs se v tunelové peci zahřívá na  $1\,000^\circ\text{C}$  a k napěnění dojde za pomoci kysličníku uhličitého, který vytvoří uzavřené póry. Napěněná hmota se vylije do forem. Velký blok pěnového skla je poté rozřezán případně nadrcen. Z toho vyplývá, že pěnové sklo je v podstatě ve dvou podobách. Desky se uplatňují na podlahy, které jsou vystaveny vysokému zatížení. Slouží rovněž pro izolování soklů a základových prahů staveb. Drť je potom využívána hlavně pod základovou desku. Pěnové sklo má vysokou únosnost a lze tedy na polštář z pěnového skla zakládat. Součinitel tepelné vodivosti je  $\lambda = 0,04 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ . Pěnové sklo je nenasákové a hodí se tedy na základové konstrukce, ale i na pochozí a pojezdové střešní pláště, balkóny a terasy (*Hudec 2013*).

## **3.7. Vlákenné izolanty**

Minerální vaty jsou hojně využívanou tepelnou izolací, ale i hlukovou. Pro svoji cenu a dobrý součinitel tepelné vodivosti tohoto materiálu  $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  je s výhodami uplatňován ve zděných domech, betonových budovách i dřevostavbách. U dřevostaveb s tzv. difuzně otevřenou konstrukcí, kde nemůžeme použít polystyren, se

minerální vata hodí obzvláště. Je to díky nízkému difuznímu odporu, který umožní prostup vodních par celou konstrukcí až mimo stěnu. Tento materiál je rovněž nehořlavý a vytvářejí se z něj tzv. protipožární pásy při zateplování nejen výškových budov. Hustota je  $35 \text{ kg/m}^3$ .

Použití je i mimo stavební obory. V energetice slouží minerální vata k odizolování kotlů, akumulčních nádob, rozvodů vody a páry atd.

Tato skupina izolantů se vyznačuje vláknitou strukturou, která může být charakteru rovnoběžných vláken, nebo vláken chaoticky uspořádaných. Rozdíly lze dále nalézt ve vstupním materiálu, který je rozvlákňován. Tyto materiály mohou být vrstveny, ale jsou také druhy vláknitých izolantů, kde bychom hledali vrstvy jen velmi těžko a to z důvodu jejich prolínání případně úplné absence.

Hlavními zástupci jsou minerální vaty ať už z čediče případně dřívě hojně používané skelné vaty. Výroba obou materiálů je dosti podobná, zásadním rozdílem je tedy vstupní materiál. K dostání je pak lisovaná minerální vata v podobě fasádních desek a vata rolovaná, která je vhodná do dřevostaveb, na zateplení střech, stropů a podhledů (*Hudec 2013*).

Tento materiál byl ve styku s hlodavcem a o výsledcích pokusu se dozvíme níže.

### **3.8. Přírodní izolanty**

Přírodní materiály. Jejich podstata tedy i zastoupení hlavních složek by mělo pocházet z přírodních rostlinných případně živočišných zdrojů. Některé výrobky jako například celulózu je nutné smísit s boritanovými solemi a síranem hořečnatým, tedy retardéry hoření, které taktéž odpuzují hlodavce. V tuto chvíli se stává z přírodního materiálu, materiál, který je směsí s anorganickými látkami. Ekologie je tedy na pováženu. <sup>[18]</sup>

#### **3.8.1 Lněná izolace**

Jsou podobně jako izolace celulózové, které jsou vyrobeny z recyklátu, povahou přírodní, avšak s příměsemi, které vylepšují hlavně odolnost proti plísním, houbám a proti hoření. Námi testovaný materiál Naturizol od výrobce Juta a.s. je vylepšen příměsemi sody jako retardéru hoření. Množství sody je na objem 3 – 5 %. Další příměsí jsou tzv. BiCo vlákna, která fungují jako pojivo. Hlavní složkou je poté lněné vlákno 82 – 86 %. Zde je opět vidět jak je sláma výhodná. Jak již víme, nejsou v ní žádné příměsi a podpurné látky, které jsou anorganického původu. Zatěžující životní prostředí a s jejich výrobou je opět spojena značná uhlíková stopa.

Naturizol svojí povahou je materiál s dobrým součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,035$  W/(m.K). Tato hodnota je totožná s minerální vatou. Oproti minerální vatě je však lněný izolant zařazen v reakci na oheň do třídy E (B2). Je nutné jej oddělit od komínů a rozvodů teplých medií. Oproti tomu vhodné vlastnosti jsou například faktor difuzního odporu  $\mu = 5,7$ . Teplotní akumulace  $c =$  cca.  $1\ 550$  J / kg\*K. Objemová hmotnost materiálu je  $32$  kg/m<sup>3</sup> při 10% vlhkosti. Jeho montáž je velmi příjemná a není zapotřebí používat ochranné pomůcky jako rukavice a brýle. Tento materiál lze rovněž označit jako ekologický. Pokud pomineme aditiva je z cca 85 % z přírodních vláken (*Hudec 2013*).

Použití toho materiálu je dle podkladů výrobce všestranné. S materiálem Naturizol lze izolovat střešní konstrukce, včetně izolace nad krokvy, nad kleštinami, mezi kleštinami i pod kleštinami na předpřipraveném podhledu. S pohledu vodorovných konstrukcí je vhodný díky akustickému odhlučnění pro instalace ve stropích. U svislých konstrukcí se lze s Naturizolem setkat v oblasti obvodových konstrukcí, příček, předstěn i zateplení objektů z vnitřní strany. Zcela nevhodné je použití v prostorech se zvýšenou vlhkostí jako například v konstrukcích základových desek. Vzhledem k tomu, že má tento materiál menší hustotu a horší mechanické vlastnosti není vhodný na exteriérové kontaktní termofasády. <sup>[19]</sup>

Výrobce uvádí, že je materiál odolný proti houbám, plísním a hlodavcům. Údajně nemají hlodavci v izolaci co požírat a čím se živit. V našem pokusu a obrazovém testování se dozvíme jak, obstál materiál Naturizol vs. laboratorní myš.

### **3.8.2 Konopná izolace**

Konopí seté je rostlina, které se v Evropě používala již staletí. Uplatnění mělo konopné vlákno hlavně v textilním průmyslu, pro výrobu lodních plachet, lan pro mořeplavce a ostatní průmysly. Zajímavostí je uplatnění při výrobě papíru a léčiv. V dnešní době se konopí využívá v automobilovém průmyslu, pro výrobu papíru a hojně se užívá ve zdravotnictví. Nás však bude opět zajímat užití ve stavebnictví. Kde se konopí nachází v podobě tepelně izolačních rohoží (*Hrázský 2010*). Nutno upozornit, že zde se jedná převážně o technické konopí nikoliv o konopí, které je chvalně proslaveno svými omamnými vlastnostmi.

Konopí a len lze připodobnit dřevu. Nejen díky chemickému a biologickému složení, ale také díky obdobnému chování při použití ve stavbách. Zajímavé je porovnání těchto materiálů z pohledu výroby. Pole o rozloze jednoho hektaru, které je

oseté konopím má až 4 krát více celulózy než les o výměře jednoho hektaru. Konopí lze za jednu sezónu sklídit až dvakrát, pokud jsou dobré podmínky. Lze jej pěstovat i v nadmořské výšce 450 metrů nad mořem.

V porovnání se slámou je konopná izolace rovněž vylepšena přidavkem vláken na bázi polyesteru, který zajišťuje dlouhodobě stálé fyzikální vlastnosti a spojuje rovněž jednotlivá vlákna do kompaktní rohože.

Velmi dobré tepelné izolační vlastnosti na hodnotě  $\lambda = 0,039 - 0,050 \text{ W/(m.K)}$  umožňují konkurovat ostatním materiálům. Výsledná hodnota tepelné vodivosti je pak závislá na poměru konopných vláken versus množství polyesteru. Objemová hmotnost je v rozmezí 24 – 42 kg/m<sup>3</sup>. Díky houbovitému chování je konopná izolace vhodná do akustických konstrukcí. Nevýhodou je pak hořlavost, kterou lze snadno eliminovat, pokud izolaci správně zabudujeme do konstrukce a rovněž horší řezání a tvarové upravování je mínusem izolantu (*Hudec 2013*).

Tento izolant má obdobné uplatnění jako lněná izolace. Výrobce jej s výhodami doporučuje do dřevostaveb a srubů a to díky vysoké propustnosti vodních par a přírodnímu původu. Lze jej zakoupit v podobě rohoží, nebo desek. <sup>[20]</sup>

Námi testovaný izolant je od výrobce IZOLACE KONOPÍ CZ, s.r.o. Jak dopadl v testu, se dozvíme níže.

### **3.8.3 Slaměná izolace – ekopanel**

Slaměné balíky jsou velmi vhodným stavivem, které může v konstrukci plnit funkci statickou, tepelně izolační, akustickou a dělicí. Jak již bylo zmíněno v části 3.3 O slámě a jejích vlastnostech, fyzikální vlastnosti jsou v mnoha ohledech lepší než vlastnosti dnes běžně dostupných průmyslových staviv. Kromě dvou až pěti provázeků se jedná o čistou slámu bez aditiv. Sláma je natolik vhodný materiál, že i bez úprav a modifikací je vhodná pro výstavbu domů v pasivním standardu.

O ekopanelu již byla řeč v konstrukčních systémech. Tento materiál lze hodnotit jako velkoformátovou desku, která má však dobré tepelně izolační vlastnosti, které však nejsou její hlavní předností. Mnohem více deska vyniká v akustických a mechanických vlastnostech.

Materiál ekopanel je na rozdíl od předešlých materiálů ryze slaměný bez jakýchkoliv aditiv. Pouze sláma slisovaná a olepená papírem. Jediným materiálem, který je syntetický, je močovinoformaldehydové lepidlo na slepení kartonové lepenky. Žádné aditiva proti hoření, plísni, houbám a hlodavcům. Nejvhodnější je pšeničná



sláma, která je velmi dostupná a svojí stavbou je vhodná pro použití. Lze použít i ostatní obiloviny jako žito, ječmen či oves. Pokusně byla testována například i sláma rýžová a stébla travin. Tyto materiály však nejsou v ČR dostupné, nebo mají velkou počáteční vlhkost, či nevhodnou strukturu. To je například jeden z důvodů, proč nelze použít kukuřičnou slámu.

Ekopanel je se svojí objemovou hmotností  $379 \text{ kg/m}^3$  poměrně těžkým materiálem. Váha se však pozitivně projeví v akustice a například i v možnostech kotvení, kdy ekopanel unese až 80 kg na jeden závitový vrut o průměru 5 mm. Pro srovnání desky od Fermacellu unesou kolem 30 kg na vrut a nejběžnější sádrokarton pouze 20 kg na vrut. Akustický útlum se pak pohybuje v závislosti na skladbě od 33 dB až po 43 dB, kdy je příčka oboustranně opláštěná a vyplněná akustickou izolací. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,099 \text{ W/(m.K)}$ . Koeficient difúzního odporu  $\mu = 9,7$  vhodný tedy pro difúzně otevřené systémy. Reakce na oheň E, kdy jednoduchá příčka má požární odolnost 30 minut, podhled 45 minut a obvodová či nosná stěna 45 minut (Hudec 2013).

Ekopanel lze použít od hlavy až k patě budovy. Nad základovou deskou, hydroizolací a tepelnou izolací může tvořit podlahové dílce. Na obvodové stěny lze desky použít z interiéru i exteriéru. Výrobce uvádí skladbu, kde je ekopanel použit ve třech vrstvách. Z exteriéru jako zaklápěcí deska, poté následuje nosný dřevěný rám s izolací, znovu ekopanel, poté dřevěný rošt pro instalační před stěnu a znovu ekopanel jako finální interiérová deska, na kterou je už provedena povrchová úprava. V příčkách se skloubí hned několik vhodných vlastností, kde vyzdvihnout musíme akustiku. Dvě k sobě dané desky mají tloušťku 120 mm a akustický útlum 39 dB. Pokud požadujeme lepší hodnoty, musíme přidat akustickou izolaci. V podhledech slouží ekopanel jako zaklápěcí deska nahrazující například sádrokarton. Je však nutné počítat s větším zatížením od ekopanelu. Nosný rám musí být tedy staticky mnohem únosnější. V oblastech střechy je opět ekopanel zaklápěcím materiálem. Lze jej použít i jako nad kroevní izolaci. Pozor však musíme dávat na zvýšenou vlhkost a vodu v konstrukci. Pokud se zvýší vlhkost ekopanel může začít bobtnat a doslova „rozkvete“ pod nápořem vody. Nelze jej také použít jako konstrukční, zavětrovací desku.<sup>[27]</sup>

Sláma je zbavena obilí a není tedy pro hlodavce zajímavá. To zda se i přes to hlodavec pustil do ekopanelu zjistíme níže.

### 3.8.4 Dřevovláknitá izolace

Je, jak již název napovídá, vyrobena z rozvlákněného dřeva. Dřevo je po rozvláknění znovu slisováno do rohoží či desek. Výhodou je, že na výrobu dřevovlákná lze použít sortiment nevhodný například pro pilařskou výrobu. Uplatní se tak tedy i sortiment jako například dřevní hmota z větví, náběhů kmene, ale nejběžněji ze spodních partií kmenů, kde mohlo dojít k napadení hnilobou. Uhnílé dřevo se samozřejmě nepoužívá pro výrobu dřevovláknitých desek, ale okrajové partie, kde je stále ještě dostatek dřevní hmoty, se uplatní velmi dobře. Tento sortiment obvykle končí jako palivo.

Hustota dřevovláken se odvíjí od velikosti tlaku, kterým jsou vlákna slisována a od množství zbytkového vzduchu mezi vlákny. Vhodnější je výsledná hustota  $90 \text{ kg/m}^3$ . Při této hodnotě jsou zaručeny ideální mechanické a tepelně izolační vlastnosti, s rozumným množstvím spotřebovaného dřevěného vlákna. Námi testovaný materiál byl od společnosti Steico. Obchodní název tohoto materiálu je Steico Flex s deklarovaným součinitelem prostupu tepla  $\lambda = 0,038 \text{ W/(m.K)}$ . Udávaná hustota materiálu  $50 \text{ kg/m}^3$ . Součinitel prostupu tepla se bude se zvyšující hustotou zhoršovat. Požární odolnost je klasifikována E. Tento materiál musí být tedy vhodně instalován do konstrukce, tak aby byl ochráněn proti sálavému teplu, či zdroji vznícení. Klasický detail u komínového tělesa. Faktor difuzního odporu  $\mu = 1-2$  zajišťuje dostatečnou hodnotu pro použití v difuzně otevřených konstrukcích (*Hudec 2013*).

Použití dřevovláknitých izolací je srovnatelné s ostatními tepelně izolačními materiály. Uplatnění má ve střeše, stěnách i stropech. Na základovou desku lze dřevovlákně opět použít pouze nad hydroizolací. Velmi dobrou vlastností je dlouhý fázový posun tepla. Konstrukce se tedy nebude v letním období přehřívat. A oproti polystyrenu má tento materiál lepší akustické vlastnosti díky hmotnosti a větší pružnosti. Tyto vlastnosti jsou ideální pro venkovní termofasádu. Nevýhodou pak může být vyšší cena a nutné energetické náklady na výrobu. Materiál taktéž nelze použít pro nadkroevní izolaci (to platí pro testovaný materiál Steico - flex).<sup>[21]</sup>

### 3.8.5 Vlněná izolace

Tato izolace je jediným druhem v našem výčtu, který pochází z živočišné říše. Již naši předkové se oblékali do kožešin a věděli, že jim bude teplo. Vlna se používá pro šacení lidí i v dnešní době. Kupříkladu společnost Devold vyrábí funkční oblečení zásadně z vlny a v jejich oblečení zasahuje kupříkladu Horská služba České republiky a

Hasičský záchranný sbor České republiky. Původně byly výrobky této společnosti používány norskými rybáři již v roce 1853. To proč je vlna tak vhodný materiál je jednoduché. Pokud je vystavena zvýšené vlhkosti například od vypařujícího se potu, nebo od deště, zlepšují se její tepelně izolační vlastnosti. Je to vlivem tzv. sorpčního tepla. Vlna je dále vysoce hydrokopická (až 30%). Ve vlhku také nepodléhá tlení a přebytečné vody je, v případě difuzně otevřených konstrukcí, schopna se zbavit. Současně velmi špatně hoří. Vlnu najdeme v obydlích běžně po celém světě. Nejznámější a dnes stále dostupný je systém mongolských jurt. Klasická jurta izolovaná vlnou je schopná udržet vnitřní prostředí v teple, i když venku mohou panovat teploty hluboko pod  $-20^{\circ}\text{C}$ . Jurty jsou pozoruhodné i svojí koncepcí kulatého domu. Tento tvar je z pohledu tepelných ztrát nejvhodnější.

Ovce si na sobě nenechá vyrůst něco, v čem by nebyla schopná venku přežít zimu a člověk se pouze naučil vlnu zpracovávat pro své účely. V podstatě se jedná o odpadní materiál při stříhání ovcí. Stříhání probíhá až dvakrát do roka (*Hudec 2013*).

Česká republika byla velkým producentem vlny. Tyto doby jsou již pryč a vlnu tedy dnes dovážíme z Rakouska, Austrálie a Nového Zélandu. Ekologická stopa dnešní vlny je tedy vysoká. Po ostříhání ovcí se vlna upraví a vyčistí od lanolinu a přebytečné mastnoty, která nelibě zapáchá a přitahuje moly. Vyčištěná ovčí vlna se vyrábí ve formě rohoží, tak že mykaná vlákna jsou kladena kolmo na sebe bez použití pojiv. Tloušťka rohože je v rozmezí 40 – 160 mm. Testovaný materiál od společnosti Isolenawolle je podle materiálů výrobce zcela bez aditiv proti hoření či proti plísním. Surová a nevyčištěná vlna je náchylná na napadení moly i po několika letech. Práce s tímto materiálem nevyžaduje žádné ochranné pomůcky v podobě brýlí, rukavic a roušek. Jedná se o bezprašnou instalaci materiálu, který je příjemný na dotek. <sup>[26]</sup>

Z fyzikálního hlediska je vlna velmi dobrý izolant se součinitelem tepelné vodivosti  $\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ . Stupeň hořlavosti dle ČSN 73 0862 je C3. Zápalná teplota ovčí vlny je  $560 - 600^{\circ}\text{C}$ , tedy zhruba jednou tolik než u dřeva ( $270^{\circ}\text{C}$ ). Objemová hmotnost materiálu je  $12,5 - 25 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Velmi vhodná je izolace do difuzně otevřených konstrukcí. Do staveb se zabudovává obvykle na dřevěný podklad. Izolace se poté přisponkuje či přitluče. Vhodná je do střech, stěn, mezi roubení a do stropů, nevhodné je její použít do podlah. Vzhledem ke své schopnosti regulovat vlhkost se hodí i do památkově chráněných objektů. <sup>[26]</sup>

Ovčí vlna od společnosti Isolenawolle byla také předmětem našeho testování.

### 3.8.6 Celulózová izolace

Celulózová izolace patří mezi moderní materiály používané nejen v dřevostavbách. Z pohledu zdroje surovin se jedná o recykláty. Tedy materiál, který nespotřebovává primární surovinu, ale pouze odpad. Izolace z celulózy se získává rozvlákněním novin za suchého procesu. Není tedy nutné provádět energeticky náročné sušení a rovněž se nespotřebovává další voda. Povaha vláken je jemná, krátká a pro pokožku člověka mnohem přijatelnější než je tomu u minerálních izolantů, kde se vlákna zapichují do pokožky. Jako aditivum jsou přimíchávány boritany a soli hořčíku pro lepší ochranu proti plísním, hlodavcům a taktéž se zlepšuje požární odolnost. Technologie provádění je různá dle konstrukce. Nejběžněji se izolace fouká do předpřipravených dutin. Výhodou je bezspárá instalace a snadná instalace bez tepelných mostů u tvarově složitých konstrukcí. Další možností aplikace je stříkání za mokra či sypání do podlahových prostor a podhledů. Tento materiál je dnes velmi dobře dostupný díky lokálním výrobcům. To má za důsledek také jeho oblíbenost. Do konstrukce se aplikuje jako tepelný izolant a protihluková izolace (Hudec 2013).

Vlastnosti materiálu jsou následující. Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda = 0,037 - 0,043 \text{ W/(m.K)}$ . Podle použité technologie při aplikaci. Stupeň hořlavosti je dle výrobce B. Objemová hmotnost materiálu  $27 - 90 \text{ kg/m}^3$ . Velmi vhodný je materiál do difuzně otevřených konstrukcí s difuzním odporem  $\mu = 1,1 - 3$ . Zcela běžně se uplatňuje při rekonstrukcích střech, kde se do záklopu pouze vytvoří otvor a pomocí něho se celulóza fouká do dutin. Ve střešních pláštích se může aplikovat mezi krokve. Jsou i výrobci dřevostaveb, kteří nabízejí foukanou celulózu do svých konstrukcí. Jednou z takových firem jsou například Domy dnes s.r.o. Ve střepech se používá jako hlukový izolant. Jako u všech izolací, zásadní je vždy montáž a provedení tepelného izolantu. Dobře nafoukaná celulózová izolace nesedá a má životnost desítky let. <sup>[18]</sup>

## 4 MATERIÁL A METODIKA

Pokus styku hlodavce s izolantem probíhal v podmínkách skleněného akvária. Okolní teplota v místnosti 19 – 22°C. Hlodavec měl přístup k pitné vodě a žrádlu. Jako potrava byly hlodavci podávány převážně obiloviny. Podle zákona č. 359/2012 Sb. § 15. odstavec 3f, kdy nebyly hlodavci prováděny žádné vpichy jehlou, nebyla odebírána krev, ani měřeny hodnoty triasu, atd. se nejedná o pokus na zvířatech. V příloze naleznete emailovou komunikaci s panem Ing. Jiřím Novákem, ministerským radou odboru živočišných komodit z oddělení ochrany zvířat, který potvrzuje to, že se nejedná o pokus na zvířatech.

Jako materiál tedy sloužilo akvárium, hlodavci, zkoumaný izolant o daném rozměru a fotoaparát. Byla zvolena myš domácí (*mus musculus*) v provedení bílé laboratorní myši. Pokus byl prováděn se třemi jedinci. Dvakrát se jednalo o samce a jednou o samičku myši domácí. Tento zástupce řádu hlodavců je nejběžnějším druhem, který je v přímém styku s lidmi a jejich obydlími. Nejběžněji se myši objevují na venkovských usedlostech a v příměstských částech měst, kde jsou v blízkosti pole či lesy. V zimě se tyto hlodavci stahují do obydlí lidí z důvodu klesajících teplot a nedostatku potravy. Hlodavci ať už myši, krysy či potkani, jsou plachá zvířata, která hledají v domech zákoutí a dutiny v konstrukci, kde se mohou pohybovat. Pokud takovéto prostory nemají, jsou schopny si vytvořit chodby v tepelných a akustických izolacích.

Jsou známy případy, kdy se byly krysy schopny prokousat betonem. Tyto zkušenosti vedou k tomu, že návrh a hlavně provedení realizace objektu musí počítat s možností napadení hlodavci. Již v projektu by měla být izolace ochráněna proti vniknutí co možná nejlépe. Velmi náchylná je základová pata domu u dodatečné termofasády. Klasickým prostorem pro vniknutí je také oblast střešního pláště. Střecha, která není podbitá, je náchylná na vniknutí vos, sršní a včel. Tento hmyz však nemá takové následky jako vniknutí hlodavců, nebo kunovitých, kteří destruuji izolaci a vytvářejí tak tepelné mosty. Pokud se kuna dostane do střešního pláště, likviduje kromě izolace i technické fólie jako například difúzní fólii.

V tomto pokusu byl hlodavci do akvária vložen zkoumaný izolant, ke kterému měl volný přístup a nebyl nijak ochráněn. Před pokusem byl každý izolant zvážen, aby byla zjištěna jeho přesná hustota.

**Zkoumanými izolanty byly:** konopná izolace, polyuretan, ekopanel - slaměný izolant, naturizol – lněná izolace, ovčí vlna, minerální vata a dřevovláknitá izolace.

### Porovnání fyzikálních vlastností izolačních materiálů

Použité izolační materiály	$\rho_v$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	$\lambda$ [W/mK]	třída hořlavosti dle ČSN 73 0862	faktor difuzního odporu $\mu$
Pěnové polystyreny	30	0,035	C1	50-100
Skelná vata	50	0,038	B	1 - 2
Kamenná vlna	75	0,037	B	1 - 2
Stříkaný PUR	35	0,027	B2	30 - 100
Ovčí vlna	30	0,039	C3	1 - 2
Pěnové sklo	120	0,044	A	parotěsné
Sláma	70	0,05	B2	2
Rákos	70	0,052	E	2
Korek a korkové desky	120	0,058	C3	1,5-30
Konopí	35	0,04	E	1
Kokos	100	0,04	E	1 - 2
Len	30	0,04	B2	1
Celulóza	30	0,04	C1	1,5
DVD	50	0,039	C2	4 - 9
Mineralizované dřevěné štěpky	370	0,075	B2	4 - 9
Expandovaný perlit	60	0,049	A	1 - 4
Keramzit	500	0,11	A	3

Tabulka 2 Porovnání hustoty, prostupu tepla, třídy hořlavosti a faktoru difuzního odporu u izolantů (Zdroj: Přírodní materiály, Chybík 2009)

## 4.1 Odolnost povrchu proti mechanickému poškození

Tepelné izolanty nemají žádnou speciální povrchovou úpravu, která by je ochraňovala proti hlodavcům. Jde vždy o kvalitní zabudování a ochranu proti vniknutí hlodavců do budovy. Například v prostoru podhledu je volně ložená izolace naprosto nechráněná a je tedy snadno poškoditelná. To platí i pro prostory ve střešním plášti, kde difuzní fólie není považována za povrchovou úpravu neboť má v konstrukci jinou funkci. Do střešních prostorů s velkou oblibou a poměrně bez problému vnikají kunovití.

Mezi jistou povrchovou úpravu námi testovaných izolantů lze počítat papírovou lepenku na ekopanelu. Jedná se o recyklovanou papírovou lepenku lepenou močovinoformaldehydovým lepidlem. V našem testu jsme však dokázali, že tato povrchová úprava není rezistentní vůči hlodavcům. Došlo k okousání, roztrhání a vniknutí do jádra ekopanelu, kde byly vytahovány jednotlivá slaměná vlákna.

U fasádních desek z minerální vaty pak lze pozorovat povrchovou úpravu v podobě 10 – 20 mm tlusté vrstvy, která má vyšší hustotu z důvodu lepších mechanických vlastností na povrchu desky. Hlavní povrchovou úpravou je však lepidlo s perlíčkem a

omítka. U kontaktních zateplovacích systémů je zásadní používat ocelové či plastové zakládací lišty z důvodu vniknutí hlodavců ze spodní paty fasády. Jak se změny teplotní poměry v rámci stěny při tomto poškození. Změna teplotního pole byla nasimulována v programu Area 2014.

U interiéru jsou izolace chráněny velkoformátovými deskami jako je ekopanel, sádkartón, či sádrovlákno. Pokud však proniknou hlodavci do stěny přes tyto desky, dojde k ochlazování a v extrémních případech až k promrzání. To má za následek kondenzaci vlhkosti, tvorbu plísní, hnilobu a v poslední řadě se ztrácejí mechanické vlastnosti dřevěné konstrukce.

U tepelných izolantů se tedy nedá mluvit o povrchové úpravě. Jejich struktura je v jádru i na povrchu izolantu stejné povahy. Mimo zmíněné izolace ekopanel a fasádní minerální desky.

## **4.2 Simulace teplotního pole v konstrukci**

V programu Area 2014 jsme simulovali stav konstrukcí před poškozením a po poškození. Pro simulaci jsme si vybrali konstrukci podhledu, který není z půdního prostoru nijak chráněn. Další konstrukcí je pak pata dřevostavby, která je jedním z nejvíce namáhaných detailů v rámci stavby. Je v dosahu zemní vlhkosti, ochlazována přízemními mrazíky a rovněž je vystavena mechanickému namáhání. Na tomto detailu stojí všechny výše položené konstrukce a je zde tedy i velký kolmý tlak. Rovněž musí být tento detail natolik stabilní, aby přenesl boční namáhání například od větru. U toho detailu jsme měli simulace tři. Jedna byla v původním stavu po realizaci, druhý detail byl poškozen z exteriéru, kde nebyla použita zakládací fasádní lišta, a druhé poškození bylo z interiéru, kde hlodavec pronikl přes interiérovou sádrovláknitou desku.

Program Area 2014 vyhodnocuje stavební detaily komplexně od tepelných mostů, přes vazby až po kondenzaci vlhkosti a další faktory z hlediska dvourozměrného stacionárního vedení tepla a vodních par. Je nastaven tak aby zohledňoval ČSN 730540 (včetně ČSN 730540-2 z roku 2011), STN 730540 a EN ISO 10211. Umožňuje nám vypočítat nejnižší vnitřní povrchové teploty, teplotní faktor vnitřního povrchu, tepelný tok v rámci detailů, lineární činitelé prostupu tepla, oblasti kondenzace vodní páry a roční bilanci zkondenzované a vypařené vodní páry v detailu <sup>[29]</sup>.

Námi sledovaným faktorem byla změna teplotního toku v rámci detailu ve stupních celsia v rámci průřezu stěny. Ve výsledcích pak nalezneme změnu teplotního pole, která je na obrázcích před poškozením a po poškození.

## 5 VYHODNOCENÍ A VÝSLEDKŮ

Hodnocení bylo senzoričné - obrazové a jednalo se o porovnání stavu před zkouškou a po působení hlodavcem. Hlavními sledovanými parametry byla celistvosť a struktura materiálu, zachování původních rozměrů a porovnání izolačních schopností před a po. Poslední sledovaný parametr byl hodnocen z pohledu mocnosti – tloušťky izolantu a také se sledovala struktura a dutiny vzniklé činností hlodavce.

### 5.1 Konopná izolace

Konopný izolant svojí povahou vláknitý materiál, který má tendenci se oddělovat po vrstvách. Je to z důvodu jeho výroby, kdy se jednotlivá vlákna vrství na sebe. Hlodavec (samec) si vytvořil v tomto materiálu vstupní otvor a průměru 40 mm a zabralo mu to celých 14 dnů.

**Celistvosť a struktura materiálu:** Celistvosť izolantu byla poškozena pouze lokálně. Byl vytvořen vstup do izolace, kde by došlo ke zhoršení tepelně izolačních schopností.

**Původní rozměry:** Rozměry zůstaly nezměněny

**Tepelně izolační schopnosti:** V oblasti vstupního otvoru by se izolační schopnosti rapidně zhoršily. Je otázkou, jak by vypadal izolant po delším působení hlodavce. Doba styku byla 14 dní.



Obr. 1 Konopná izolace po vložení do akvária (Zdroj: vlastní foto)





Obr. 2 Konopná izolace aktivně narušována hlodavcem (Zdroj: vlastní foto)



Obr. 3 Konopná izolace po čtrnáctidenním testování (Zdroj: vlastní foto)

## 5.2 Stříkaný polyuretan

Stříkaný polyuretan je materiál, který se těší velké oblibě a hlavně jeho aplikace je velmi efektní nejen na oko investora, ale i z pohledu kvality provedení. Tento pěnový materiál nemá konkrétní rozměry. Ty nabývá až po aplikaci do připraveného bednění a z vrchní strany je ořezán nožem, či pilkou, pokud je to potřeba.

Hlodavec ve styku s tímto materiálem změnil naprosto chování. Začal polehávat a spát na izolantu a celkově se změnila jeho aktivita. Hlodavec více spal a odpočíval. U tohoto materiálu nedošlo k zásadnímu poškození. Jednalo se pouze o lokální ohlodání izolantu na rozích a hranách. Z pohledu tepelně izolačních vlastností tedy ideální.

**Celistvost a struktura materiálu:** Celistvost izolantu nezměněna. Narušeny pouze okrajové hrany materiálu. Struktura byla stejná jako před pokusem.

**Původní rozměry:** Rozměry zůstaly nezměněny.

**Tepelně izolační schopnosti:** Po dobu sedmidenního působení se nezměnila struktura ani celistvost a nedošlo tedy ani ke zhoršení tepelně izolačních vlastností.



Obr. 4 Pěnový polyuretan se spícím hlodavcem po týdnu testování – bez známek poškození (Zdroj: vlastní foto)

### 5.3 Ekopanel – slaměný izolant

Tento druh materiálu zastává slámu jako vhodný materiál pro stavění. Jedná se o izolační velkoformátovou desku, která byla již popsána v předcházejících textech. Povahou je to materiál vláknitý, utvoření ze stébel slámy a oлеpený papírem

Hlodavec neměl zásadní problém s proniknutím do materiálu. Okousal papírovou lepenku a začal vytahovat jednotlivá stébla ven. Z těch si posléze vystavěl hnízdo. Pokud bychom ekopanel použili jako finální desku, nebyl by problém pro hlodavce se přes ní dostat například do předstěny, nebo prostoru mezi sloupky, kde by si v izolantu mohl tvořit chodbičky a hnízda. Zásadní pro odhalení vniknutí do izolantu by bylo velké množství slaměných stébel v prostoru vstupního otvoru.

**Celistvost a struktura materiálu:** Celistvost izolantu nezměněna. Narušen pouze papír na hranách a v prostoru vstupního otvoru. Struktura byla stejná jako před pokusem.

**Původní rozměry:** Rozměry zůstaly nezměněny.

**Tepelně izolační schopnosti:** Tato izolační deska by měla obdobné problémy s izolací jako již zmíněný konopný izolant, s tím rozdílem, že ekopanel byl porušen v celé své tloušťce 60 mm. Došlo by tedy k promrzání a rovněž k ochlazování konstrukce vlivem cirkulace vzduchu.



Obr. 5 Ekopanel před vložením do akvária (Zdroj: vlastní foto)



Obr. 6 Hlodavec si vytváří hnízdo ze slámy, avšak mimo izolant (Zdroj: vlastní foto)



Obr. 7 Poškozený ekopanel po čtrnáctidenním působení hlodavce (Zdroj: vlastní foto)

## 5.4 Naturizol – lněná izolace

Tento materiál je podobný konopnému izolantu. Vlákňitý na bázi lignocelulosových vláken. Naturizol je vlnkovou lodí společnosti Juta a.s. a je vhodný do dřevostaveb.

Porušení bylo zásadní a to díky vytvoření dvou hlavních nor v materiálu. Tímto porušením došlo ke snížení mocnosti materiálu a tedy ke zmenšení tepelně izolačních schopností nejen v prostoru nor. To, proč se hlodavci podařilo tak zásadně narušit materiál je, že hustota a vrstvený profil materiálu umožňuje velmi snadno proniknout do masy izolantu.

**Celistvost a struktura materiálu:** Celistvost izolantu zůstala nezměněna pouze z půdorysného pohledu. Celistvost je ze spodní strany zcela porušena. Struktura je na oko kompaktní, po otočení je však neúplná se zřetelnými dutinami o průměru až 60 mm.

**Původní rozměry:** Půdorysné rozměry se mírně zvětšily vlivem činnosti hlodavce. Je však zřetelný původní obdélníkový rozměr připomínající původní podobu izolantu. V ostatních směrech nelze mluvit o zachování rozměrů. Tloušťka izolantu se zmenšila na polovinu.

**Tepelně izolační schopnosti:** Naturizol by se po vpádu hlodavce do materiálu stal zcela nevhodným izolantem, který nemá své původní parametry. Bylo by nutné jej nahradit a zabezpečit proti opakovanému vpádu hlodavců.



Obr 8. Naturizol před testování (Zdroj: vlastní foto)



Obr 9. Naturizol po působení hlodavce. Zřetelné nory v izolantu. (Zdroj: vlastní foto)

## 5.5 Ovčí vlna

Tento materiál je jediným zástupcem v našem výčtu izolantů, který pochází z živočišné říše. Jedná se o odpadní produkt z ovcí. Ovčí vlna měla nejvíce zřetelnou strukturu vrstvení, která opět vzniká výrobou. Pro hlodavce tedy vhodný profil pro vniknutí do izolace. Rovněž se také jedná o vláknitý izolant.

Hlodavec dle předpokladů vnikal do izolantu v prostoru mezi jednotlivými vrstvami. Jednalo se o totální destrukci, kde bylo složité rozpoznat, že na začátku byla tepelně izolační rohož.

**Celistvost a struktura materiálu:** Celistvost izolantu zcela přeměněna na něco vzdáleně připomínající hadr na podlahu, který však držel pohromadě. Dlouhá ovčí vlákna byla do sebe natolik zaklesnutá, že i po destrukci způsobené hlodavcem se materiál necuckovatěl a neodtrhával se. Struktura byla taktéž poničena. Izolant zaujímal mnohem větší plochu, avšak nebyl tak vysoký jako na začátku.

**Původní rozměry:** Původní rozměry zcela nepostřehnutelné.

**Tepelně izolační schopnosti:** Mocnost izolantu se zmenšila na jednu třetinu a tepelně izolační schopnosti by byly tedy rovněž zhoršeny. Pozitivní je však to, že materiál se držel při sobě a netvořil hrudky, kolem kterých by mohl proudit vzduch.



Obr 10. Ovčí vlna po vložení do akvária před testováním (Zdroj: vlastní foto)



Obr 11. Hlodavec proniká do ovčí vlny (Zdroj: vlastní foto)



Obr 12. Hlodavcem porušená izolace po 14 dnech (Zdroj: vlastní foto)



## 5.6 Minerální vata

Nejvíce používaný izolant nejenom v našich klimatických podmínkách. Často je označován jako materiál, který není pro hlodavce zajímavý a nemůže tedy dojít k poškození vlivem činnosti hlodavců. Jak tedy obstál tento vláknitý materiál, strukturou podobný konopí či lnu?

Námi testovaným materiálem byla minerální rolovaná rohož o tloušťce 60 mm. To kam a kde se tento materiál uplatňuje je popsáno v kapitole 3.7. Vláknité izolanty. Hlodavec během pouhých sedmi hodin rozdělil izolant na dvě poloviny, takže mocnost se snížila na 30 mm. Bylo vytvořeno hnízdo a útočiště. Po týdenním působení byla minerální vata zcela rozcuckována na chuchvalce. Tvar připomínal koule o průměru od deseti až po 50 mm v průměru. Došlo k totální devastaci materiálu.

**Celistvost a struktura materiálu:** O celistvosti izolantu nelze ani mluvit. Jednotlivé chuchvalce nedržely při sobě na rozdíl třeba od ovčí vlny. Struktura byla anizotropní. V rámci jednotlivých chuchvalců byla struktura stejná jako u původního materiálu, tedy složena z minerálních vláken.

**Původní rozměry:** Nepostřehnutelné.

**Tepelně izolační schopnosti:** Zcela nevyhovující z důvodu nesoudržnosti materiálu a možnosti prostupu chladného vzduchu mezi volnými prostory okolo chuchvalců.



Obr 13. Kompaktní vzorek minerální vaty po vložení do akvária (Zdroj: vlastní foto)



Obr 14. Hlodavec proniká strukturou izolantu (Zdroj: vlastní foto)



Obr 15. Minerální vata po 7 hodinách rozdělena na polovinu – mocnost 30 mm (Zdroj: vlastní foto)



Obr 16. Zbytky minerální vaty po sedmi dnech styku s hlodavcem (Zdroj: vlastní foto)

## 5.7 Dřevovláknitá izolace

Vláknitý materiál na bázi dřeva. Jeho struktura se mírně odlišuje od již zmíněných vláknitých izolantů. Vlákna nejsou tak patrně vrstvena a jsou mnohem více vzájemně propojena. Nevýhodou je však délka vláken, která je pouze jeden až dva centimetry. U ovčí vlny jsou vlákna mnohem delší.

Po prvním týdnu došlo k obdobnému poškození jako u konopné izolace. Byl vytvořen pouze otvor o průměru cca 40 mm. Druhý týden byl však izolant zcela rozvlákněn a strukturou se blížil minerální vlně.

**Celistvost a struktura materiálu:** Po prvním týdnu byl izolant celistvý. Po ukončení pozorování byla celistvost zcela porušena. Struktura po prvním týdnu nepoznamenána až na vstupní otvor. Na konci pozorování však byla struktura podobná minerální izolaci. Jednotlivé chomáče si hlodavec naskládal kolem sebe a uprostřed si vytvořil hnízdo.

**Původní rozměry:** Nepostřehnutelné.

**Tepelně izolační schopnosti:** Zcela nevyhovující z důvodu nesoudržnosti materiálu a možnosti prostupu chladného vzduchu mezi volnými prostory okolo chuchvalců.



Obr 17. Kompaktní vzorek dřevovláknité izolace (Zdroj: vlastní foto)



Obr 18. Vzorek dřevovláknité izolace po sedmi dnech (Zdroj: vlastní foto)



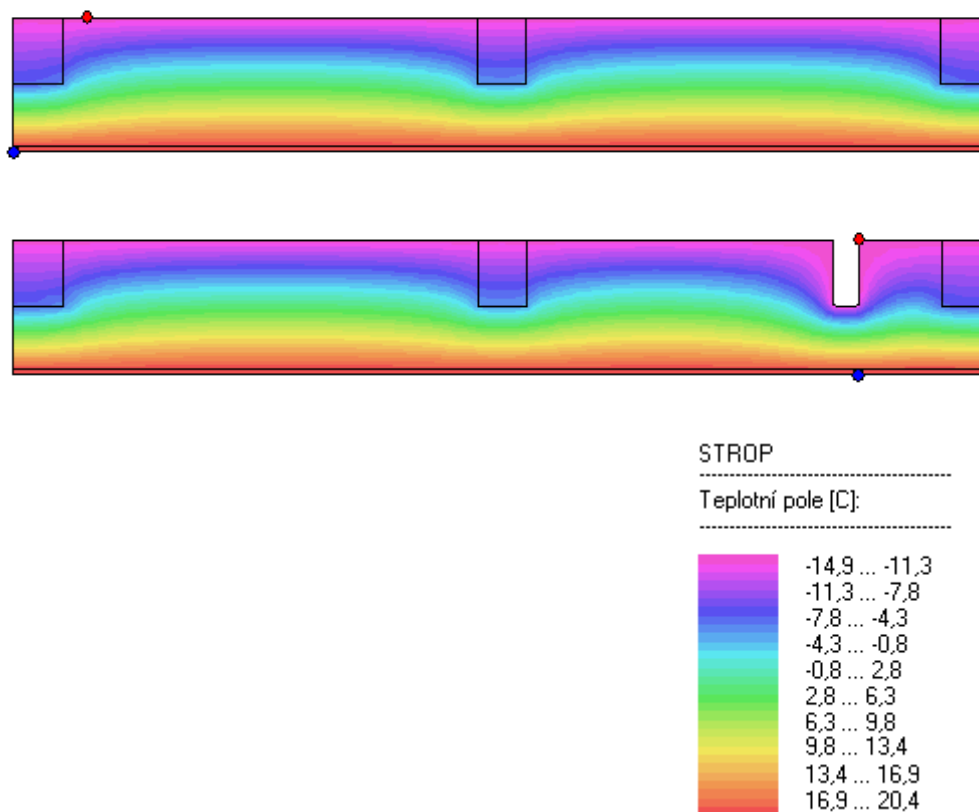
Obr 19. Zcela přetvořená izolace po 14 dnech působení již neplní své vlastnosti (Zdroj: vlastní foto)

Výsledky toho, jak byl izolant narušen, byly velmi rozdílné a v zásadě se lišily hustotou a druhem izolantu, kdy určujícím faktorem byla struktura materiálu. Například zásadní rozdíly byly spatřeny u ekopanelu, kdy si hlodavec vytahoval jednotlivá vlákna a stavěl si z nich pelech, a u polyuretanu, kde nedošlo takřka k žádnému poškození. Ostatní izolanty povahou vláknité byly pro hlodavce velmi snadným útočištěm a extrémní poškození bylo zřejmé u minerální vaty. Argument, že slaměnou izolaci nám sežerou myši, jsme tedy vyvrátili, neboť k poškození došlo i u izolantů, které jsou výrobci označovány za rezistentní vůči hlodavcům. Jak dokázal náš pokus hlodavci, izolace nekonzumují, nýbrž je destrukují z důvodu tvorby hnízd a pelechů.

## 5.8 Vyhodnocení simulací teplotního pole

### 5.8.1 Konstrukce podhledu

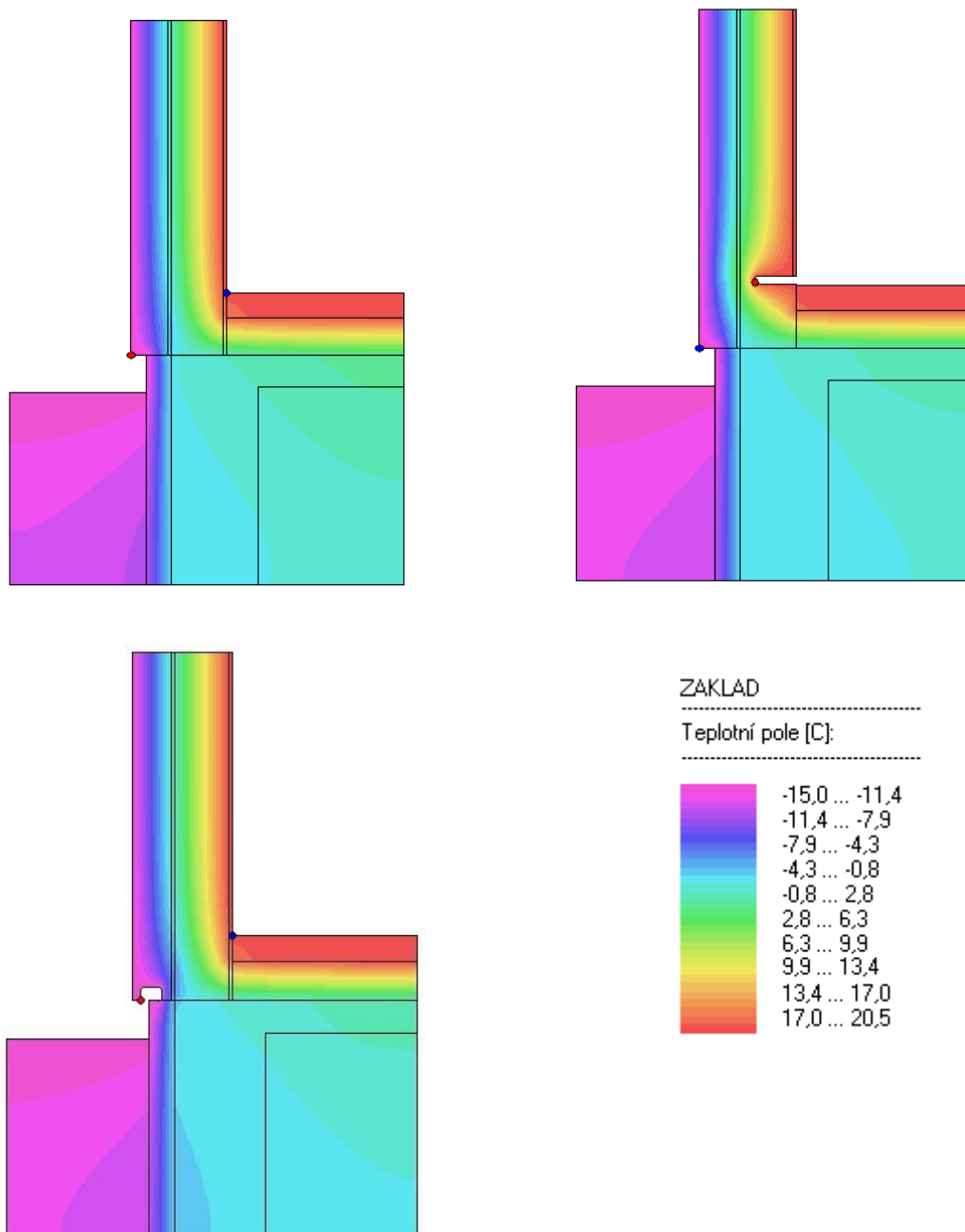
Simulovanou konstrukcí je strop například u jednopodlažního bungalovu, který má v půdním prostoru tepelnou izolaci nezakrytou a neochráněnou proti vniknutí hlodavců. Ze změny teplotního pole lze vyčíst ochlazování místa, kde není přítomná tepelná izolace. Může se jednat o styčnou spáru dvou izolačních desek kde je izolační vrstva nejvíce ohrožená vniknutím hlodavců do vrstvy tepelného izolantu.



Obr 20. Skladba stropního podhledu v neporušeném stavu a po porušení hlodavcem. (Zdroj: Area 2014)

### 5.8.2 Konstrukce základové paty dřevostavby

Detail základové paty dřevostavby nám ukazuje, že mnohem horší je poškození z interiérové strany. Tento fakt je ovlivněn také hloubkou otvoru. U detailu základové paty je nutné z venkovního prostoru používat zakládací ocelovou nebo plastovou lištu, které zamezí poškození a proniknutí hlodavců do vrstvy izolantu. Z interiéru nelze oplášťovací desky nijak chránit.



Obr 21. Detail základové paty domu před porušením a po porušení z interiérové a exteriérové strany (Zdroj: Area 2014)

## 6 VÝSTUPY

Velmi vhodným izolantem z pohledu napadení hlodavci se ukázaly pěnové izolanty jako polyuretan a polystyrén. Ideální izolací se ukázala také sláma, neboť dlouhá vlákna nutí hlodavce k vytahování stébel mimo kompaktní izolant a je tedy velmi snadné identifikovat napadení. V okolí poškození se objeví stébla, kterých si v exponovaných prostorech zcela určitě uživatelé domu povšimnou. Horší je to s prostoty jako technické místnosti, různé spíže a komory kam se nechodí tak často. Ukryt hlodavcům rovněž poskytnou skříně a nábytek. Ostatní vláknité izolanty je v první řadě žádoucí ochránit proti přímému styku s hlodavci, neboť dostat se do jejich struktury není problém.

V simulacích v programu Area 2014, jsme se pokusili poukázat na možná rizika, která vznikají při poškození izolační vrstvy hlodavcem. Byly vymodelovány neporušené detaily sádrovláknitého podhledu na rozhraní vytápěné místnosti a nevytápěné půdy. Tento detail byl porovnán s detailem, kde došlo k poškození hlodavcem. Minerální vata je z horní strany nechráněná a například mezi styčné spáry desek není problém vniknout. V tomto prostoru byl nasimulován otvor, kudy do izolační vrstvy vnikl hlodavec.

Zde je výstupem to, aby byl střešní prostor dobře utěsněn proti vniknutí myší a kun. V tomto nám pomůže podbití střechy a také doplňkový sortiment střech, jako například chránička prostoty u provětrávané mezery střech. Lze rovněž izolaci zabednit z vrchu a zamezit přístupu do izolace.

Dalším simulovaným detailem je pata dřevostavby. Opět byl porovnáván stav před poškozením a po poškození. Zde však byla provedena simulace poškození z interiéru, ale také z exteriéru. Kde se hlodavci mohou velmi snadno dostat do nechráněné termofasády z dolní hrany izolačních desek. Zde je proto nutné používat plechové či plastové zakládací lišty s detailním provedením, aby nevznikly prostory, které nebudou chráněny lištami.

Dobrým ochranným prostředkem termofasád jsou rovněž perlinky a ocelová pletiva, která zamezí prokousání venkovní omítky. Například ocelové pletiv je zmíněno i v literatuře jako vhodná ochrana slaměných balíků před hlodavci. Klasicky se instaluje při tvorbě omítek podobně jako perlinka.



## 7 DISKUZE

Je otázkou, proč se sláma nepoužívá ve stavebnictví v hojnější míře. Náš pokus dokázal, že obavy z toho, že by nám mohli hlodavci dům sníst, jsou naprosto nereálné. Jak bylo již řečeno chemické složení slámy s převážným podílem celulózy, je pro hlodavce nestrávitelné. Zrní je ve slámě pouze v množství pár procent a na výživu byť jednoho hlodavce by toto množství nepostačovalo. Hlodavec tedy hledá obživu převážně v zásobách, které mají v domě lidé.

Z pohledu ekologie a vhodnosti použití, která je minimálně srovnatelná s ostatními izolanty, je otázkou zda se lidé ke slámě vrátí a budou jí hojněji využívat. Doufejme jen, že to nebude v těžkých časech, jako tomu bylo po konci druhé světové války. Na toto téma lze diskutovat dlouho a z pohledu moderní konzumní společnosti, která je masírována reklamou a průmyslovými výrobky, je pochopitelné, že lidé jsou uměle přesvědčeni, že izolanty jako minerální vata jsou ty nejlepší. To, že je to materiál s vysokou energetickou zátěží, prakticky nerozložitelný a ke všemu ještě mnohem dražší než sláma, už lidem zřejmě nevádí. Jsou jim totiž předkládány „lepší“ materiály. Ale v čem jsou o tolik lepší než sláma. Je možné, že sláma je tak obyčejným materiálem, že lidé mají obavu z jistého společenského vyloučení. Už v historii, kdo spal na slámníku, byl považován za chudého a vyloučeného jedince. Kdo však ulehal na koňských žíních, ten byl vážený a měl peníze. Věřme jen, že je mezi námi čím dál více chytrých a zodpovědných lidí, kteří docení slámu a její přednosti. Jistou možností do budoucna je diskuze o kombinaci materiálů.

Velmi zajímavým zjištěním je, že pěnové izolanty jsou takřka rezistentní vůči hlodavcům. Toto zjištění otevírá možnost vhodně kombinovat izolanty. Kupříkladu základovou patu domu vytvořit ze stříkaného polyuretanu a cca půl metru nad zemí zahájit izolování balíky slámy. Polyuretan je do prostor blízkých zemi vhodný také z důvodu zvýšené vlhkosti. Lze ho nahradit extrudovaným polystyrenem, a pokud chceme smýšlet přírodněji, tak pěnovým sklem.

Povahou vláknité izolanty (v našem testu vyjma ekopanelu a stříkaného polyuretanu) jsou velmi špatně rezistentní proti vniknutí hlodavců. Malá hustota a snadno se oddělující vlákna po vrstvách jsou ideální pro pouhé procházení izolací a to bez sebemenších potíží. Například volně ložená izolace nad podhledem u jednopodlažního bungalovu je velmi náchylná na poškození. Jsou známi případy, kdy se hlodavci dostali po obvodovém zdivu do půdních prostor. Pokud v těchto prostorech

neskladujeme nějakou potravu, hlodavci se rychle vzdají. To však může být izolant již porušen.

Nyní už tedy víme, jak se chovají vláknité izolanty. Jsou ohroženy hlodavci stejně jako sláma. Proč jsou tedy tak hojně využívány?

Ekopanel rovněž není vůči hlodavcům odolný. Papírová lepenka je pro ně velmi snadno rozkousatelná. Pokud se však dostane ke slaměným vláknům je hlodavec nucen jednotlivá vlákna vytahávat ven a z nich si stavět hnízda. Hustota a struktura vláken neumožňuje snadný přístup do struktury izolantu. Ekopanel se ve stavbách používá jako zaklápěcí deska na ochranu vláknitých izolantů, elektroinstalací a rozvodů. Naším testem však bylo zjištěno, že ekopanel neochrání tyto prostory dostatečně. Během 10 dnů se hlodavec prokousal přes celou tloušťku ekopanelu (60 mm). Pokud by nebyla do té doby odhalena jeho přítomnost, mohlo by zřejmě dojít k poškození vnitřních prostor za ekopanelem.

V simulacích v programu Area je dle teplotního pole zřetelné k jakým poškozením může dojít. Zcela zásadním problémem je snížení teploty pod 12 - 13°C, kdy v porušeném místě dojde ke srážení vlhkosti a k lokálnímu zvýšení vlhkosti ve dřevě. To může vést k hnilobě, plísním, nebo napadení hmyzem. Jakkoliv napadený nosný dřevěný prvek pak rapidně ztrácí svoje mechanické vlastnosti. Mimo plísní, ty na mechanické vlastnosti nemají vliv, avšak se objevují jako první a jsou tedy velmi dobrým indikátorem, že s naším domem není něco v pořádku. Poruchy vzniklé hlodavci, kunovitými, ale i hmyzem jsou srovnatelné se špatně provedeným zateplením při montáži. Následky jsou však vždy stejné a závisí pouze na velikosti poškození, od kterého se odvíjí i míra následné poruchy.

## 8 ZÁVĚR

Závěr je dobré si připomenout hlavní zjištění z této práce. Slámu lze využít ve stavebnictví stejně vhodně jako ostatní testované materiály. Chemické složení a absence obilných zrn je zárukou toho, že slámu nám hlodavci nesežerou. Hlodavci se do izolantu stěhují z důvodu tvorby pelechů, nor a hlavně chtějí být ochráněni před mrazy. Co je však důležitější a podstatné je to, že činností hlodavců, hmyzu a kunovitých dochází ke změně struktury izolantů. Tyto změny mají za následek zmenšení tloušťky a tvorbu trhlin, otvorů a chuchvalců, které mají za následek promrzání a ochlazování vzduchem a tokem chladu hluboko do konstrukce. To má za následek lokální zvýšení vlhkosti a mohou vznikat plísně, hniloby a rovněž se může objevit dřevokazný hmyz.

Bylo tedy zjištěno, že sláma není o nic méně vhodným tepelným izolantem, než energeticky a finančně nákladné tepelné izolanty jako je minerální vata, konopná či lněná izolace a další. Podstatný rozdíl byl objeven pouze u pěnových materiálů, jejichž struktura a chemická skladba má na činnost hlodavců neblahý vliv. Myš neměla možnost se do izolantu dostat ve vyšší míře. Došlo pouze k okusování izolantu na hranách, což nemá za následek ztrátu tepelně izolačních vlastností.

Každý stavitel, firma i projektant je zodpovědný za to, jak bude přistupovat ke svému projektu. Je zde však možnost používat i materiály, které jsou velmi vhodné pro použití ve stavebnictví a ne vždy musí být průmyslově vyráběny. Nutností je k projektu přistupovat detailně už od počáteční myšlenky. Sám investor by měl počítat s aspekty, které přináší stavění ze slámy. Následuje projektant, který je od toho aby investora na vše připravil a seznámil ho s možnostmi a reálným chováním slámy ve stavbě. Kdo je však nejdůležitější, a to platí i pro výstavbu z ostatních materiálů, tak to je realizační společnost, řemeslník či majitel objektu, který si objekt staví svépomocí. Člověk, který tvoří dům, rozhoduje o tepelných mostech, rovinnosti, dobře provedených detailech, které potom ovlivňují užívání a celou životnost stavby.

Nepopsatelným pocitem ze slámy je však to, jak se s ní pracuje. Člověk má popíchané ruce, avšak nemá v rukách zapíchaná jemná vlákna čediče a skla, jak tomu bývá u minerální či skelné vaty. Pokud se sláma omítá hliněnou omítkou a nanáší se ručně, má potom řemeslník ruce jak po návštěvě lázní. Například takové lepidlo na stěrkové omítky obsahuje cement a různé chemické přísady. Ideální je tedy pracovat v rukavicích. Kůže je po kontaminaci lepidlem popraskaná a suchá. Další ze závěrů, které mohou vyzdvihnout slaměné stavění. Tyto zkušenosti byly nabity po návštěvách

slaměných staveb, kdy byla možnost vyzkoušet si různé fáze výstavby. Od zateplování střechy, přes slámování obvodových stěn až po aplikaci venkovních omítek.

Náš pokus nám v závěru ukazuje, jakým problémem jsou hlodavci v konstrukcích domů. Nezávisí však na použitém izolantu, ale na zabudování a konstrukční ochraně izolantů. Velký potenciál má sláma z pohledu ekonomických nákladů na výstavbu. Pokud chceme dřevostavby rychlé a levné musíme hledat úspory tam, kde to nebude na úkor kvality. Fyzikální vlastnosti slámy však dokazují, že nahrazení minerální vaty slámou by nemělo za následek snížení kvality a tepelně technických parametrů budovy.

## 9 SUMMARY

This Diploma thesis' goal, called Assessing the possibility of using straw and ecopanel in based-on-wood buildings, is to disprove wrong opinion that straw is mainly devoured by rodents (in our climate conditions latin-called mus musculus). This rodent is mainly to be seen in close surroundings to humans' dwellings, especially in autumn and winter term. The task of the diploma thesis is to point out that rodents are not number one enemies to straw houses. On contrary its task to show that straw is a suitable structural material even in case of rodent attack. The reason are long straw fibers which don't allow rodents to enter the heat insulation and to damage it. The rodent is forced to pull out the straws and this is the moment when he is revealed. Fiber insulant composition is no problem in their efforts to damage it, so they are very predispositive for structure changing and severe damages. The best rodent resistant insulations are foam ones.

The test was conducted in glass aquarium, where the rodent had a free entrance to insulation, he was properly feeded. There were no experiments conducted on the animal during the research The test was just comparing the condition of insulation before and after the attack of rodent. The tested materials were: hemp insulation, flax insulation, polyurethane insulation, straw ecopanel, woodenfiber insulation mineral wool insulation and wool insulation itself. Each of insulation was in aquarium for max length of 14 days. Mineral wool insulation was completely damaged after just 7 days.

Also there are described typical constructing techniques used in construction of straw houses in this diploma thesis, except from the rodent attack research. Basically, raw blocks of straw are used, both with or without wood. On the other hand very interesting techniques are the ones using ecopanel. This material was firstly used after World War 2 in Great Britain under the name „stramit“.

## 10 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 10.1 Tištěné zdroje

- 1 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. 228 s. ISBN 978-80-260-5713-0.
- 2 CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 272 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2532-1.
- 3 MINKE, Gernot a Friedemann MAHLKE. *Stavby ze slámy: jak pořídit z balíků slámy standardní dům*. 1. české vyd. Ostrava: HEL, 2009. 144 s. ISBN 978-80-86167-31-2.
- 4 HUDEC, Mojmír, Blanka JOHANISOVÁ a Tomáš MANSBART. *Pasivní domy z přírodních materiálů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013. 160 s. ISBN 978-80-247-4243-4.
- 5 MINKE, Gernot. *Průručka hliněného stavitelství: materiály - technologie - architektura*. 1. vyd. Bratislava: Pagoda, c2009. 287 s. ISBN 978-80-969698-2-1.
- 6 ŽABIČKOVÁ, Ivana. *Hliněné stavby*. 1. vyd. Brno: ERA, 2002. Technická knihovna (ERA). 184 s. ISBN 80-86517-21-7.
- 7 PAVLIŠTÍK, Karel. *Dřevo, proutí, sláma v tradiční rukodělné výrobě na Podřevnicku*. Vyd. 1. Ve Zlíně: Krajská knihovna Františka Bartoše, 2005. 255 s. ISBN 80-86886-08-5.
- 8 HRÁZSKÝ, J. -- KRÁL, P. Izolační materiály z obnovitelných surovin-sláma a technické konopí. *Stolársky magazín*. 2010. sv. 11, č. 5, s. 6-7. ISSN 1335-7018.

## 10.2 Elektronické zdroje

- 9 *Výroba slaměných balíků*, 2016,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.baobaby.org/nase-sluzby/vyroba-slamenych-baliku/#!> >
- 10 *Kotle na spalování slámy*, 2014,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< [http://www.steptrutnov.cz/vyrobni-program/kotle-na-biomasu/kotle-na\\_balikovou-slamu-50-190-kW.html](http://www.steptrutnov.cz/vyrobni-program/kotle-na-biomasu/kotle-na_balikovou-slamu-50-190-kW.html) >
- 11 *Pravidla pro vytápění*, 2014,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/vyhlaska-c-194-2007-sb-kterou-se-stanovi-pravidla-pro-vytapeni-a-dodavku-teple-vody> >
- 12 *Cena slaměných pelet*, 2016,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <https://slamenepelety.wordpress.com/cenik-slamenych-pelet/> >
- 13 *Cena dřevěných pelet*, 2015,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.avydon.cz/stipane-drevo-brikety-pelety> >
- 14 *Slaměné peletky*, 2007,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://forum.tzb-info.cz/105199-slamene-peletky> >
- 15 *Sklony střech*, 2007,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.tzb-info.cz/3866-sklonite-strechy-zakladni-tvary-a-doporucene-sklony> >
- 16 *Doškové střechy v 21. století*, 2015,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< [http://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/alternativy/doskove-strechy-v-21-stoleti\\_79.html](http://mujdum.dumabyt.cz/rubriky/alternativy/doskove-strechy-v-21-stoleti_79.html) >

- 17 *Stát Nebraska*, 2014,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://hcidoameriky.cz/stat-nebraska> >
- 18 *Časté otázky Climatizer*, 2016,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.tepelnaizolace.cz/caste-otazky> >
- 19 *Lněná izolace NATURIZOL rohož 100x600x1200 mm*, 2016,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.prirodnistavba.cz/lnena-izolace-naturizol-rohoz-100x600x1200-mm-3423.html> >
- 20 *Užitné a technické vlastnosti konopné izolace*, 2016,  
[online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.konopna-izolace.cz/vlastnosti/> >
- 21 *STEICO - dřevovláknité izolace*, 2016, [online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://dekwood.cz/produkty/steico-drevovlanknite-izolace-68> >
- 22 *Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma)*  
2016, [online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/301-izolace-z-obnovitelnych-surovin-drevo-celuloza-konopi-ovci-vlna-slama> >
- 23 *Tepelné izolanty*, 2009, [online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/> >
- 24 *Izolační materiály 1. díl – požadavky a vlastnosti*, 2012, [online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.drevostavitel.cz/clanek/izolacni-materialy-1-dil> >
- 25 *Tepelné izolace z obnovitelných surovin*, 2015, [online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.ceskestavby.cz/clanky/tepelne-izolace-z-obnovitelnych-surovin-23675.html> >
- 26 *Ovčí vlna*, 2014, [online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.isolena.at/infospresse/downloads/downloads-tschechisch> >



- 27 *Ekopanel*, 2015, [online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.ekopanely.cz/ke-stazeni/> >
- 28 *Ekopanel - ceník*, 2015, [online] dostupné 27. 3. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://www.ekopanely.cz/wp-content/uploads/10-Ekopanely-CenikCZK.pdf> >
- 29 *Area 2015*, 2016, [online] dostupné 5. 4. 2016  
Dostupné na World Wide Web  
< <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/area/> >

### **10.3 Zdroje obrázků**

Všechny obrázky jsou z vlastních zdrojů.

## **11 PŘÍLOHY**

Emailová komunikace s ministerským radou v odboru živočišných komodit, z oddělení ochrany zvířat panem Ing. Jiřím Novákem a panem prof. MVDr. Zbyškem Sládkem Ph.D z Mendelovy univerzity.

21. 03. 2016 11:03 ooz <ooz@mze.cz> napsal(a):

> Vážený pane profesore,  
> pokud činnosti se zvířaty probíhají tak, jak jste je popsal, nelze je považovat za pokus na zvířatech.  
>  
> Ing. Jiří Novák  
> ministerský rada v odboru živočišných komodit,  
> oddělení ochrany zvířat  
>  
> Ministerstvo zemědělství  
> Těšnov 17  
> 117 05 Praha 1  
>  
> tel. 221 812 441  
> e-mail ooz@mze.cz  
> <http://www.oz.mze.cz/>  
>  
>  
>

> -----Original Message-----

> From: prof. MVDr. Zbyšek Sládek Ph.D. [mailto:zbysek.sladek@mendelu.cz]  
> Sent: Thursday, March 17, 2016 9:36 AM  
> To: ooz  
> Subject: Dotaz  
>

> Vážený pane inženýre,  
> před několika dny jsem se obrátil s dotazem na Vaši kolegyni Mgr. Kateřinu Konečnou, které mne odkázala na Vás.  
>  
> Jedná se o posouzení, zda činnost při řešení diplomové práce lze či nelze považovat za pokus na zvířatech.  
>  
> Zde jsou nezbytné informace o řešení diplomové práce:

> -----  
> Název: Posouzení možnosti využití slámy a ekopanelu ve stavbách na bázi dřeva Mendelova univerzita v Brně  
> Fakulta lesnická a dřevařská obor Stavby na bázi dřeva ústav nauky o dřevě

> Předmětem diplomové práce je pozorovat chování hlodavců (v našem případě myš domácí - *Mus musculus*) ve styku s tepelnými izolanty, které jsou běžně používány v dřevostavbách. Úkolem je vyvrátit mýtus, že myši tepelné izolanty využijí jako zdroj potravy.

> Pozorování probíhá ve skleněném akváriu při teplotách 19 &#8211; 22°C za neomezeného přísunu vody, potravy a vzduchu. Do akvária se vloží izolant o rozměrech 200 x 100 x 60 mm po dobu čtrnácti dnů a pozoruje se stav před a po.

> Zkoumanými izolanty jsou: konopná izolace, lněná izolace, minerální vata, slaměný ekopanel, ovčí vlna, stříkaný polyuretan, polystyren a dřevovláknitá izolace.

> Se zvířaty nebude nijak manipulováno, nebudou odebírány žádné vzorky, měřeny hodnoty triasu, atd.

> Výsledkem je vyvrátit mýtus o tom, že dřevostavbu snědí myši. Mnohem horší je tvorba dutin, nor a celková změna struktury a celistvosti izolantu. Tyto vady mohou vést k poruchám a lokálnímu zvýšení vlhkosti.

> -----  
> Pane inženýre, prosím Vás tedy o sdělení, zda je nutno vyhotovit projekt pokusu pro tuto činnost a nebo se nejedná o pokus.

> Děkuji Vám za Váš čas a ochotu.

> S pozdravem.

> Zbyšek Sládek

> -----  
> Department of Animal Morphology, Physiology and Genetics Faculty of Agronomy Mendel University in Brno  
> Zemědělska 1 / 613 00 Brno Czech Republic

> Phone: +420 545 133 151 / fax: +420 545 133 176

> E-mail: zbysek.sladek@mendelu.cz

> WWW...:<http://user.mendelu.cz/sladek/>  
> -----  
>