

Použití surové vlny ve stavebním kompozitu

Bakalářská práce

Studijní program:

B3107 Textil

Studijní obor:

Textilní marketing

Autor práce:

Eliška Štrbavá

Vedoucí práce:

doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií





Zadání bakalářské práce

Použití surové vlny ve stavebním kompozitu

Jméno a příjmení: Eliška Štrbavá
Osobní číslo: T17000188
Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: Textilní marketing
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: 2019/2020

Zásady pro vypracování:

1. Zjistěte historické souvislosti použití vlny ve stavebnictví. Popište účel jejího použití ve stavbách.
2. Popište vlastnosti vlny v souvislosti s jejím využitím ve stavbách.
3. Navrhněte a realizujte možné způsoby úpravy vlny pro výrobu stavebního kompozitu.
4. Vyhodnoťte u kompozitu jeho zápach.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

30 – 40 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

1. KOTLÍK, P a kolektiv. *Stavební materiály historických objektů ? Materiály, koroze, sanace*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1999. ISBN 80-7080-347-9
2. ČSN 73 0540-1. *Tepelná ochrana budov: Část 1: Terminologie*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005

Vedoucí práce:

doc. Ing. Ludmila Fridrichová, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce:

29. října 2019

Předpokládaný termín odevzdání:

10. srpna 2020

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

L.S.

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

ANOTACE

Tato práce je zaměřena na využití ovčí vlny ve stavebním kompozitu. V teoretické části je podrobněji popsána historická souvislost ovčí vlny a její charakteristické vlastnosti, které byly vybrány z hlediska využití ve stavbách.

V praktické části je zkoumán zápach u všech vyhotovených vzorků. Měření zápachu probíhalo pomocí tabulky, obsahující sémantický diferencíál, který je ohraničen dvěma póly s opačným významem charakteristik. Stupnice byla od 1 do 5, kde hodnota 5 určovala zápach a hodnota 1 nezápach. Respondenti pro proces měření byli vybráni dle náhodného výběru. Výsledky hodnocení jsou v práci graficky zobrazeny a podle toho se vyhodnotily nevhodnější vzorky pro stavební kompozit.

Prověřovalo se, zda ovčí vlna lze využít v surové podobě, případně realizovat možné způsoby úpravy ovčí vlny. Pomocí grafického zobrazení se prokázal znatelný rozdíl u vzorků se surovou vlnou a s upravenou vlnou.

KLÍČOVÁ SLOVA:

ovčí vlna, zápach, tepelná vodivost, stavební kompozit

ANNOTATION

This bachelor thesis is focused on the usage of wool in building composite. The theoretical part describes the historical context of wool and its characteristics which were chosen for their use in buildings.

The practical part covers the research of the odour of all prepared samples. Measurement of the smell was based on table containing semantic differential, which is bound by two poles with opposite characteristics. The scale was from 1 to 5; value 5 determined smell and value 1 indicated the absence of odour. Respondents for the measurement process were selected at random. The results were plotted on the graphs, and then building composites were accordingly evaluated. It was examined whether the wool may be used in its raw state, or whether it is possible to realize possible methods of wool treatment. A significant difference between the value of samples from raw wool and modified wool was found with help of graphic delineation.

KEY WORDS:

wool, odour, thermal conductivity, building composite

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědoma toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědoma následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

25. července 2020

Eliška Štrbavá

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří Ing. Ludmile Fridrichové, Ph.D., za odborné vedení, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování bakalářské práce věnovala. Dále bych tímto chtěla vyjádřit poděkování všem respondentům za jejich přínos pro výzkumnou část této bakalářské práce. V neposlední řadě patří obrovské poděkování mému příteli a blízkým, bez kterých bych nemohla tuto práci dokončit.

OBSAH

ÚVOD	9
1 HISTORIE	10
1.1 Využití vlny ve stavebnictví	10
1.2 Využití ostatních přírodních materiálů ve stavebnictví	10
2 OVČÍ VLNA	11
2.1 Rozdělení vlněného vlákna	11
2.2 Získávání vláken	11
2.3 Produkce vlny	12
2.4 Vlastnosti ovčí vlny z hlediska použití ve stavebním průmyslu	12
2.4.1 Tepelná vodivost	12
2.4.2 Schopnost absorbovat vodní páru	12
2.4.3 Pružnost	12
2.4.4 Schopnost absorbovat ze vzduchu škodliviny a bakterie	12
2.4.5 Nehořlavost	12
2.5 Úprava	13
2.6 Produkty	13
2.6.1 ISOLENA – Block	13
2.6.2 ISOLENA – Optimal	14
2.6.3 ISOLENA – Premium	15
2.6.4 ISOLENA – Klemmfilz	15
2.7 Zabudování ovčí vlny	16
3 PŘÍRODNÍ STAVEBNÍ MATERIÁLY	16
3.1 Hlína	16
3.1.1 Nepálené cihly	16
3.2 Kámen	17
3.3 Vápno	18
3.3.1 Vápenný hydrát	18
3.4 Dřevo	19
3.5 Sláma	20
3.6 Len	20
3.7 Konopí	21
4 TEPELNÁ IZOLACE	22
4.1 Fyzikální parametry stavebních tepelných izolací	23
4.2 Nejpoužívanější tepelné izolace	23
4.3 Nejpoužívanější tepelné izolace v roce 2019	24
4.4 Porovnání hodnot stavebních materiálů	25

5	KOMPOZITNÍ MATERIÁLY	26
5.1	Matrice.....	26
5.2	Vyztužující vlákna.....	26
5.3	Synergický efekt.....	26
5.4	Požadavky na kompozity.....	26
5.5	Technologie výroby kompozitů.....	26
6	Měření zápachu	27
6.1	Historie	27
6.2	Proces měření	27
6.3	Odběry vzorků.....	28
7	PRAKTICKÁ ČÁST	29
7.1	Vzorek ze samotvrdnoucí hmoty	29
7.2	Vzorek z vápna.....	30
7.3	Výroba geopolymerních vzorků s ovčí vlnou.....	33
7.4	Vzorek z montážní pěny	34
7.5	Úprava ovčí surové vlny.....	36
7.6	Vzorky z upravené ovčí vlny.....	38
7.6.1	Vzorek ze samotvrdnoucí hmoty	38
7.6.2	Vzorek z vápna	39
7.6.3	Vzorek z vápna bez použití ovčí vlny	40
8	MĚŘITELNÝ PARAMETR.....	40
8.1	Zápach	40
8.1.1	Měření zápachu	40
8.1.2	Proces měření a hodnocení zápachu.....	41
8.1.3	Hodnocení zápachu dle pohlaví.....	43
	ZÁVĚR.....	45
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	46
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	49
	SEZNAM TABULEK	50
	SEZNAM PŘÍLOH	51

ÚVOD

Ovčí vlna vyniká **tepelně izolačními vlastnostmi**, které jsou vhodné k zateplování budov. Rozhodla jsem se najít způsob využití surové vlny. Ve spolupráci s vedoucí bakalářské práce jsme došli k závěru, že bychom mohly ovčí vlnu zakomponovat do stavebního kompozitu, kde by mohl být zápach vlny omezen. Inspirací pro toto téma jsou chovatelé ovcí nedaleko Turnova, kteří ostříhanou vlnu v surové podobě prodávají do zahraničí za nízkou cenu. Možnost prodeje ovčí vlny do zahraničí upřednostňují, z důvodu nízké poptávky v České republice. Hlavním faktorem nízké poptávky po vlněném rounu je jeho nákladná úprava, jelikož surová vlna má nepříjemný zápach.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a realizovat možné způsoby úpravy ovčí vlny pro výrobu stavebních kompozitů. Upřednostňují se přírodní materiály, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Nejdříve proto budou vyhledány pro inspiraci historické stavební materiály, které naši předci běžně používali pro svoje příbytky. Tyto kompozity nesmí být čichově diskomfortní pro osoby v domácnosti, proto se bude v praktické části provádět vyhodnocení zápachu u všech zhotovených kompozitů.

V bakalářské práci je nejprve představena ovčí vlna z hlediska jejího používání v historii a další používané přírodní materiály, které se používaly nebo používají dodnes. Podrobněji je poukázáno na samotnou ovčí vlnu z hlediska složení, rozdělení a získávání vlněného vlákna. Také jsou uvedeny nejběžnější metody měření jemnosti vlněných vláken. Jedna ze tří metod měření jemnosti bude podrobněji popsána v praktické části. Mezi charakteristické vlastnosti ovčí vlny patří její tepelná vodivost, schopnost absorbovat vodní páru, pružnost, schopnost absorbovat ze vzduchu škodliviny a nehořlavost do určité teploty. Důležitou vlastností ovčí vlny s využitím ve stavbách je její **tepelná izolace**, která se pohybuje v rozmezí $\lambda = 0,038 - 0,050 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Zájem o ovčí vlnu v dnešní době roste, nejen v textilním, ale také i ve stavebním průmyslu. Například rakouská firma Isolena vyrábí mnoho druhů izolace z ovčí vlny, které jsou vyobrazeny v práci spolu s jejich tepelnými vlastnostmi. Mezi další přírodní materiály, které se používají pro stavební účely, patří např. hlína, kámen, vápno, dřevo, sláma, len a konopí. Zmíněné jsou i dva zástupci kompozitů ze syntetických materiálů, pro porovnání s přírodními materiály. Všechny uvedené stavební materiály jsou v teoretické části porovnány z hlediska hodnot jejich vlastností. V experimentální části byly vyrobeny kompozity se surovou vlnou a upravenou vlnou, kde byl následně měřen jejich zápach pomocí tabulky, obsahující sémantický diferenciál. Výsledky hodnocení jsou v práci graficky zobrazeny a podle toho se vyhodnotily nejvhodnější vzorky pro stavební kompozit.

1 HISTORIE

1.1 Využití vlny ve stavebnictví

Po celá staletí naši předkové používali přírodní materiály, nikoliv uměle vytvořené stavební kompozity, které se využívají v dnešní době. Zmíněné přírodní materiály si pravěký člověk nacházel sám volně v přírodě, z nichž si vytvářel svá obydlí a oblečení. Mezi lehce dostupné materiály patří větve, listí, dřevo, kameny a další suroviny, které nám nabízí sama příroda. Postupem času sami lidé chovali zvířata jako zdroj obživy, ale některá z nich i pro jejich kůži. Vhodným příkladem jsou ovce, které chovali pro jejich užitnou vlnu. Ovčí vlna byla po celá staletí lidmi testována, nejprve zprvu jako jejich ošacení, které odolávalo za různých klimatických podmínek. Jakmile naši předci vypožorovali ze svého ošacení tepelně izolační vlastnosti vlny, začali vlnu používat k zateplování svých příbytků. Jejich příbytky byly tak chráněny před zimou, sněhem, větrem, horkem a deštěm po celé roky. [1]

Starým důkazem o používání vlny v pravěkých obydlích jsou gobelíny. Jedná se o nástěnnou textilií, která zabraňuje průniku tepla ven do vnějšího okolí, a také vyniká zvukově izolačními vlastnostmi. Tyto historické artefakty poukazují, jak je vlněný materiál stabilní a má především dlouholetou životnost, bez jakýchkoliv příměsí či chemických prostředků. [2]

1.2 Využití ostatních přírodních materiálů ve stavebnictví

První historický stavební kompozit nás přenesení do starověkého Egypta. Zde se používaly stavební bloky, z kterých se stavěly pyramidové skvosty. Obdélníkové kompozity se skládaly pouze ze dvou základních surovin, a to ze sušené hlíny a slámy. Před naším letopočtem byla sláma hlavním stavebním materiálem Židů. V té době se odehrály spory mezi Židy a faraonem, ohledně dodávek slámy do stavebních bloků, které výroba pyramid nutně vyžadovala. [3]

O několik let později byl zaznamenán menší pokrok ve stavebním odvětví, kdy byl uměle vytvořen stavební kompozit z kousků slámy, hlíny a jílu. Tento kompozit ze tří surovin sloužil zejména pro stavbu stěn obydlí. Oproti kompozitu pouze z hlíny vynikal lepšími vlastnostmi. Před 800 lety před naším letopočtem byly cihly vyztužené slámou oblíbené ve stavebnictví, jejichž tlaková síla odpovídala 7MPa. Až po dlouhé odchylce byl vytvořen Římany kompozit z betonu a malty.

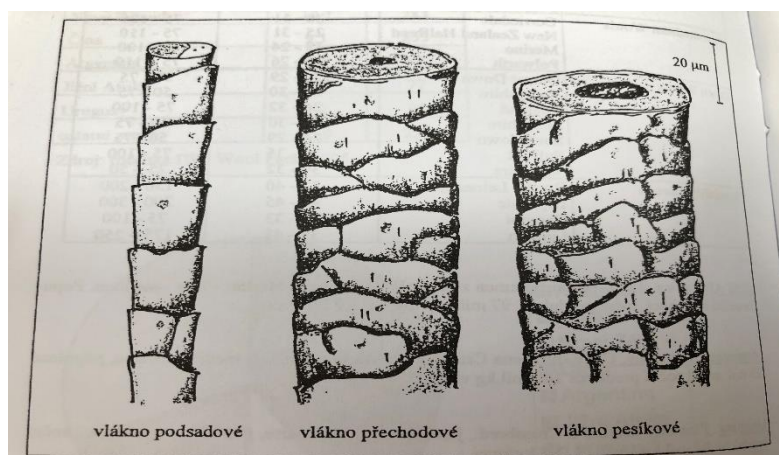
Od doby, kdy se stavební materiály uměle vytvářejí, lidé kladou důraz na zvolení správného a vhodného materiálu. Dříve se tedy hledal materiál mezi existujícími materiály v přírodě a lidé dnes zvolí materiál na základě znalostí a zkušeností dané stavební firmy či osoby v oboru. „Tento vývoj začal už v době, když si lidé uvědomovali, že je možné zlepšit některé vlastnosti existujících materiálů a pokračovat výrobou nových materiálů nevyskytujících se v přírodě (např. cihly),“ zmiňuje autorka Bodnárová ve své publikaci. [4]

2 OVČÍ VLNA

Vlněná vlákna řadíme do kategorie vláken přírodního živočišného původu. Jedná se o vlákna bílkovinného původu a jejich struktura je dána řetězcem aminokyselin, který je doprovázen užitečnými vlastnostmi, jako jsou tažnost, zotavovací schopnost a řada dalších schopností.

2.1 Rozdělení vlněného vlákna

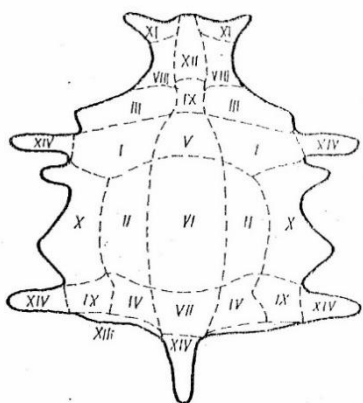
Vlněné vlákno lze rozdělit na tři typy chlupů, jakými jsou vlákna podsadová, přechodová a pesíková. Podsadová vlákna tvoří podsadu u ovcí s jemností do 40 μm . Vyznačují se výrazným obloučkováním, které nám udává počet a tvar obloučků na jednotku délky (1 cm). Přechodová vlákna mají oproti podsadovým jemnost až do 50 μm . Posledním druhem je pesíkové vlákno, které má jemnost až 150 μm , tudíž je hodně hrubé na dotek oproti podsadovému. Na obrázku č. 1 jsou vyobrazeny typy vlněných vláken. [5]



Obrázek 1 - Tři typy vlněného vlákna [6]

2.2 Získávání vláken

Stříhání ovcí probíhá jednou nebo dvakrát do roka a tím jsou získávána vlákna v podobě rouna, které není nijak upravené a zbavené nečistot. Při tomto procesu je rouno rozděleno dle kvality, která je znázorněna na obrázku č. 2. Nejvyšší kvalita vláken se nachází na předních lopatkách ovce, dále na bocích a nejnižší kvalita vláken jsou na hřbetě ovce. Jsou znehodnocena vlivem působení UV záření. Množství tuku se pohybuje v rozmezí 15-30 %. Na Soxhletově přístroji je výsledkem procentuální hodnota, která vyjadřuje výtěžnost vyprané vlny. Samotné třídění vlny je prováděno ručně pomocí specializovaných pracovníků, kteří se řídí základními kritérii pro proces třídění. Tato kritéria obsahují délku vlákna, jemnost vlákna, obloučkovitost, barvu, poškození, znečištění a obsah tuku. [5]



Obrázek 2 - Kvalita vlněných vláken v ovčím rounu [7]

2.3 Produkce vlny

Po celá staletí se ovce chovají pro jejich srst, která se nadále využívala zejména v textilním průmyslu, jako základní surovina pro výrobu. Vlna také našla uplatnění v bytovém textilu. K výrobě vlněných produktů je k dispozici přes 1,2 miliard ovcí, které se chovají po celém světě. Josef Chybík ve své knize popisuje produkci vlny: „Každá ročně vyprodukuje 2,5 kg až 5 kg vlny.“ Dochované staré gobelíny jsou důkazem, že je vlna znamenitě odolná vůči stárnutí. Její využití je ohleduplné k přírodě, a stříhání vlny není pro ovce bolestivé a do roka jim opět srst doroste. [2]

V dnešní době je přebytek ovčí vlny. Kupní cena vlny je nižší než kdy dřív, cena za 1 kg se pohybuje v rozmezí 4-15 Kč/kg dle druhu a zpracování vlny. [9] [10]

Díky nízké kupní ceně si ovčí vlna našla i jiné uplatnění než v textilním průmyslu, například také i ve stavebním průmyslu. [2]

2.4 Vlastnosti ovčí vlny z hlediska použití ve stavebním průmyslu

Využití vlny ve stavebním průmyslu vyžaduje specifické vlastnosti, které jsou přínosné v oblasti izolace či zateplování staveb. Izolaci z ovčí vlny lze použít pro střechy a podkrovní, fasády a kolmé stěny, pro spáry srubů a roubenek, pro podlahy a stropy. Její využití má nízký dopad na energii, a jelikož se jedná o přírodní materiál, lze ji recyklovat. [11]

2.4.1 Tepelná vodivost

Charakteristickou vlastností ovčí vlny je tepelná vodivost, která je vyjádřena součinitelem tepelné vodivosti a její hodnota se pohybuje v rozmezí $\lambda = 0,038 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ až $0,5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Tudíž se vyznačuje dobrou tepelnou vodivostí. [2]

2.4.2 Schopnost absorbovat vodní páru

Ovčí vlna dokáže absorbovat značné množství vody v podobě vodní páry, ale s **minimálním** rizikem na zhoršení tepelných vlastností. Vlněný materiál je schopen pohltit 30 % až 35 % vodní páry z její celkové vlastní hmotnosti. Vodní pára působí v obytném prostoru nepříjemnou vlhkost, kterou je vlna schopna pohltit. S absorbovanou vlhkostí vlna pracuje tak, že ji postupem času uvolňuje do obytného prostoru. Její uvolňování funguje na principu stabilizování vlhkostního klimatu. [2]

2.4.3 Pružnost

Pružnost patří k dalším užitným vlastnostem ovčí vlny, kterou si zachovává trvale. Tato vlastnost slouží k lepší manipulaci s vlněným materiálem, při izolaci obtížně přístupných dutin, jakými mohou být například spáry srubů a roubenek. [2]

2.4.4 Schopnost absorbovat ze vzduchu škodliviny a bakterie

Pohlcování vodní páry neboli vlhkosti není jediné, co umí ovčí vlna pohltit. Dokáže ze vzduchu pojmout značné množství škodlivin a bakterií, které jsou obsaženy v obytném prostoru. Mezi známé škodliviny patří například formaldehyd, organická ředidla nebo ozon. Aby ovčí vlna mohla správně provést tento proces, musí být umístěna na určitém místě. Jak se dozvídáme v práci Chybíka [2]: „Aby ovčí vlna mohla takto fungovat, je potřeba ji umístit co nejbližší k vnitřnímu povrchu konstrukcí příček, podhledu a stěn. Po saturování materiálu škodlivinami je však potřebné jej vyměnit.“ Výhodou této schopnosti je, že dokáže absorbovat škodliviny trvale. Vlněný materiál je tedy šetrný jak k přírodnímu prostředí, tak i ke zdraví člověka.

2.4.5 Nehořlavost

Nehořlavost je další pozoruhodnou vlastností vlny, která vzplane až při $560 \text{ }^\circ\text{C}$. V tomto odvětví vyniká i samozhášecí schopností, ale při vyšších teplotách se vlna škvaří. [2]

2.5 Úprava

Celkový proces úpravy vlněného materiálu je šetrný k životnímu prostředí. Prvotní fází úpravy je zbavení nečistot, které jsou obsažené v surové vlně. Jelikož tento způsob nelze provést v domácích podmínkách, tak se výchozí surovina svěruje do rukou specializovaných podniků. Ovčí vlna se pere ve vodní lázni, která vlnu zbaví nečistot. Vodní lázeň obsahuje 0,5 g pracího prostředku a 1 g sody na 1 litr vody, její teplota je 40 °C. Praním se vlna zbavuje nečistot a lanolinu. „Lanolin je tuk s obsahem voskového podílu. Skládá se z 65 % vosku, 15 % parafinového oleje a 20 % vody.“ V další fázi procesu se využívá prostředku Molantin SP. „Molantin SP je 10% roztok fotostabilního syntetického pyrethroidu. Je to čirá kapalina jantarového zabarvení se slabým zápachem po butanolu neionogenního charakteru. Používá se pro zdokonalení vlněného materiálu, který se stává vláčnějším a poddajnějším.“ Účelem Molantim SP je odpuzení hmyzu, například molů, tj. ochrana proti poškození živočišného vlákna. [2]

Existuje však šetrná metoda úpravy vlny v domácích podmínkách, kterou popisuje jedna z uživatelék na webovém portálu Fler [46]. Portál byl založen v roce 2008 a stal se centrem handmade tvorby v České republice. V první fázi se ovčí vlněné rouno rozprostře na plochu a zbaví se hrubých nečistot, které jsou obsažené ve vlně, např. sláma. Poté se připraví vodní lázeň s krystalickou sodou, která se ve vlažné vodě rozpustí. Krystalické sody se využívá pro odstranění lanolinu. Vlna zbavená hrubých nečistot je vložena do nádoby s připravenou lázní a pomocí rukou je vlna promačkávána, viz obrázek č. 3. Tímto způsobem se vyplavují nečistoty na povrch, které jsou odebrány z nádoby. Louhování je doporučeno přes noc pro maximální uvolnění nečistot. Tento proces se opakuje do úplného vyčištění. Následně se rouno ručně vyždímá nebo se může nechat odstředit v pračce. Poté je rouno rozprostřeno na sušák se sítím a nejlépe na přímém slunci pro usušení, viz obrázek č. 4. [12]



Obrázek 3 - Čištění surové vlny [46]



Obrázek 4 - Sušení vyprané vlny [46]

2.6 Produkty

Z hlediska stavebního odvětví se z ovčí vlny vyrábí pásy pro izolaci staveb. Technologie výroby je bez použití jakýchkoliv pojiv. Výchozí surovinou pro tuto operaci je mykané rouno, kde jsou jednotlivá vlněná vlákna urovňována ve stejném směru. Následně se pásy z ovčí vlny vyrábějí v kolmém kladení jednotlivých vláken, a poté se formuluje do vlnovek pomocí operace praní.

Pro výrobu ovčích produktů je jednou z nejvýznamnějších firem rakouská Isolena, která se zabývá výrobou izolace z ovčí vlny. Samotnou izolaci si firma vyrábí sama na strojích, které sám majitel navrhnul v roce 1988. [13]

2.6.1 ISOLENA – Block

Izolace z 100 % ovčí střížní vlny. Používá se pro podlahové a stropní konstrukce, zejména pro horizontální umístění. Lze vytvořit objednávku, kde si sám zákazník určí potřebnou délku, šířku a tloušťku izolačního rouna. Je chráněna proti molům technologií Ionic Protect ®. Vyznačuje se tepelnou

vodivostí s hodnotou $\lambda = 0,042 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, měrnou hustotou $\rho = 14 \text{ kg/m}^3$ a izolační tloušťkou 3-16 cm, viz obrázek č. 5. Další měřitelné parametry onoho produktu jsou zobrazeny v tabulce č. 1. [14]



Obrázek 5 - Použití izolačního pásu ISOLENA Block [15]

Tabulka 1 - Parametry produktu - ISOLENA Block; Zdroj: ISOLENA – BLOCK. Izolace z ovčí vlny [online]. [14]

Výrobek ISOLENA	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Block	0,042	14	3-16	1	100,92-538,24 Kč

2.6.2 ISOLENA – Optimal

Vyniká ne jenom tepelně izolačními vlastnostmi, ale také zvukově izolačními vlastnostmi. Pásky se používají pro střešní šikminy a stěny, ale také do podlahových a stropních konstrukcí. Vyznačují se tepelnou vodivostí $\lambda = 0,0385 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, měrnou hustotou $\rho = 18 \text{ kg/m}^3$ a izolační tloušťkou 3-14 cm. Délka se pohybuje v rozmezí 300-900 cm nebo dle přání zákazníka, viz obrázek č. 6. Další měřitelné parametry jsou zobrazeny v tabulce č. 2. [16]



Obrázek 6 - Použití izolačního pásu ISOLENA Optimal [15]

Tabulka 2 - Parametry produktu - ISOLENA Optimal; Zdroj: ISOLENA – OPTIMAL. Izolace z ovčí vlny [online]. [16]

Výrobek ISOLENA	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Optimal	0,0385	18	3-14	1	129,63-604,94 Kč

2.6.3 ISOLENA – Premium

Izolační pás Premium je vysoce objemný, kompaktní a komfortní. Speciální technikou je vytvořena jehlová plst ze střížní vlny. Používá se k izolování stěn, střech, stropů i podlah. Doporučováno zejména pro dřevostavby, ale lze jej použít i u zděných staveb. Vyznačuje se tepelnou vodivostí $\lambda = 0,0359 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, měrnou hustotou $\rho = 20 \text{ kg/m}^3$ a izolační tloušťkou 8-30 cm. Délka od 200 do 400 cm, opět lze vytvořit individuální objednávku, viz obrázek č. 7. Další měřitelné parametry jsou zobrazeny v tabulce č. 3. [17]



Obrázek 7 - Použití izolačního pásu ISOLENA Premium [15]

Tabulka 3 - Parametry produktu - ISOLENA Premium; Zdroj: ISOLENA – Premium. Izolace z ovčí vlny [online]. [17]

Výrobek ISOLENA	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Premium	0,0359	20	8-30	1 760	1	403,68-1 513,89 Kč

2.6.4 ISOLENA – Klemmfilz

Unikátní izolační pás, který se používá pro izolování dutých prostor proti úniku tepla, chladu a hluku. Vyniká tepelnou vodivostí $\lambda = 0,0339 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, měrnou hustotou $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$ a izolační tloušťkou 3-30 cm. Délka izolačního pásu se nabízí v rozmezí 200-600 cm, viz obrázek č. 8. Další měřitelné parametry jsou zobrazeny v tabulce č. 4. [18]



Obrázek 8 - Použití izolačního pásu ISOLENA Klemmfilz [15]

Tabulka 4 - Parametry produktu - ISOLENA Klemmfilz; Zdroj: ISOLENA – KLEMMFILZ – PRÉMIOVÝ VÝROBEK. Izolace z ovčí vlny [online]. [18]

Výrobek ISOLENA	Součinitel tepelné vodivosti λ [$Wm^{-1}K^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Klemmfilz	0,0339	30	3-30	1	155,52-414,72 Kč

V tabulce č. 5 jsou znázorněny vlastnosti produktů ISOLENA. Firma dále nabízí produkty s názvem RheinBlock, okenní provazec, izolační filcový pás Trittschallfilz, volnou vlnu a izolaci kročejového hluku Trittschaldämmung. [19]

Tabulka 5 - Vlastnosti produktů ISOLENA; Zdroj: ISOLENA – Produkty. Izolace z ovčí vlny [online]. [19]

Výrobek ISOLENA	Součinitel tepelné vodivosti λ [$Wm^{-1}K^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Block	0,042	14	3-16	-	1	100,92-538,24 Kč
Optimal	0,0385	18	3-14	-	1	129,63-604,94 Kč
Premium	0,0359	20	8-30	1 760	1	403,68-1 513 Kč
Klemmfilz	0,0339	30	3-30	-	1	155,52-414,72 Kč

2.7 Zabudování ovčí vlny

Samotné zabudování izolačního pásu je snadné, díky jeho malé objemové hmotnosti a elasticitě. K montáži není potřeba speciální techniky. Pro proces řezání dle požadovaných rozměrů postačí vhodný nůž nebo řezací zařízení. Vložení do stavební konstrukce se provádí na dřevěný podklad a ovčí vlna je připevněna pomocí sponkovaček. Lze ji vložit i do lehkých příček, k deskám ze sádkartonu nebo ze dřeva. Způsoby připevnění jsou možné pomocí oboustranné samolepicí pásky, nalepovacích hrotů nebo jinými metodami. [2]

3 PŘÍRODNÍ STAVEBNÍ MATERIÁLY

3.1 Hlína

Jedná se o základní surovinu, ze které se vyrábí celá řada produktů. Ze stavebního hlediska ji můžeme rozdělit na nepálené cihly, pálené cihly a pálené krytiny či tašky, které lze považovat za nejstarší přírodní stavební materiál.

3.1.1 Nepálené cihly

Jedná se o nejstarší stavební materiál a pro jejich výrobu se používal určitý typ hlíny, který vznikl zvětráváním hornin. Například zvětráváním žuly, ruly a porfyru. Mezi složky zvětrávání lze zařadit jíl, prach, písek a jiné příměsi.

Zhruba 10-30 % jílové složky je obsaženo v základní surovině pro nepálené cihly. Pro tento typ materiálu s vyšším obsahem jílu je charakteristické, že při styku s vodou bobtnají. Čím větší je množství vody, tím více materiál bobtná.

Již zmíněnou další složkou je prach, který je tvořen směsí křemene, živce atd. Jedná se o částice s velikostí zhruba 2-20 μm . Třetí zmíněnou a hrubší složkou je písek, který je znatelnější oproti prachu,

jelikož uvedená velikost písku je 20 μm – 2 mm. Složky písku jsou tvořeny živcem, a především oxidem křemičitým (SiO_2).

Aby zpracování hlíny mohlo lépe probíhat, tak byl materiál zvlhčen určitým množstvím vody a následuje bobtnání hlíny. Hlína se zpracovávala ručně do té doby, než se struktura podobala těstu. Požadovaná struktura těsta se ovlivňovala přidáním další příměsi. Například hlína, která obsahovala větší podíl jílu, byla plastická a lepivá, tudíž se při procesu schnutí smršťovala a zároveň praskala. Aby se tomu mohlo předejít, stačilo přidat pouze určité množství písku. Následně byla hlína vložena a udusána v jednoduché dřevěné formě. Samotný proces sušení nejprve probíhal ve stínu a poté na slunci. [20]

Tento postup zpracování hlíny budeme aplikovat v našem experimentu v praktické části. V současné době jsou nepálené cihly na trhu nabízeny například od firmy Heluz, která doporučuje produkt pro přírodní stavby a pro stavby s požadavkem na zvýšení tepelné akumulace a ke zlepšení mikroklimatu budov. Nepálená cihla Nature Energy od firmy Heluz je zobrazen na obrázku č. 9. Měřitelné parametry nepálených cihel jsou zobrazeny v tabulce č. 6.



Obrázek 9 - Nepálená cihla Heluz Nature Energy [21]

Tabulka 6 - Parametry produktu - Nepálená cihla; Zdroj: Pavel Heinrich, *Nepálené cihly současnosti*. [22] Cena – Nepálená cihla HELUZ NATURE Energy – Stavebniny DEK. [23]

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Nepálená cihla	0,723	1680	12/25	1 000	5/10	38,40 Kč/ks

3.2 Kámen

Je dalším zástupcem z přírodních materiálů, který se používal a používá jako stavební materiál. Nejznámější dochovanou kamennou památkou je Stonehenge, který se nachází v jižní Anglii a je vyobrazen na obrázku č. 10. Jedná se o tzv. megality, které jsou volně stojící a lze je považovat za osamocené bloky z kamene. Mezi další kamenné stavby patří stavby Aztéků a Mayů.

Kámen je tvořen složením jednotlivých minerálů, které jsou rozlišovány rozdílným složením z hlediska chemie. Způsob vzniku ovlivňuje vlastnosti a trvanlivost kamene. Zemský povrch je tvořen horninami. Dále horniny rozdělujeme na vyvřelé, usazené a přeměněné. Měřitelné parametry dvou zástupců kamene, jako jsou např. čedič a pískovec, jsou zobrazeny v tabulce č. 7. [20]



Obrázek 10 - Stonehenge, Anglie [24]

Tabulka 7 - Parametry produktu - čedič a pískovec; Zdroj: Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. [25] Cena: Kámen Ostroměř s.r.o. [26]

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
čedič	2,9	2 880	880	-	-
pískovec	0,9-1,7	1 800-2 600	720	23	Od 715 Kč

3.3 Vápno

Jedná se o jeden z nejstarších materiálů, který se využíval jako pojivo. Výroba byla zahájena už ve starověku. Jeho tradiční způsob výroby se zachoval téměř beze změny do dnešních dnů. Ve starověku se pro topení využívalo dřeva, později ho nahradila jiná paliva jako uhlí, koks, plyn a kapalná paliva. Změna paliva vedla ke změně pecních systémů a technologií pro výpal vápna.

Při procesu výroby vápna je výchozí surovinou vápenec. Důležitá pro jeho výrobu je kvalita vápence, která je spjata s druhem vápna. Vápno je rozděleno na vzdušné a hydraulické vápno. Vzdušná vápna se vyrábějí z vysokoprocentních vápenců nebo z vápenců, které se vyznačují malým obsahem příměsí. Pro výrobu hydraulického vápna se používají vápence s vysokým obsahem nečistot a hydraulických příměsí (oxidu křemičitého, hlinitého a železitého), poté následuje proces pálení. Dále se vápno rozděluje z hlediska způsobu výpalu, a to na vápna kusová a prášková, která se dalšími procesy upravují na vápna mletá a hašená.

Vápno je v dnešní době nabízeno na trhu hned v několika variantách, které se využívají snad ve všech průmyslových odvětvích. Zejména ve stavebním průmyslu, který je největším odběratelem vápna. Vápenatého hydrátu je především využíváno pro omítky a malty. Mezi další významné odběratele vápna patří metalurgický průmysl, chemický průmysl, potravinářský průmysl a další. [20]

3.3.1 Vápenný hydrát

Již zmíněný vápenný hydrát se používá především pro účely stavebního průmyslu. Pro výrobu malty je potřeba k vápennému hydrátu přidat určité množství vody a písku. Výsledná malta je používána pro zdění a omítání. Výrobu hydrátu lze provést mokřím nebo suchým způsobem.

Mokřím způsob výroby hydrátu je charakteristický vznikem vápenné kaše, kde je výchozí surovinou vápno, které je smícháno s určitým množstvím vody. Míchání je prováděno při teplotě cca 70 °C, kdy vzniká reakce oxidu vápenatého spolu s vodou. Tímto způsobem má vzniklý hydrát vynikající reologické vlastnosti, které jsou ve směsi s pískem předány maltě.

Suchý způsob nebo také suché hašení popisuje Kotlík ve své knize *Stavební materiály historických objektů*: „Při tomto způsobu hydratace se vápno hasí s menším přebytkem vody při teplotách blízkých

bodů varu vody. Hydratace probíhá v hydratačních vanách, kde se v kontinuálním procesu přidává k nadrcenému vápnu odměřené množství teplé vody. Vzniklá polosuchá směs se během průchodu hasící vanou promíchává, dochází ke vzrůstu teploty na 96-99 °C a varem této směsi vzniká téměř suchý hydrát vápenatý. Ten při výtoku z hydratační vany má teplotu 98-99 °C, a dochází tedy k intenzivnímu odpařování přebytečné vody ve formě páry.“

Z hlediska reologických vlastností vyniká vápenný hydrát provedený mokřým způsobem. Ale i vápenný hydrát připravený suchou cestou má vyhovující vlastnosti pro stavební účely. [20]

Na obrázku č. 11 je bílé vápno hašené Čerták od firmy Vápenka Čertovy schody a.s., který použijeme pro náš experiment. Měřitelné parametry vápnové omítky jsou zobrazeny v tabulce č. 8.



Obrázek 11 – Čerták, bílé vápno hašené [27]

Tabulka 8 - Parametry produktu - Vápnová omítka; Zdroj: Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. [25] Cena – Bílé hašené vápno Čerták – Obi [27]

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2
Omítka vápenná	0,88	1600	-	840	6	79 Kč/5 kg

3.4 Dřevo

Jedná se o nejrozšířenější výchozí surovinu, která se zejména používá k výrobě nábytku a na nosné konstrukce domu. Ze dřeva se vyrábí dřevovláknité desky, které jsou výjimečné tepelně izolačními vlastnostmi, mechanickou pevností, tuhostí a schopností akumulovat teplo. Příklad dřevovláknité izolace lze vidět na obrázku č. 12. Využití našlo například pro dodatečné zateplení budov, zateplení půdních prostor a akustické izolace do podlah a stěn. Tepelná vodivost se pohybuje v rozmezí $\lambda = 0,038-0,050 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Další měřitelné parametry jsou zobrazeny v tabulce č. 9. [2]



Obrázek 12 - Dřevovláknitá izolace [28]

Tabulka 9 - Parametry produktu - Dřevovláknité desky; Zdroj: Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. [25] Cena-OSB desky | Stavebniny DEK. [29]

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Dřevovláknité desky	0,038-0,050	250	24	1 380	2-12,5	100-333,20 Kč

3.5 Sláma

Tento materiál je tvořen z vymlácených stonků obilovin (pšenice, žito, ječmene, ovesa, prosa a další), který už od pradávna doprovázel člověka jako stelivo. V chladných dnech zajistila značné teplo v obydlích. V dnešní době její využití roste. Vytváří se z ní především slaměné balíky vhodné pro stavební účely, vyrobené nejčastěji ze pšenice a žita. Balíky se využívají například pro vertikální nosné konstrukce a také jako levný izolační materiál. Využití slámy ve stavebních konstrukcích je zachyceno na obrázku č. 13. Tepelná vodivost se pohybuje v rozmezí $\lambda = 0,050-0,080 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Další měřitelné parametry slaměných výrobků jsou zobrazeny v tabulce č. 10. Lidé uplatňují slámu z důvodu ochrany životního prostředí. Energie při její výrobě je oproti jiným materiálům nižší. Sláma je zdravotně nezávadná a nezpůsobuje alergie, jelikož neobsahuje pyl. Dále se využívá jako sláma foukaná a jako sláma v deskách. [2] [30]



Obrázek 13 - Využití slámy ve stavebních konstrukcích [31]

Tabulka 10 - Parametry produktu – Slaměné výrobky; Zdroj: ŠÍPKOVÁ, Veronika, Šárka KORBELOVÁ a Jiří LABUDEK. Stavební tepelné izolace pro svislé konstrukce. [30] Cena – bydletezdrave.cz [32]

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Sláma v balících	0,050-0,080	80-120	35-40	-	10-13	15-40 Kč/ks
Sláma foukaná	0,050-0,060	67-100	-	-	1,1-3	-
Sláma v deskách	0,099-0,102	379	30-35	-	9,7-13	245-295 Kč

3.6 Len

Lněné desky jsou tvořeny z lněných vláken a pazdeří. Pazdeří je proces, při kterém se oddělují stonky od lněných vláken. Tato vlákna se následně pomocí přírodního lepidla ze škrobu spojí ve vrstvách a

vzniká deska. Desky jsou charakteristické pro tepelně izolační vlastnosti, schopností pohlcovat vlhkost a vysokou pružností, která je vítána při montáži. Tepelná vodivost se pohybuje v rozmezí 0,037-0,039 $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Na obrázku č. 14 jsou vyobrazeny lněné desky NATURIZOL. Další měřitelné parametry jsou zobrazeny v tabulce č. 11. [30]



Obrázek 14 - Lněná izolace NATURIZOL [33]

Tabulka 11 - Parametry produktu - Len v deskách (Naturizol); Zdroj: Lněná izolační rohož – NATURIZOL. [34]

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
Len v deskách (Naturizol)	0,037-0,039	32	-	1 550	1,1-3	78-312 Kč

3.7 Konopí

Konopná vlákna se používají pro výrobu tepelně izolačních desek, které se dále skládají spolu s pojivými vlákny, tzv. BiCo vlákny a roztoku sody. Samotná výroba desek se provádí v termofixační peci. Jedná se opět o ekologický výrobek. Desky z konopí mají dobré tepelně izolační vlastnosti, akustické vlastnosti, schopnost akumulovat teplo, vysokou sorpci vlhkosti a vynikají trvalou pružností. Jsou odolné proti plísním a odpuzují hmyz a hlodavce. Mezi zásadní nevýhodu desek z konopí patří jejich cena. Tuzemský výrobce Canabest s.r.o. nabízí tepelně izolační výrobky z technického konopí, které jsou k vidění na obrázku č. 15. Měřitelné parametry konopných desek jsou zobrazeny v tabulce č. 12. [30]



Obrázek 15 - Konopné termoizolační desky [35]

Tabulka 12 - Parametry produktu - Konopné desky; Zdroj: Izolace z obnovitelných surovin. Tzb-info. [36] Cena: IZOLACE KONOPÍ CZ. Termo izolace z technického konopí. [37]

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m ² (bez DPH)
Konopné desky	0,040-0,045	30-100	3-22	1 600	1,1-2	102-748 Kč

V tabulce č. 13 jsou znázorněny měřitelné hodnoty všech uvedených přírodních materiálů pro porovnání.

Tabulka 13 - Měřitelné parametry přírodních materiálů

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m ² (bez DPH)
Ovčí vlna	0,038-0,05	13-30	-	-	1-2	4-15 Kč/kg
Nepálené cihly	0,723	1 680	12/25	1	5/10	38,40 Kč/ks
Čedič	2,9	2 880	-	880	-	-
Pískovec	0,9-1,7	1 800-2 600	-	720	23	od 865 Kč
Vápenná omítka	0,88	1 600	-	840	6	79 Kč/5 kg
Dřevovláknité desky	0,038-0,050	250	24	1 380	2-12,5	100-333,20 Kč
Sláma v balících	0,050-0,080	80-120	35-40	-	10-13	15-40 Kč/ks
Sláma foukaná	0,050-0,060	67-100	-	-	1,1-3	-
Sláma v deskách	0,099-0,102	379	30-35	-	9,7-13	245-295 Kč
Len v deskách	0,037-0,039	32	-	1 550	1,1-3	78-312 Kč
Konopné desky	0,040-0,045	30-100	3-22	1 600	1,1-2	102-748 Kč

4 TEPELNÁ IZOLACE

V dnešní době jsou kladeny požadavky na snižování tepelných ztrát budov. Na trhu je nepřehledné množství stavebních materiálů, které se využívají pro jejich tepelně izolační vlastnosti. Čím lepší má materiál tepelnou izolaci, tím více se snižuje tepelná ztráta budov. [30]

„Dle normy ČSN 73 0540-1 (Tepelná ochrana budov) [38] je tepelně izolační materiál definován jako materiál výrazně omezující šíření tepla, vykazující charakteristickou hodnotou součinitele tepelné vodivosti max. 0,1 W/mK při referenčních teplotních a vlhkostních podmínkách a daném stáří,“ uvedli v knize paní Šípková, paní Korbelová a pan Labudek.

Tepelná izolace budov se zejména používá proti úniku tepla z budovy. Především v zimních měsících je důležité udržet teplo v budově, a naopak v letních měsících zabráňuje přehřívání interiéru. [30]

4.1 Fyzikální parametry stavebních tepelných izolací

Mezi tyto parametry patří součinitel tepelné vodivosti, faktor difuzního odporu, hustota, objemová hmotnost a měrná tepelná kapacita. Již uvedené parametry slouží pro tepelné technické výpočty.

Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]

Vyjadřuje schopnost daného materiálu šířit teplo. Tepelná vodivost určuje kvalitu tepelných izolací na trhu a čím nižší je naměřená hodnota materiálu, tím je vyšší kvalita tepelné izolace a omezen průstup tepla skrz tepelnou izolaci. [39]

Faktor difuzního odporu μ [-]

Vyjadřuje schopnost určitého materiálu propouštět vodní páry. Patří do skupiny šíření vlhkosti a čím menší je naměřená hodnota, tím snadněji dochází k difuzi. [39]

Hustota [kg/m^3]

Je vyjádřena zlomkem, v čitateli je uvedena hmotnost m [kg] a ve jmenovateli objem V [m^3]. Znázorňuje poměrnou hustotu. [39]

Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]

Tento parametr se používá pro sypké nebo pórovité materiály. Objemová hmotnost vyjadřuje podíl hmotnosti a objemu jako předchozí parametr s tím rozdílem, že hmotnost i objem je se všemi póry i dutinami v daném materiálu. [39]

Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]

Vyjadřuje množství tepla, které je potřebné k ohřátí 1 kg dané látky o vynaložené teplotě 1 °C. V případě, že je naměřená hodnota vyšší, tím více je materiál odolný vůči kolísání teplot. [39]

4.2 Nejpoužívanější tepelné izolace

Nejpoužívanější tepelné izolace podle Ing. Michala Krause

Z podnětu Michala Krause byla provedena studie [30]. Tato studie se zabývala analýzou oblíbenosti tepelných izolací obvodových stěn. Byl testován vzorek obsahující 150 objektů, které byly předmětem výzkumu a splňovaly určené požadavky. Mezi tyto požadavky patřily výstavby provedené v letech 2004 až 2014, stavby musely být jednopodlažní, vícepodlažní nebo podle druhu konstrukce. Ve výběrovém souboru bylo obsaženo 42 % zděných objektů a 47,33 % objektů ze dřeva.

Z výzkumu vyplynulo, že v roce 2014 byl nejpoužívanější expandovaný polystyren jako tepelná izolace pro efektivní energetické výstavby. Dále se běžně používala ve výstavbách minerální vlna. Například firma Isover nabízí tepelné izolační výrobky a mezi tyto produkty patří expandovaný polystyren (na obrázku č. 16) a také minerální vlna (na obrázku č. 17). Měřitelné parametry produktů ISOVER jsou zobrazeny v tabulce č. 14.



Obrázek 16 - Expandovaný polystyren ISOVER SOKL 3000 [40]



Obrázek 17 - Minerální vlna ISOVER FASSIL [41]

Tabulka 14 - Parametry produktu - ISOVER SOKL A ISOVER FASSIL; Zdroj: Isover.cz [40][41]

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]	Objemová hmotnost ρ [kg/m^3]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m^2 (bez DPH)
ISOVER SOKL	0,035	23-25	5	1 270	30-70	112,20 Kč
ISOVER FASSIL	0,036	50	5	800	-	125 Kč

4.3 Nejpoužívanější tepelné izolace v roce 2019

Odborný článek Jiřího Hejhálka poukazuje na používané tepelné izolace v roce 2019 [42]. Výzkum se nevěnuje jenom přírodním materiálům, ale zobrazuje i minerální vláknité a pěnové materiály. Výzkum byl zaměřen na materiály s nejnižší tepelnou vodivostí, která znázorňuje kvalitu daného materiálu.

Stále se nejběžněji používá expandovaný polystyren (EPS), jedná se o polymerní pěnu, která se řadí mezi pěnové tepelně izolační materiály. Mezi další používané materiály tohoto typu patří pěnový polyuretan (PUR), extrudovaný polystyren, pěnové sklo atd. Mezi výhody těchto materiálů patří příznivá cena. Tepelná vodivost expandovaného polystyrenu se pohybuje od $\lambda = 0,037 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ a nejnovějším typem EPS je šedý polystyren, který se vyznačuje tepelnou vodivostí $\lambda = 0,032 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Pěnový polyuretan má jednu z nejlepších tepelně izolačních vodivostí s hodnotou $\lambda = 0,023 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Z nerostných materiálů, jako jsou například křemen nebo čedič, lze vytvořit tavením minerální vlnu, která se také řadí mezi nejpoužívanější tepelné izolace. Znázorňuje bilanci mezi cenou a kvalitou. Významnou charakteristikou minerální vlny je nízký difuzní odpor, tudíž propouští vodní páru ven. Hodnota tepelné vodivosti se pohybuje kolem $\lambda = 0,035 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Mezi přírodní materiály používané jako tepelné izolace lze zařadit konopí, celulózu a slámu. Konopí se používá zejména pro svoji rychlou obnovitelnost, nevyžaduje velkou péči ani chemické ošetření. S tepelnou vodivostí $\lambda = 0,04 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, může konopí nahradit minerální vlnu. Tepelné izolační materiály z celulózy jsou vyráběny z recyklovatelného novinového papíru a zatím se používají v zahraničí. Obliba slámy pro stavební účely opět roste.

4.4 Porovnání hodnot stavebních materiálů

V tabulce č. 15 si lze porovnat hodnoty, kterými disponují všechny zmíněné stavební materiály. Ovčí vlna konkuruje především svou příznivou cenou oproti ostatním materiálům. Vyniká tepelně izolačními vlastnostmi, jejíž hodnota se pohybuje v rozmezí $\lambda = 0,038\text{-}0,050 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Tudíž je ovčí vlna skoro rovnocenným soupeřem uměle vytvořených izolací, např. ISOVER FASSIL – minerální vlna, jejíž hodnota tepelné vodivosti se pohybuje od $\lambda = 0,036 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

Tabulka 15 - Porovnání všech zmíněných stavebních materiálů

Výrobek	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/mK]	Objemová hmotnost ρ [kg/m ³]	Izolační tloušťka v cm	Měrná tepelná kapacita c [J/kgK]	Faktor difuzního odporu μ [-]	Cena za m ² (bez DPH)
Ovčí vlna	0,038-0,05	13-30	-	-	1-2	4-15 Kč/kg
Isolena Block	0,042	14	3-16	-	1	100,92-538,24 Kč
Isolena Optimal	0,0385	18	3-14	-	1	129,63-604,94 Kč
Isolena Premium	0,0359	20	8-30	1 760	1	403,68- 1 513 Kč
Isolena Klemmfilz	0,0339	30	3-30	-	1	155,52-414,72 Kč
Nepálené cihly	0,723	1 680	12/25	1	5/10	38,40 Kč/ks
Čedič	2,9	2 880	-	880	-	-
Pískovec	0,9-1,7	1 800-2 600	-	720	23	od 865 Kč
Omítka vápenná	0,88	1 600	-	840	6	79 Kč/5 kg
Dřevovláknité desky	0,038-0,050	250	24	1 380	2-12,5	100-333,20 Kč
Sláma v balících	0,050-0,080	80-120	35-40	-	10-13	15-40 Kč/ks
Sláma foukaná	0,050-0,060	67-100	-	-	1,1-3	-
Sláma v deskách	0,099-0,102	379	30-35	-	9,7-13	245-295 Kč
Len v deskách	0,037-0,039	32	-	1 550	1,1-3	78-312 Kč
Konopné desky	0,040-0,045	30-100	3-22	1 600	1,1-2	102-748 Kč
ISOVER SOKL 3000	0,035	23-25	5	1 270	30-70	112,20 Kč
ISOVER FASSIL	0,036	50	5	800	-	125 Kč

5 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY

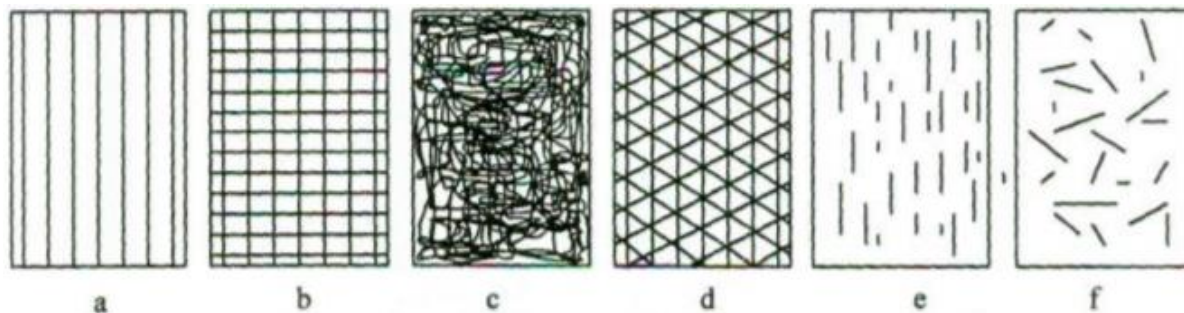
Jedná se o moderní technické materiály, které se skládají ze dvou či více rozdílných materiálů. Kompozit je tvořen ze spojitě a nespojitě fáze. Spojitou fází tvoří matrice, kterou jsou spojeny veškeré komponenty kompozitu v jeden celistvý celek. Nespojitou fází tvoří vyztužovací materiál, který je v kompozitu obsažen ve větším množství než matrice. [43] [44]

5.1 Matrice

Jedná se o surovinu, která je potřebná k vytvoření kompozitu, jejímž úkolem je zajištění geometrické polohy vláken a tvarové stálosti kompozitu, přenos namáhání na vlákna, přenos namáhání z vlákna na vlákno a ochrana vlákna před vlivy okolí. Mezi používané matrice patří nevyztužená nenasycená polyesterová pryskyřice vytvrzovaná za studena, nenasycená polyesterová pryskyřice vytvrzovaná za tepla, nevyztužená epoxidová pryskyřice vytvrzovaná za tepla, Polypropylen a Polyéteréterketon. [43]

5.2 Vyztužující vlákna

Vyztužující vlákna jsou důležitou součástí vláknového kompozitu, která jsou specifická vysokou pevností. Mezi tato vlákna patří zejména skleněná vlákna, aramidová vlákna, uhlíková vlákna, přírodní vlákna – len, konopí, sisal, juta, ramie a bavlna. Charakteristické příklady uspořádání vláken v kompozitech jsou na obrázku č. 18. [44]



Obrázek 18 - Příklady uspořádání vláknové výtzuže v kompozitech: a) jednosměrné uspořádání, b) dvousměrné vyztužení (tkanina), c) náhodná orientace vláken, d) víceosá výtzuž z kontinuálních vláken, e) krátká vlákna jednosměrně orientovaná, f) krátká vlákna s nahodilou orientací [45]

5.3 Synergický efekt

„Jako synergický efekt označujeme efekt, kdy dochází v kompozitu ke kombinaci pozitivních vlastností jeho složek tak, že celek přesahuje poměrný součet složek. Zpravidla se snažíme připravit kompozitní materiály tak, aby v nich byl synergický efekt co nejsilnější, a to především u těch vlastností, na kterých nám nejvíce záleží,“ popisuje synergický efekt pan Karel Daďourek v knize *Kompozitní materiály – druhy a jejich použití*. [3]

5.4 Požadavky na kompozity

Kompozitní materiály z několika rozdílných materiálů se vytvářejí pro jejich speciální vlastnosti nebo ke zdokonalování vlastností daného kompozitu. Ve stavebním průmyslu se na kompozity kladou různorodé požadavky, které by samy obyčejné materiály těžko splnily.

Mezi některé požadavky patří: zvýšení tuhosti, pevnosti, rozměrové stability, teplotní stability, mechanického tlumení, chemické nebo korozní odolnosti, dále snížení nasákavosti, negativního dopadu na životní prostředí, redukce hmotnosti a ceny a udržení pevnosti a tuhosti při vysoké teplotě. [3]

5.5 Technologie výroby kompozitů

Způsob technologie výroby je důležitý pro konečné vlastnosti kompozitu a také z hlediska ekonomiky a životního prostředí. Výrobce zvolí vhodnou technologii podle svých možností a kritérií, které jsou kladeny na výrobu, např. sériovost, velikost a hmotnost, kvalita povrchu, požadované vlastnosti a limit

nákladů. Mezi používané technologie patří ruční kladení, lisování pomocí vakua, vakuové prosycování, odlévání, RTM, VARTM a tažení. [46]

Ruční kladení

Jedná se o nejstarší a nejjednodušší technologii k výrobě kompozitu, viz obrázek č. 19. Nejprve se forma ošetří separačním voskem pro snadné vyjmutí kompozitu z formy. Dále je forma ošetřena gelcoatem, který zajišťuje estetickou stránku povrchu a chrání kompozit před okolními vlivy (voda, povětrnost). Po vytvrzení gelcoat se kladou jednotlivé vrstvy výztuže, které se pokryjí rovnoměrně pryskyřicí pomocí nanášecího válečku. Přebytečná pryskyřice a vzniklé vzduchové bubliny se pomocí štetce nebo rýhovaného válečku vytlačují. Následuje vytvrzení kompozitu při pokojové teplotě. Metoda je vhodná jak pro malé, tak i velkorozměrové výrobky, které disponují jednoduššími nebo složitějšími tvary. V praxi se využívá zejména pro výrobu prototypů, proto tato metoda byla vybrána v experimentální části pro výrobu jednoho kompozitu. [46]



Obrázek 19 - Ruční kladení [46]

6 Měření zápachu

6.1 Historie

Proces měření zápachu byl poprvé zahájen v zemích, které byly vyspělé v zemědělském průmyslu, nebo velké ČOV (Amerika, Kanada, Austrálie, Nizozemí) v roce 1970. První zkušenosti s měřením pocházejí z oblasti ČOV, která je s dalším rozvojem poznatků významným zdrojem zápachu. Dříve se uplatňovala teorie, že zápach je neškodný k lidskému zdraví. Po provedení několika měření a sledování pachu se zjistilo, že zápach má vliv na zdraví obyvatelstva. Během výskytu zápachu může u lidí docházet k žaludečním problémům, tzv. nechutenství, zvracení apod. V případě dlouhodobého výskytu by mohl zápach ovlivňovat např. náladu, emoce a imunitní systém. Stížnost na znečišťování ovzduší patří k nejběžnějším stížnostem ve vyspělých zemích, a i v ČR. [47]

6.2 Proces měření

Probíhá pomocí olfaktometrického měření, kde je vzorku respondentů předložen vzorek vzduchu, obsahující zápach, který je v určitém poměru smíchán se vzduchem bez zápachu. Přístroj umožňující toto měření se nazývá Olfaktometr, který dokáže rozpoznat, zda je například respondent hladový, nemocný a vystresovaný. Když se výsledky zkoušky pohybují jinde, než kde je průměr, pak musí být respondent nahrazen náhradníkem. Proces měření je zachycen na obrázku č. 20. [47] [48]



Obrázek 20 - Měření pomocí olfaktometru [47]

6.3 Odběry vzorků

„Vzorky se odebírají do nalophanových vaků (polyethylentereftalát) o objemu 5 l. Vzorky jsou pro jedno použití. Vzorek se vloží do vzduchotěsné nádoby. Ústí vzorku je spojeno s odběrovou sondou, která je zavedena do komínu nebo vzduchotěsného potrubí. Poté je z nádoby odčerpáván vzduch. Vzniklým rozdílem tlaků se vak plní plynem ze zdroje. Před a po odběru vzorku se provede měření stavových veličin a rychlost proudění odebíraného plynu. Tyto jsou potřebné pro kontrolu provozu zdroje a pro výpočet objemového množství odpadního plynu. Odebrané vaky jsou do 30 h analyzovány v olfaktometrické laboratoři podle ČSN EN 13725 [49].“ uvádí na svém portálu autorizovaná měřicí skupina a laboratoř Odour. Na obrázcích č. 21 a č. 22 je vyobrazeno vzorkování na plošných zdrojích. [47]



Obrázek 21 - Vzorkování na plošném zdroji [47]



Obrázek 22 - Vzorkování na plošném zdroji [47]

7 PRAKTICKÁ ČÁST

V této části práce se pracuje s ovčí surovou vlnou, která byla poskytnuta pro experimentální účely zcela zdarma. Testovaný materiál je získán z ovčí Clun Forest, které mají holandský původ. Z historického hlediska jsou vyrobeny vzorky s použitím ovčí surové vlny, která bude mít nahodilé uspořádání vláken v kompozitech. Následně budeme u těchto vzorků testovat jejich zápach.

7.1 Vzorek ze samotvrdnoucí hmoty

Pro výrobu vzorku použijeme samotvrdnoucí modelovací hmotu značky JOVI, viz obrázek č. 23. Balení obsahuje 500 g modelovací hmoty v barvě terakotové či hnědé. K sehnání je na webovém portálu SEVT v hodnotě 55 Kč, ale také i v kamenných obchodech specializujících se v daném oboru. Hmota je dostupná v různých barevných provedeních dle Vašich potřeb.



Obrázek 23 - JOVI samotvrdnoucí modelovací hmota

Před vyjmutím hmoty z obalu si připravíme podložku, na kterou hmotu položíme, abychom neznečistili povrch. Zpracovanou hmotu rozdělíme na 2/3 a 1/3. Na obrázku č. 24 je zobrazeno vymodelování formy z 2/3 hmoty v podobě cihly se čtyřmi úložnými prostory pro výplň. Pro výplň byla zvolena surová vlna, jak je patrné z obrázku č. 25. Množství vlny obsažené v jedné ze čtyř úložných prostorů je zhruba maximální množství, které lze uchopit do jedné dlaně. Hmota z 1/3 se rozválí v rovnoměrnou plochu, kterou se výplň ze surové vlny zakryje, aby se zabránilo nepříjemnému zápachu.



Obrázek 24 - Modelace formy



Obrázek 25 - Vyplnění formy surovou vlnou

Na obrázcích č. 26 a č. 27 lze vidět zhotovený vzorek připravený k procesu schnutí. Uvedená doba schnutí na obalu modelovací hmoty je 24 hodin. Vzorek byl uložen v pokoji při pokojové teplotě přibližně kolem 20 °C.



Obrázek 26 - Zhotovený vzorek



Obrázek 27 - Zhotovený vzorek z boční strany

Jak už bylo zmíněno, uvedená doba schnutí modelovací hmoty značky JOVI je 24 hodin. V našem případě schnutí vzorku v podobě cihly trvalo více než 24 hodin, přibližně 72 hodin. V průběhu schnutí byla cihla průběžně otáčena, aby strany schnuly rovnoměrně. Na obrázcích zobrazené níže lze vidět cihlu po procesu schnutí. Na obrázcích č. 28 a č. 29 lze vidět vzorek z vrchní a spodní strany. Na obrázcích č. 30 a č. 31 je pohled z bočních stran.



Obrázek 28 - Vzorek po schnutí (vrchní str.)



Obrázek 29 - Vzorek po schnutí (spodní strana)



Obrázek 30 - Vzorek po schnutí (šířka)



Obrázek 31 - Vzorek po schnutí (délka)

Vzorek ze samotvrdnoucí hmoty je na první omak velmi pevný a hrubý. Po čichové stránce z blízkosti lze vycítit lehce nepříjemný zápach, způsobený surovou vlnou. Ale nejedná se o příliš výrazný zápach, zápach je patrný pouze při čichání z blízkosti.

7.2 Vzorek z vápna

K přípravě dalšího vzorku z vlněného rouna byl použit vápenný hydrát. Vápno je jedno z nejstarších pojiv, které se používalo celá staletí, především na stavební omítku. Pro výrobu vzorku budeme používat bílé vápno hašené, zejména pro jeho snadnou přípravu. Na obrázku č. 32 je vyobrazeno balení vápna s názvem „ČERTÁK“ od firmy Vápenka Čertovy schody a.s. Balení bylo zakoupeno v pětikilogramovém provedení. Na zadní části balení vápna jsou zobrazeny tři možnosti použití vápna, viz obrázek č. 33. Pro vzorek z vápna byla zvolena poslední možnost, a to výroba pro štuk. Suroviny pro výrobu štuky se skládají z písku (1-2 díly), vody a ze samotného vápna (1 díl).



Obrázek 32 - Bílé hašené vápno Obrázek 33 - Zadní strana balení

Pro náš experiment byla surová ovčí vlna přimíchána do štku ze zmíněných položek. Vytvořeny byly dvě odlišné směsi pro dva vzorky. Jako odměrka dobře posloužil kelímek od jogurtu, např. Pierot (175 g) od firmy Olma.

1. Vzorek – v malé formě

Pro první vzorek bylo zvoleno toto složení:

- 4 kelímky vápna
- 5 kelímků písku
- 3 kelímky vody
- 2 hrsti surové vlny

2. Vzorek – ve velké formě

Pro první vzorek bylo zvoleno toto složení:

- 4 kelímky vápna
- 3 kelímky písku
- 3 kelímky vody
- 4 hrsti surové vlny

Výroba probíhala ve venkovním prostředí při teplotách v rozmezí 15-18 °C. K výrobě štku bylo využito starého kbelíku, který se v domácnosti nevyužíval, viz obrázek č. 34. Suroviny byly přidávány pomocí misky od jogurtu Pierot. Dále byl pro proces míchání použit klacek ze zahrady. Míchání probíhalo do charakteristické struktury štku. Štuk v konečné podobě je zachycen na obrázku č. 35. Po procesu míchání následovalo plnění forem štukem pro dva vzorky. Podkvětináčové misky ve dvou variantách posloužily jako forma. Samotná práce se surovou ovčí vlnou byla náročnější pro dokonalé promíchání, ale jinak všechno probíhalo dle představ.



Obrázek 34 - Proces míchání



Obrázek 35 - Štuk s ovčí vlnou

Na obrázku č. 36 je vyobrazen první vzorek ve formě. Vzorek schnul ve venkovním prostředí přibližně 24 hodin a několik hodin byl vystaven na slunci. Následně byl vzorek vyjmut z formy a ořezán do podoby cihly. Na obrázcích č. 37-39 je zobrazen finální vzorek s rozměry 6x12 cm a tloušťkou 2,5 cm.



Obrázek 36 - Vzorek č. 1 ve formě



Obrázek 37 - Finální vzorek č. 1



Obrázek 38 - Finální vzorek č. 1



Obrázek 39 - Finální vzorek č. 1

Na obrázku č. 40 je zobrazen vzorek č. 2 ve formě, který je oproti vzorku č. 1 větší. Stejně jako vzorek č. 1 byl vzorek č. 2 vystaven slunečnímu záření a okolním vlivům. Doba schnutí je odlišná od vzorku č. 1, z důvodu rozdílné formy, která byla ve větší velikosti. Proces schnutí trval přibližně 28 hodin. Na obrázcích č. 41-43 je zobrazen finální vzorek s rozměry 6x12 cm a tloušťkou 3 cm.



Obrázek 40 - Vzorek č. 2



Obrázek 41 - Vzorek č. 2



Obrázek 42 - Finální vzorek č. 2



Obrázek 43 - Finální vzorek č. 2

Porovnání:

- Vzorek č. 1 méně zapáchá, kvůli menšímu podílu přidané ovčí surové vlny.
- Vzorek č. 2 se oproti vzorku č. 1 méně drolí, jelikož je zde větší podíl surové ovčí vlny, která vše drží hezky pohromadě.

7.3 Výroba geopolymerních vzorků s ovčí vlnou

K přípravě geopolymerních vzorků byly použity přístroje:

- **Digitální váha CAS SW 15-5DR:** rozsah 0-5 kg, přesnost 1 g
- **Stojanové míchadlo Heidolph RZR 2020:** rozsah otáček 35 až 2 200 za minutu, výkon 18 W a kroutící moment 1 Nm
- **Vibrační vysokofrekvenční stolek VSB 15:** plocha stolku 250 x 250 mm, 11 500 otáček za minutu, časový spínač

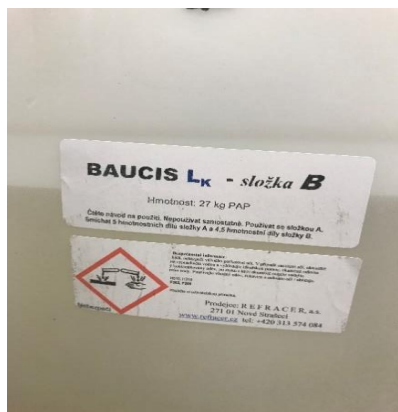
Procentuální podíl jednotlivých složek použitých při výrobě geopolymerních vzorků je znázorněn v tabulce č. 16.

Tabulka 16 - Materiály použité k výrobě geopolymerních vzorků

Složka	Procentuální podíl jednotlivých složek
Cement Baucis Lk	50,45 %
Aktivátor Baucis Lk	44,90 %
Vlákna	2,16 %
Hliníkový prášek	2,49 %

Zdroj: Katedra hodnocení textilií, TUL.

Tři materiály použité k výrobě geopolymerních vzorků jsou zobrazeny na obrázcích č. 44-46.



Obrázek 44 - Aktivátor Baucis

Obrázek 45 - Cement Baucis

Obrázek 46 - Hliníkový prášek

Výroba vzorku probíhala v laboratoři v TUL a za pomoci odborného pracovníka. Podle metody ručního kladení byly vzorky zhotoveny. Tato metoda je popsána v teoretické části. Nejprve bylo nalito přesné množství aktivátoru Baucis LK do nádoby stojanového míchadla Heidolph RZR 2020, viz obrázek č. 39. Do kapalné složky bylo přidáno přesně odvážené množství Baucis LK. V míchadle byly obě složky důkladně promíchány po dobu 5 minut. V následujícím kroku bylo přidáno určité množství vláken. Směs se opět po dobu 5 minut promíchala v míchadle. Poslední krok procesu výroby obsahoval přidání hliníkového prášku a následovalo míchání, ale jen po dobu 30 sekund. Po dokončení míchání byla vyrobená směs nalita do předem připravených forem opatřených separačním voskem pro snadné vyjmutí kompozitu z formy. Forma byla umístěna na vibračním zařízení, které zajistí rovnoměrné rozptřetí hmoty ve formě a odstranění vzduchových bublin. V dokončovací fázi se vzorky obrousily pomocí příslušného zařízení.

Vzorky se vyrobily s obsahem 2,5 % hliníku, 5 % hliníku a následně s 7,5 % a 0 % hliníku, nicméně postup výroby u všech vzorků byl stejný, jen se lišil obsahem hliníku. Vlna ve vyrobených vzorcích degradovala.

Porovnání:

Vzorky s obsahem **2,5 % hliníku** se postupem času drotily a nebyly by vhodné pro stavební kompozit.

Vzorky s obsahem **5 % hliníku** už na tom byly podstatně lépe, nedrolily se a držely celistvý tvar vzorku.

Vzorky s obsahem **0 % hliníku** dopadly nejhůře, jelikož bez hliníku vzorky nedržely tvar.

Vzorky s obsahem **7,5 % hliníku** měly celistvý tvar a byly by vhodné pro stavební kompozit.

7.4 Vzorek z montážní pěny

Pro vzorek z PU montážní pěny byla vybrána pěna značky ProGold v provedení 500 ml. Jedná se o jednoduchou přípravu v domácím prostředí, kde je potřeba pouze formy pro vzorek. Využito bylo staré krabice, která byla ideální svou velikostí. Tento vzorek se liší od ostatních vzorků výchozí surovinou, která je uměle vytvořená. Tento způsob výroby poukazuje na novodobější metodu izolace, kterou zvládne jak profesionál, tak i začátečník v tomto odvětví. Cílem výroby vzorku bylo zakomponovat surovou vlnu do montážní pěny.

Montážní pěna ProGold je k sehnání v kamenném obchodě Dům barev nebo také v jiných specializovaných prodejnách či e-shopu. Dostupný je v provedení 500 ml, který můžete vidět na obrázku č. 47 nebo také v provedení 750 ml. Cena zařízení je 119 Kč. Využívá se pro vyplňování prostorů ve zdech, izolace potrubních systémů, zateplování střešních systémů a okenních a dveřních rámu.



Obrázek 47 - PU Montážní pěna ProGold

Samotný proces výroby vzorku se surovou vlnou probíhal velmi rychle. Nejprve se rozvolní surová vlna na rouno, které můžete vidět na obrázku č. 48. Formu z krabice je potřeba si vypodložit pečicím papírem, aby hmota montážní pěny nepřilnula ke krabici. Následně se protřepe nádoba s pěnou a následně byla nasazena pomůcka na vrchol nádoby pro lepší aplikování pěny. Pěna byla nanášena postupně v ploše formy, jakmile byla celá plocha formy pokryta pěnou, tak bylo vlněné rouno vloženo do pěny. Samotná pěna rychle tuhla a nebylo zcela možné do ní zapracovat vlnu. Proto se v následujícím kroku udělala další vrstva montážní pěny na rouno, viz obrázek č. 49. V neposlední řadě byl vzorku dopřán čas na vytvrzení montážní pěny. Čas potřebný k vytvrzení pěny dosahoval zhruba 2 hodin. Vzorek ve formě před vytvrzením a po uplynutí dvou hodin, viz obrázky č. 50 a č. 51.



Obrázek 48 - Vlněné rouno



Obrázek 49 - Třetí vrstva z PU pěny



Obrázek 50 - Vzorek před vyt.



Obrázek 51 - Vzorek po vytvrnutí

Na obrázcích č. 47 a č. 48 jsou finální vzorky z PU montážní pěny s přidanou surovou vlnou. Vzorky na první pohled vypadají zajímavě. Znát jde i charakteristický zápach po nevyprané vlně, jelikož vlna není nijak uzavřena ve vzorku. Na obrázku č. 52 je vzorek bez třetí vrstvy, tedy bez montážní pěny. Vlna je jen zlehka přichycena na montážní pěnu. Na obrázku č. 53 je vzorek se třetí vrstvou v podobě montážní pěny. Vlna drží díky přichycení několika vláken na spodní a horní vrstvě z pěny, stejně jako u vzorku bez třetí vrstvy.



Obrázek 52 - Vzorek bez třetí vrstvy



Obrázek 53 - Vzorek se třetí vrstvou

7.5 Úprava ovčí surové vlny

Z důvodu stále zapáchající surové vlny lze doporučit její vyprání s ohledem na její použití. Proces úpravy vlny byl proveden na základě zkušeností jedné z uživatelů blogu Fler [12], který lze uplatnit v domácích podmínkách a je šetrný k životnímu prostředí. Představme si dva způsoby úpravy ovčí vlny: čištění surové vlny pouze pitnou vodou a pitnou vodou obsahující jedlou sodu. Jedlé sody se v tomto procesu využívá pro její odmašťující schopnosti.

Přejdeme k první fázi procesu úpravy, která obsahuje odstranění hrubých nečistot, které jsou obsaženy v ovčí vlně. Na obrázku č. 54 je znázorněno odstranění hrubých nečistot, které jsou odděleny v igelitovém sáčku. Surová vlna zbavená hrubých nečistot je zobrazena na obrázku č. 55. Po této fázi se můžeme přesunout k přípravě a k samotnému čištění surové vlny.



Obrázek 54 - Odstranění hrubých nečistot

Obrázek 55 - Surová vlna zbavená hrubých nečistot

V prodejně Albert byly zakoupeny dva produkty jedlé sody, které jsou vyobrazeny na obrázku č. 56, soda od firmy Labeta 50 g a soda od společnosti Albert 50 g. Pro tento proces bylo využito dvou nádob od jogurtů a jedné pet lahve. Do každé z těchto zmíněných nádob bylo odměřeno 300 ml pitné vody. Pouze do nádob od jogurtů byla rozmíchána jedlá soda v pitné vodě pomocí hliníkové lžice. Připravené nádoby pro proces čištění jsou k vidění na obrázku č. 57.



Obrázek 56 – Jedlé sody

Obrázek 57 - Nádoby pro proces čištění

Surová vlna zbavená hrubých nečistot byla vložena po třech hrstech do připravených nádob. Následně se každá nádoba s ovčí vlnou důkladně promíchala. Na obrázku č. 58 jsou vidět tři nádoby, obsahující ovčí vlnu. Podle článku z Fler BLOG je doporučeno nechat vlnu louhovat přes noc, aby uvolnila své nečistoty. [12]



Obrázek 58 - Nádoby obsahující ovčí vlnu

Jakmile doporučený čas pro louhování uplynul, vlna byla následně vyjmuta z nádob, vyždímána a potom uložena do suchých nádob pro proces schnutí. Nádoby obsahující tekutinu s nečistotami uvolněné ze surové vlny jsou znázorněny na obrázku č. 59. Lze vypožorovat, že nádoby s obsahem jedlé sody jsou

více zabarvené oproti nádobě pouze s pitnou vodou. Konečný výsledek procesu úpravy ovčí vlny je zachycen na obrázku č. 60, kde jsou jednotlivé nádoby s vypranou a vysušenou ovčí vlnou.



Obrázek 59 - Nádoby obsahující nečistoty Obrázek 60 - Ovčí vlna po procesu úpravy

7.6 Vzorky z upravené ovčí vlny

7.6.1 Vzorek ze samotvrdnoucí hmoty

Pro tento vzorek se vycházelo ze stejných postupů jako při výrobě vzorků ze samotvrdnoucí hmoty se surovou vlnou. V tomto případě byla použita upravená ovčí vlna pomocí jedlé sody (Albert), tzv. zbavená nečistot a do jisté míry i zápachu. Na obrázcích č. 61-63 je zachycen postup při výrobě vzorku. Proces schnutí opět trval déle, než je uveden na obalu samotvrdnoucí hmoty, tudíž déle jak 24 hodin. Na obrázku č. 64 a č. 65 je zobrazen konečný vzorek.



Obrázek 61 - Modelace formy Obrázek 62 – Výplň z ovčí vlny Obrázek 63 - Proces schnutí



Obrázek 64 - Konečný vzorek z upravené vlny Obrázek 65 - Konečný vzorek z upravené vlny

7.6.2 Vzorek z vápna

Při přípravě vzorků bylo opět využito bílé hašené vápno „Čerták“ od firmy Vápenka Čertovy schody a.s. Výroba probíhala obdobně jak při přípravě vzorků se surovou vlnou. Vzorek se skládá ze čtyř komponentů, a to z vody, bílého hašeného vápna, upravené vlny a písku. Pro odměření jednotlivých surovin posloužil kelímek od jogurtu Pierot (175 g) od firmy Olma a v tomto případě jsme využili kelímky i pro formu.

1. Vzorek z upravené vlny pomocí pitné vody

Pro první vzorek jsme zvolili toto složení:

- 2,5 kelímku pitné vody
- 4 kelímky vápna
- 3 hrsti vlny
- 3 kelímky písku

2. Vzorek z upravené vlny pomocí jedlé sody (Labeta)

Pro druhý vzorek jsme zvolili toto složení:

- 2,5 kelímku vody
- 4 kelímky vápna
- 3 hrsti vlny
- 3 kelímky písku

Na obrázku č. 66 jsou dvě formy od kelímku Pierot naplněné naší směsí s použitím vápna. První vzorek je postaven vpravo a druhý vzorek na levé straně. Vzorky byly přes den vystaveny slunečnímu záření, viz obrázek č. 67. Finální vzorky po procesu schnutí jsou zobrazeny na obrázcích č. 68 a č. 69.



Obrázek 66 - Vzorky z vápna a upra. vl. Obrázek 67 - Vzorky vystavené slunečnímu záření



Obrázek 68 - Vzorek z v. – úpr. pit. v. Obrázek 69 - Vzorek z vápna - úprava jedlou sodou

7.6.3 Vzorek z vápna bez použití ovčí vlny

Onen vzorek byl vyroben pro porovnání zápachu s ostatními vzorky z vápna, které obsahují určité množství surové ovčí vlny nebo upravené ovčí vlny. Výroba vzorku odpovídá předcházejícím postupům, tudíž se skládá ze tří komponentů: vápna, vody a písku.

Na vzorek z vápna bez použití ovčí vlny bylo použito toto složení:

- 2 kelímky vody, 3 kelímky vápna a 2 kelímky písku

Na obrázku č. 70 je zachycen proces schnutí, kde na vzorek působí sluneční záření. Hotový vzorek z vápna je na obrázku č. 71.



Obrázek 70 - Vzorek z vápna - Proces schnutí

Obrázek 71 - Vzorek z vápna bez použití ovčí vlny

8 MĚŘITELNÝ PARAMETR

8.1 Zápach

Z důvodu použití surové vlny, která nepříjemně zapáchá v suchém i v mokřém stavu, je důležitá čichová zkouška. Tato zkouška se provádí pomocí speciálních „čičačů“ a olfaktometru ČSN EN 13725 [49], který dokáže rozpoznat, zda je například respondent hladový, nemocný a vystresovaný. Jelikož výsledky zkoušky se pohybují jinde, než kde je průměr, pak musí být respondent nahrazen náhradníkem. V našem případě respondenti budou studenti, kteří budou vybráni pomocí náhodného výběru nebo dle našeho úsudku. [48]

8.1.1 Měření zápachu

Měření probíhalo pomocí sémantického diferenciálu, který je ohraničen dvěma póly s opačným významem charakteristik. V našem případě je sémantický diferenciál ohraničen takto: nezapáchá - zapáchá. Stupnice na hodnocení vzorků je od 1 do 5, tuto stupnici lze vidět v tabulce č. 17. Vzorky jsou hodnoceny pomocí respondentů jako veřejných osob, které mají v pořádku čichací ústrojí. Finální tabulka, která byla předložena respondentům pro hodnocení vzorků, je znázorněna v tabulce č. 18.

Tabulka 17 - Sémantický diferenciál

	1	2	3	4	5	
nezapáchá						zapáchá

Tabulka 18 - Tabulka pro hodnocení zápachu ovčí vlny

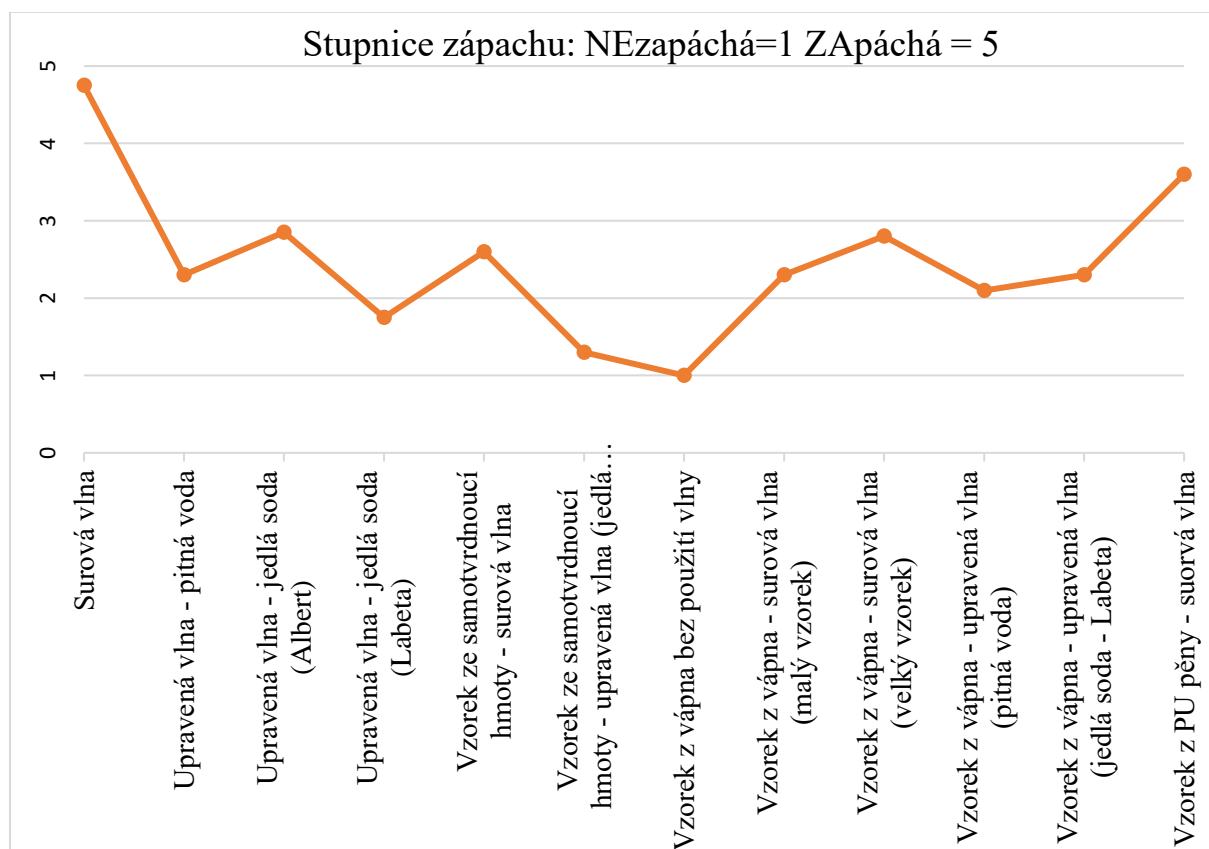
	1	2	3	4	5	
Nezapáchá	-	-	-	-	-	zapáchá
Surová vlna						
Upravená vlna – pitná voda						
Upravená vlna – jedlá soda (Albert)						
Upravená vlna – jedlá soda (Labeta)						
Vzorek ze samotvrdnoucí hmoty – surová vlna						
Vzorek ze samotvrdnoucí hmoty – upravená vlna (jedlá soda - Albert)						
Vzorek z vápna bez použití ovčí vlny	X					
Vzorek z vápna – surová vlna						
Vzorek z vápna – upravená vlna (pitná voda)						
Vzorek z vápna – upravená vlna (jedlá soda – Labeta)						
Vzorek z PU pěny – surová vlna						

8.1.2 Proces měření a hodnocení zápachu

Vyrobené vzorky, obsahující surovou nebo upravenou ovčí vlnu, byly testovány z hlediska zápachu, který je důležitý pro komfort spotřebitele. Jednotlivé vzorky byly uzavřeny v igelitovém sáčku a následně předloženy respondentům. Měření se zúčastnilo 20 respondentů, kteří byli vybráni dle náhodného výběru. Respondentům byla předložena tabulka, ve vytištěné podobě, obsahující hodnocení jednotlivých vzorků pomocí sémantického diferenciálu. Při vyplňování se hodnota značila písmenem „X“.

Měření se zúčastnilo 10 žen a 10 mužů, kterým byly ve stejném pořadí podávány vzorky k určení jejich zápachu nebo nezápachu.

Jako první byly testované vzorky samotné surové vlny, následně ovčí vlna upravená pomocí pitné vody a jedlé sody. Zápach surové vlny respondenti hodnotili nejčastěji hodnotou 5, která vyjadřuje na stupnici nejvyšší hodnotu zápachu, viz obrázek č. 72. Z hodnocení respondentů surové vlny vyplývá, že pro hodnotu 5 hlasovalo 15 respondentů a 5 respondentů zvolilo hodnotu 4.



Obrázek 72 - Hodnocení zápachu

Z upravených vzorků ovčí vlny nejlépe vyšla v hodnocení upravená vlna pomocí jedlé sody od firmy Lábeta. Z hodnocení respondentů je patrné, že dokonce pěti respondentům vzorek nezapáchal. Ostatních 15 respondentů uvedlo hodnotu 2, která disponuje mírným zápachem. Druhý nejlépe hodnocený vzorek z upravené vlny je úprava pomocí pitné vody, kde 14 respondentů určila zápach hodnotou 2 a 4 respondenti hodnotou 3, která znázorňuje už znatelný zápach ovčí vlny. Nejhůře podle respondentů dopadla upravená ovčí vlna pomocí jedlé sody od společnosti Albert, kde 15 respondentů hodnotilo zápach hodnotou 3, ale pro 4 respondenty byl zápach hodnocen hodnotou 2. Ovšem jeden jedinec hodnotil hodnotou 4, tudíž mu vzorek hodně zapáchal. Průměr upravených vzorků ovčí vlny je zachycen na obrázku č. 72.

Mezi další testované vzorky, kde jsme měřili zápach, patří dva vzorky zhotovené ze samotvrdnoucí hmoty. Nejlépe byl hodnocen vzorek s upravenou vlnou pomocí jedlé sody od společnosti Albert. I když tato upravená vlna dopadla nejhůře mezi upravenými vzorky s vlnou, tak respondenti hodnotili vzorek velmi kladně. Pro 14 respondentů vzorek vůbec nebyl cítit zápachem vlny a zbylých 6 respondentů hodnotilo hodnotou 2. Vzorek se surovou vlnou dopadl podstatně hůře, kde 12 respondentů určilo zápach hodnotou 3 a 8 respondentů hodnotou 2, jelikož vzorek byl po vlně cítit. Hodnocení je graficky znázorněno na obrázku č. 72.

Domníváme se, že kdybychom použili u vzorku ze samotvrdnoucí hmoty vlnu upravenou pomocí pitné vody nebo jedlé sody od firmy Labeta, tak by byl vzorek hodnocen pouze hodnotou 1.

Čichací zkouška proběhla i u vzorků z bílého hašeného vápna, ze kterého byly zhotoveny tři vzorky s upravenou vlnou pomocí pitné vody a jedlé sody Labeta, třetí vzorek byl zhotoven se surovou vlnou. Abychom měřili pouze zápach vlny, vyrobili jsme pro porovnání ještě jeden vzorek z vápna neobsahující ovčí vlnu. Tento vzorek byl v hodnocení u všech respondentů označen námi hodnotou 1, jelikož nemůže zapáchat po ovčí vlně. Měření vzorků s vápnem bylo pro respondenty velmi obtížné pro určení vhodné hodnoty, jelikož vápno samo o sobě má specifický zápach a jeho malé částice byly během měření respondenty vdechovány.

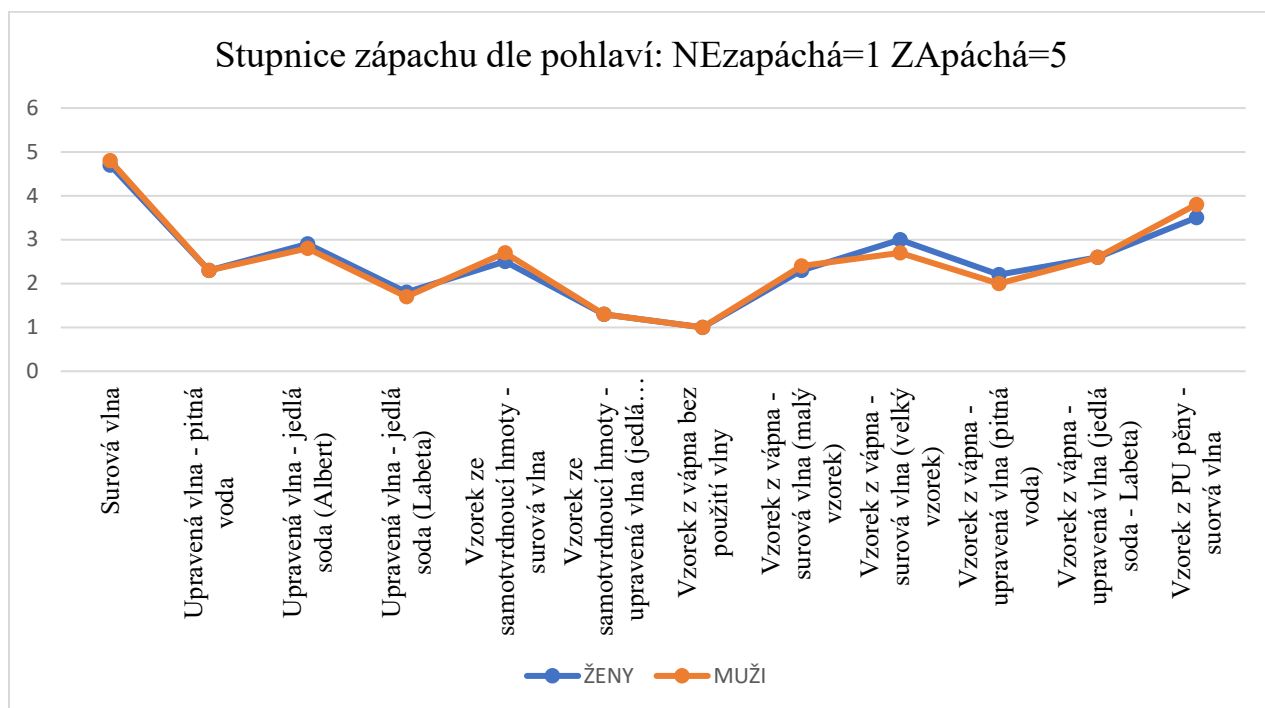
Výsledky měření jsou následující, nejlépe dopadl vzorek s upravenou vlnou pomocí pitné vody, 16 respondentů určilo zápach hodnotou 2, 3 respondenti hodnotou 3 a dokonce jeden respondent hodnotou 1. Druhý nejlépe hodnocen byl malý vzorek se surovou vlnou, který byl hodnocen 14 respondenty hodnotou 2 a 6 respondentů hodnotilo hodnotou 3. Malý vzorek se surovou vlnou obsahuje 2 hrsti ovčí surové vlny, tudíž nejméně ze všech zhotovených vzorků. Třetí dopadl vzorek s upravenou pomocí jedlé sody od firmy Labeta, kde 12 respondentů hodnotilo zápach hodnotou 3 a 8 respondentů hodnotou 2. Je zajímavé, že ovčí vlna upravená jedlou sodou od firmy Labeta byla nejlépe hodnocená oproti surové vlně, upravenou vlnou pomocí pitné vody a jedlou sodou od společnosti Albert. Přitom byl vzorek takto hodnocen, domníváme se, že je to způsobeno působením jedlé sody a vápna dohromady. Poslední skončil velký vzorek se surovou vlnou, kde byl hodnocen zápach 14 respondenty hodnotou 3, 5 respondentů hodnotou 2 a jedním respondentem hodnotou 4. Výsledné průměry hodnocení respondentů lze vidět na obrázku č. 72.

Poslední čichací zkouška probíhala na vzorku z PU pěny. Tento vzorek obsahuje ovčí surovou vlnu, kterou v měření 15 respondentů hodnotilo nejvyšší hodnotou 5. Z hodnocení vyplývá, že pro větší část respondentů vzorek zapáchal, 12 respondentů určilo zápach hodnotou 4. Ostatních 8 respondentů určilo zápach hodnotou 3. Průměr hodnocení onoho vzorku je na obrázku č. 72.

8.1.3 Hodnocení zápachu dle pohlaví

Hodnocení respondentů byla rozdělena podle jejich pohlaví na dvě skupiny, ženy a muži. Výsledky jednotlivých vzorků jsme zprůměrovali a porovnali mezi sebou, viz obrázek č. 73. Muži a ženy hodnotili velice podobně a u některých vzorků i stejně.

Ženy hodnotily surovou ovčí vlnu s průměrem 4,7, tudíž jim o něco méně zapáchala než mužům. Muži hodnotili upravenou ovčí vlnu pomocí jedlé sody od společnosti Albert s průměrem 2,8 a ženy 2,9. Muži hodnotili upravenou ovčí vlnu pomocí jedlé sody od firmy Labeta kladněji s průměrem 1,7 než ženy s průměrem 1,8. Ovšem u vzorku ze samotvrdnoucí hmoty se surovou vlnou ženy hodnotily zápach s průměrem 2,5 a muži 2,7. Další rozdílnou hodnotou ve výsledcích je průměr u vzorků z vápna se surovou vlnou (malý vzorek, velký vzorek). Malý vzorek méně zapáchal ženám s průměrem 2,3 a naopak velký vzorek méně zapáchal mužům s průměrem 2,7. Vzorek z upravené ovčí vlny pomocí pitné vody méně zapáchal mužům s průměrem 2. Poslední rozdílná hodnota ve výsledcích je u vzorku z PU pěny, kde ženy hodnotily zápach kladněji s průměrem 3,5. Ostatní vzorky byly hodnoceny ženami a muži se stejným průměrem, viz obrázek č. 68.



Obrázek 73 - Hodnocení zápachu dle pohlaví

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo navrhnout a realizovat možné způsoby úpravy ovčí vlny pro výrobu stavebních kompozitů, obsahující určité množství ovčí vlny, aby byly vhodné pro izolaci budov a čichově komfortní pro spotřebitele.

V teoretické části byly popsány historické stavební materiály, které naši předci používali k zateplování příbytků. Podrobněji byly v práci představeny vlastnosti ovčí vlny z hlediska jejího využití ve stavbách. Dále byly uvedeny produkty z ovčího rouna a zástupci přírodních a syntetických materiálů jako izolační materiály. Důraz se kladl na ovčí vlnu a přírodní materiály z důvodu ochrany životního prostředí. I když se v roce 2019 nejběžněji používaly kompozity se syntetickým materiálem, které mají příznivou cenu oproti některým přírodním materiálům. Byl proveden průzkum na zjištění vlastností jednotlivých stavebních materiálů, které byly zmíněny v práci a v závěru teoretické části byly porovnány z hlediska jejich hodnot. Z tohoto průzkumu vyplynulo, že ovčí vlna má **velmi příznivou cenu za 1 kg**, kterou může konkurovat syntetickým materiálům a její **tepelná vodivost je srovnatelná** s tepelnou vodivostí minerální vlny, která před rokem patřila mezi nejčastěji používané materiály.

V této práci se hledal způsob, jak využít ovčí vlnu ve stavebním kompozitu tak, aby vzorek nezapáchal, jelikož surová vlna má nepříjemný zápach. V praktické části byly vytvořeny kompozity na základě inspirace z historického hlediska. V historii se po celá staletí používala hlína, která byla využita pro kompozity v podobě samotvrdnoucí modelovací hmoty. Jako pojivové materiály byly ve stavebnictví nejpoužívanější vápno a cement, které posloužily k výrobě vlastních kompozitů. Vzorky byly vyrobeny pouze z přírodních materiálů, aby byly šetrné k životnímu prostředí. Jen jeden vzorek byl vytvořen pro zajímavost ze syntetického materiálu, a to z PU pěny, která se běžně používá pro izolaci v domácnostech. Realizace kompozitu z onoho materiálu dohromady s ovčí vlnou nedopadla podle představ.

Námi zhotovené vzorky se surovou vlnou disponovaly znatelným zápachem po ovčí vlně. Proto se surová vlna vyprala v pitné vodě a v roztoku jedlé sody. Úprava vlny byla šetrná. Použity byly levné prostředky, aby si vlna zachovala příznivé náklady pro stavební kompozit. Další vzorky byly provedeny s upravenou ovčí vlnou, tudíž se opakoval proces výroby vzorků se samotvrdnoucí hmotou a vápnem.

Poslední kapitola v praktické části byla věnována měření zápachu všech vytvořených vzorků, až na vzorky s cementem, u kterých vlna degradovala. Proces měření zápachu probíhal pomocí čičačů, kteří byli vybráni dle náhodného výběru. Měření se podařilo uskutečnit podle představ. Jediným zklamáním bylo pro respondenty určit zápach u vzorků s vápnem, jehož malé částice byly respondenty vdechovány, tudíž bylo složité určit hodnotu zápachu na stupnici sémantického diferenciálu. Naměřeno bylo dvacet hodnot, které byly společně graficky zobrazeny v experimentální části. Respondenti nejlépe hodnotili kompozity ze samotvrdnoucí hmoty s upravenou vlnou pomocí jedlé sody od společnosti Albert. Na druhé místo zařadili vzorek z vápna s upravenou vlnou pomocí pitné vody.

Cíl práce **byl splněn**, jelikož jsme dokázali realizovat možné způsoby úpravy ovčí vlny pro kompozity, které bez úpravy zapáchaly. Úprava vlny pomocí pitné vody a jedlé sody lze v praxi použít. Dva nejlépe hodnocené kompozity by se mohly také v praxi použít, ale je potřeba provést výzkum na zkoumání jejich vlastností.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FALTYS, Jiří. Tepelná izolace z ovčí vlny – výroba, použití. In: *Enviweb.cz* [online]. 23. 11. 2011 [cit. 13. 12. 2019]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/88994>
- [2] CHYBÍK, Josef. *Přírodní stavební materiály*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. 272 s. ISBN 978-80-247-2532-1
- [3] DAĐOUREK, Karel. *Kompozitní materiály – druhy a jejich využití*. 1. vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007. 113 s. ISBN 978-80-7372-279-1
- [4] BODNÁROVÁ, Lenka. *Kompozitní materiály ve stavebnictví*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2002. 121 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-2266-1
- [5] STANĚK, JAROSLAV. *Textilní zbožíznalství, vlákenné suroviny, příze a nitě*. První vydání, Technická univerzita v Liberci, 2002. 84 s. ISBN 80-7083-555-9
- [6] Tři typy vlněného vlákna. STANĚK, JAROSLAV. *Textilní zbožíznalství, vlákenné suroviny, příze a nitě*. První vydání, Technická univerzita v Liberci, 2002. 84 s. ISBN 80-7083-555-9
- [7] Kvalita vlněných vláken v ovčím rounu. Vlákna: Ovčí vlna - WO. *Testovací server CDV* [online]. Dostupné z: <https://tubro.cdv.tul.cz/mod/book/view.php?id=863&chapterid=507>
- [8] LANAMETR. Katedra textilních materiálů BARVENÍ TEXTILÍ PŘEDNÁŠKA 5 - PDF. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/4940531-Katedra-textilnich-materialu-eni-textilii-prednaska-5.html>
- [9] Výkup vlny. *Pavel Klevcov - úvodní strana* [online]. Copyright © 2020 ing. Pavel Klevcov [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.klevcov.cz/index.php/aktualni-nabidka/75-vykup-vlny>
- [10] VÝKUP VLNY - Besky. *České příkrývky Besky (dříve Batex) — vlněné příkrývky z hor* [online]. Copyright © Besky, všechna práva vyhrazena [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <https://www.ceskeprikryvky.cz/vse-o-vlne/vykup-vlny/>
- [11] Možnosti použití - Naturwool s.r.o.. *Naturwool s.r.o. - Stavební tepelná izolace z ovčí vlny* [online]. Copyright © [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <https://www.naturwool.cz/pouziti-izolace-z-ovci-vlny/>
- [12] Fler BLOG | GaSko / Jak jsem (pře)prala vlnu? *Fler.cz | Kreativní svět handmade, tisíce originálů* [online]. Copyright © 2008 [cit. 15. 05. 2020]. Dostupné z: <https://m.fler.cz/blog/jak-jsem-pre-prala-vlnu-21982>
- [13] Izolace z ovčí vlny. *Izolace z ovčí vlny* [online]. Copyright © 2014 Isolena.cz [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.isolena.cz/>
- [14] ISOLENA – BLOCK. *Izolace z ovčí vlny* [online]. Copyright © 2014 Isolena.cz [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.isolena.cz/produkty/isolena-block/>

- [15] ISOLENA - Fotogalerie. *Izolace z ovčí vlny* [online]. Copyright © 2014 Isolena.cz [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.isolena.cz/fotogalerie/>
- [16] ISOLENA – OPTIMAL. *Izolace z ovčí vlny* [online]. Copyright © 2014 Isolena.cz [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.isolena.cz/produkty/isolena-optimal/>
- [17] ISOLENA – Premium. *Izolace z ovčí vlny* [online]. Copyright © 2014 Isolena.cz [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.isolena.cz/produkty/isolena-premium/>
- [18] ISOLENA – KLEMMFILZ – PRÉMIOVÝ VÝROBEK. *Izolace z ovčí vlny* [online]. Copyright © 2014 Isolena.cz [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.isolena.cz/isolena-klemmfilz-premiovy-vyrobek/>
- [19] Produkty. *Izolace z ovčí vlny* [online]. Copyright © 2014 Isolena.cz [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <http://www.isolena.cz/produkty/>
- [20] KOTLÍK, PETR a kolektiv. *Stavební materiály historických objektů – Materiály, koroze, sanace*. 1. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1999. 112 s. ISBN 80-7080-347-9
- [21] HELUZ NATURE Energy 12/25 | HELUZ. *HELUZ – cihly, překlady, komíny, stropní systémy pro stavbu rodinného domu* [online]. Copyright © 2020, HELUZ cihlářský průmysl v.o.s. [cit. 09. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-nature-energy-12-25-1>
- [22] HEINRICH, Pavel. *Nepálené cihly současnosti*. Stavba tzb-info [online]. [cit. 01. 06. 2020]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/CIHLY-bloky-tvarnice/8728-nepalene-ctihly-soucasnosti>
- [23] Nepálená cihla HELUZ NATURE Energy 12/25 250×120×240 mm | Stavebniny DEK. *Stavebniny DEK* [online]. Copyright © 2020 DEK a.s. [cit. 01. 06. 2020]. Dostupné z: https://www.dek.cz/produkty/detail/4402005000-heluz-nature-energy-12-25-80?tab_id=popis
- [24] Stone Circle | English Heritage. *English Heritage Home Page | English Heritage* [online]. Dostupné z: <https://www.english-heritage.org.uk/visit/places/stonehenge/things-to-do/stone-circle/>
- [25] *Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů*. Stavba tzb-info [online]. [cit. 01. 06. 2020]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/58-hodnoty-fyzikalnich-velicin-vybranych-stavebnich-materialu>
- [26] *Kámen Ostroměř s.r.o. | Krása přírodního pískovce* [online]. Copyright ©h5 [cit. 01. 06. 2020]. Dostupné z: <https://piskovce.cz/dokumenty/cenik-2020.pdf>
- [27] Vápno Čerták na stavbu 5 kg nakoupit u OBI. *OBI - vše pro byt, dům, stavbu a zahradu* [online]. Dostupné z: <https://www.obic.cz/cementy-a-vapna/vapno-certak-na-stavbu-5-kg/p/5268602>
- [28] Dřevovláknité desky: Izolace, co hřeje i chladí - Dřevostavitel.cz. *Dřevostavby a bydlení | nezávislý portál Dřevostavitel* [online]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/izolacni-materialy-4-dil--drevovlaknita-izolace-hreje-i-chladi>
- [29] OSB desky | Stavebniny DEK. *Stavebniny DEK* [online]. Copyright © 2020 DEK a.s. [cit. 01. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/produkty/vypis/11040-osb-desky>

- [30] ŠÍPKOVÁ, Veronika, Šárka KORBELOVÁ a Jiří LABUDEK. *Stavební tepelné izolace pro svislé konstrukce*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3661-4.
- [31] Sláma. *Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | Izolace-info.cz* [online]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/aktuality/21816-serial-vyuziti-slamy-ve-stavebnich-konstrukcich-1-dil-a.html#.Xp6k38gzZPY>
- [32] EKOPANELY. *Object moved* [online]. Copyright © 2015 iChoice spol. s r.o. Všechna práva vyhrazena. Powered by iChoice ipStore. [cit. 10. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.bydletezdrave.cz/EKOPANELY/produkt/930>
- [33] Lněná izolace NATURIZOL 40x600x1 200 mm | E-shop Přírodní stavba. *Přírodní stavba, EKO a BIO materiály* [online]. Dostupné z: <https://www.prirodnistavba.cz/lnena-izolace-naturizol-rohoz-40x600x1200-mm-3425.html>
- [34] Lněná izolační rohož - NATURIZOL. *Object moved* [online]. Copyright © 2015 iChoice spol. s r.o. Všechna práva vyhrazena. Powered by iChoice ipStore. [cit. 10. 06. 2020]. Dostupné z: <https://bydletezdrave.cz/Lnena-izolacni-rohoz---NATURIZOL/produkt/511>
- [35] Konopná izolace: Výrobky z konopné izolace. *Konopná izolace: Přírodní ekologická tepelná konopná izolace* [online]. Copyright © PRO [cit. 09. 06. 2020]. Dostupné z: <http://www.konopna-izolace.cz/vyroby/>
- [36] *Izolace z obnovitelných surovin (dřevo, celulóza, konopí, ovčí vlna, sláma)*. Stavba tzb-info [online]. [cit. 01. 06. 2020]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/301-izolace-z-obnovitelných-surovin-drevo-celuloza-konopi-ovci-vlna-slama>
- [37] Ceník - IZOLACE KONOPÍ CZ. *Termo izolace z technického konopí - IZOLACE KONOPÍ CZ* [online]. Copyright © 2020 [cit. 10. 06. 2020]. Dostupné z: <http://www.isolace-konopi.cz/ke-stazeni/cenik.html>
- [38] **ČSN 73 0540-1**. Tepelná ochrana budov: Část 1: Terminologie. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2005
- [39] Názvosloví tepelných izolací, hlavní parametry | *Izolace-info.cz. Tepelné izolace – katalog tepelných izolací, veškeré info o zateplení a izolacích | Izolace-info.cz* [online]. Copyright © 2008 [cit. 16. 04. 2020]. Dostupné z: <https://www.isolace-info.cz/technicke-informace/nazvoslovi-tepelnych-informaci/>
- [40] Isover EPS SOKL 3000. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © 2020 [cit. 10. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.isover.cz/produkty/isover-eps-sokl-3000>
- [41] Isover FASSIL | E-ISOVER - tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace. *ISOVER: tepelné izolace, zvukové izolace a protipožární izolace* [online]. Copyright © Divize Isover, Saint [cit. 09. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.e-isover.cz/isover-fassil>
- [42] Tepelná izolace. Přehled, materiály, druhy a způsoby použití | *Stavebnictvi3000.cz. Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a materiály* [online]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-izolace-velky-prehled>
- [43] AGARWAL, Bhagwan D. a Lawrence J. BROUTMAN. *Vláknové kompozity: celostátní vysokoškolská příručka pro vysoké školy technické*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1987.

- [44] EHRENSTEIN, Gottfried W. *Polymerní kompozitní materiály*. V ČR 1. vyd. Praha: Scientia, 2009. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [45] UMI FS ČVUT | *Kompozitní materiály. Ústav materiálového inženýrství* [online]. Copyright © [cit. 22. 07. 2020]. Dostupné z: http://umi.fs.cvut.cz/wp-content/uploads/2014/08/6_kompozitni-materialy.pdf
- [46] Technologie Archives - Spolek pro technickou podporu a propagaci polymerních kompozitů. *Úvod - Spolek pro technickou podporu a propagaci polymerních kompozitů* [online]. Copyright © 2020 Spolek pro technickou podporu a propagaci polymerních kompozitů [cit. 22. 07. 2020]. Dostupné z: <https://polymer-composites.cz/category/technologie/>
- [47] ODOUR, pach pod kontrolou. *Měření pachu* [online]. [cit. 17. 7. 2020]. Dostupné z: <https://www.odour.cz/pachove-latky/>
- [48] LÉBLOVÁ, Kristýna. Jak se měří zápach? Pomocí speciálně trénovaných čičačů - Novinky.cz. *Novinky.cz – nejčtenější zprávy na českém internetu* [online]. Copyright © 2003 [cit. 10. 06. 2020]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/domaci/clanek/jak-se-meri-zapach-pomoci-specialne-trenovanych-cichacu-40031127>
- [49] ČSN EN 13725: Kvalita ovzduší – Stanovení koncentrace pachových látek dynamickou olfaktometrií

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Tři typy vlněného vlákna [6]	11
Obrázek 2 - Kvalita vlněných vláken v ovčím rounu [7]	11
Obrázek 3 - Čištění surové vlny [46] Obrázek 4 - Sušení vyprané vlny [46]	13
Obrázek 5 - Použití izolačního pásu ISOLENA Block [15].....	14
Obrázek 6 - Použití izolačního pásu ISOLENA Optimal [15]	14
Obrázek 7 - Použití izolačního pásu ISOLENA Premium [15].....	15
Obrázek 8 - Použití izolačního pásu ISOLENA Klemmfilz [15]	15
Obrázek 9 - Nepálená cihla Heluz Nature Energy [21].....	17
Obrázek 10 - Stonehenge, Anglie [24]	18
Obrázek 11 – Čerták, bílé vápno hašené [27]	19
Obrázek 12 - Dřevovláknitá izolace [28]	19
Obrázek 13 - Využití slámy ve stavebních konstrukcích [31].....	20
Obrázek 14 - Lněná izolace NATURIZOL [33]	21
Obrázek 15 - Konopné termoizolační desky [35].....	21
Obrázek 16 - Expandovaný polystyren ISOVER SOKL 3000 [40].....	24
Obrázek 17 - Minerální vlna ISOVER FASSIL [41]	24
Obrázek 18 - Příklady uspořádání vláknové výztuže v kompozitech: a) jednosměrné uspořádání, b) dvousměrné vyztužení (tkanina), c) náhodná orientace vláken, d) víceosá výztuž z kontinuálních vláken, e) krátká vlákna jednosměrně orientovaná, f) krátká vlákna s nahodilou orientací [45]	26
Obrázek 19 - Ruční kladení [46]	27
Obrázek 20 - Měření pomocí olfaktometru [47]	28
Obrázek 21 - Vzorkování na plošném zdroji [47] Obrázek 22 - Vzorkování na plošném zdroji [47]	28
Obrázek 23 - JOVI samotvrdnoucí modelovací hmota	29
Obrázek 24 - Modelace formy Obrázek 25 - Vyplnění formy surovou vlnou	29
Obrázek 26 - Zhotovený vzorek Obrázek 27 - Zhotovený vzorek z boční strany.....	30

Obrázek 28 - Vzorek po schnutí (vrchní str.)	Obrázek 29 - Vzorek po schnutí (spodní strana)	30
Obrázek 30 - Vzorek po schnutí (šířka)	Obrázek 31 - Vzorek po schnutí (délka)	30
Obrázek 32 - Bílé hašené vápno	Obrázek 33 - Zadní strana balení.....	31
Obrázek 34 - Proces míchání	Obrázek 35 - Štuk s ovčí vlnou	32
Obrázek 36 - Vzorek č. 1 ve formě	Obrázek 37 - Finální vzorek č. 1.....	32
Obrázek 38 - Finální vzorek č. 1	Obrázek 39 - Finální vzorek č. 1.....	32
Obrázek 40 - Vzorek č. 2	Obrázek 41 - Vzorek č. 2	33
Obrázek 42 - Finální vzorek č. 2	Obrázek 43 - Finální vzorek č. 2.....	33
Obrázek 44 - Aktivátor Baucis	Obrázek 45 - Cement Baucis	Obrázek 46 - Hliníkový prášek
Obrázek 47 - PU Montážní pěna ProGold.....		34
Obrázek 48 - Vlněné rouno	Obrázek 49 - Třetí vrstva z PU pěny	35
Obrázek 50 - Vzorek před vyt.	Obrázek 51 - Vzorek po vytvrnutí	36
Obrázek 52 - Vzorek bez třetí vrstvy	Obrázek 53 - Vzorek se třetí vrstvou	36
Obrázek 54 - Odstranění hrubých nečistot	Obrázek 55 - Surová vlna zbavená hrubých nečistot..	37
Obrázek 56 – Jedlé sody	Obrázek 57 - Nádoby pro proces čištění	37
Obrázek 58 - Nádoby obsahující ovčí vlnu		37
Obrázek 59 - Nádoby obsahující nečistoty	Obrázek 60 - Ovčí vlna po procesu úpravy	38
Obrázek 61 - Modelace formy	Obrázek 62 – Výplň z ovčí vlny	Obrázek 63 - Proces schnutí.....
Obrázek 64 - Konečný vzorek z upravené vlny	Obrázek 65 - Konečný vzorek z upravené vlny	38
Obrázek 66 - Vzorky z vápna a upra. vl.	Obrázek 67 - Vzorky vystavené slunečnímu záření	39
Obrázek 68 - Vzorek z v. – úpr. pit. v.	Obrázek 69 - Vzorek z vápna - úprava jedlou sodou.....	39
Obrázek 70 - Vzorek z vápna - Proces schnutí	Obrázek 71 - Vzorek z vápna bez použití ovčí vlny	
	40	
Obrázek 72 - Hodnocení zápachu.....		42
Obrázek 73 - Hodnocení zápachu dle pohlaví.....		44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Parametry produktu - ISOLENA Block; Zdroj: ISOLENA – BLOCK. Izolace z ovčí vlny [online]. [14].....	14
Tabulka 2 - Parametry produktu - ISOLENA Optimal; Zdroj: ISOLENA – OPTIMAL. Izolace z ovčí vlny [online]. [16].....	14
Tabulka 3 - Parametry produktu - ISOLENA Premium; Zdroj: ISOLENA – Premium. Izolace z ovčí vlny [online]. [17].....	15
Tabulka 4 - Parametry produktu - ISOLENA Klemmfilz; Zdroj: ISOLENA – KLEMMFILZ – PRÉMIOVÝ VÝROBEK. Izolace z ovčí vlny [online]. [18]	16
Tabulka 5 - Vlastnosti produktů ISOLENA; Zdroj: ISOLENA – Produkty. Izolace z ovčí vlny [online]. [19].....	16
Tabulka 6 - Parametry produktu - Nepálená cihla; Zdroj: Pavel Heinrich, Nepálené cihly současnosti. [22] Cena – Nepálená cihla HELUZ NATURE Energy – Stavebniny DEK. [23].....	17
Tabulka 7 - Parametry produktu - čedič a pískovec; Zdroj: Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. [25] Cena: Kámen Ostroměř s.r.o. [26].....	18
Tabulka 8 - Parametry produktu - Vápnová omítka; Zdroj: Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. [25] Cena – Bílé hašené vápno Čerťák – Obi [27].....	19
Tabulka 9 - Parametry produktu - Dřevovláknité desky; Zdroj: Hodnoty fyzikálních veličin vybraných stavebních materiálů. [25] Cena-OSB desky Stavebniny DEK. [29]	20

Tabulka 10 - Parametry produktu – Slaměné výrobky; Zdroj: ŠÍPKOVÁ, Veronika, Šárka KORBELOVÁ a Jiří LABUDEK. Stavební tepelné izolace pro svislé konstrukce. [30] Cena – bydletezdrave.cz [32]	20
Tabulka 11 - Parametry produktu - Len v deskách (Naturizol); Zdroj: Lněná izolační rohož – NATURIZOL. [34]	21
Tabulka 12 - Parametry produktu - Konopné desky; Zdroj: Izolace z obnovitelných surovin. Tzb-info. [36] Cena: IZOLACE KONOPI CZ. Termo izolace z technického konopí. [37]	22
Tabulka 13 - Měřitelné parametry přírodních materiálů	22
Tabulka 14 - Parametry produktu - ISOVER SOKL A ISOVER FASSIL; Zdroj: Isover.cz [40][41] .	24
Tabulka 15 - Porovnání všech zmíněných stavebních materiálů	25
Tabulka 16 - Materiály použité k výrobě geopolymerů	33
Tabulka 17 - Sémantický diferenciál.....	40
Tabulka 18 - Tabulka pro hodnocení zápachu ovčí vlny.....	41

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 - Data získaná od respondentů pro hodnocení zápachu ovčí vlny	52
Příloha 2 - Hodnocení dle pohlaví – ženy Příloha 3 - Hodnocení dle pohlaví – muži	53

Příloha 1 - Data získaná od respondentů pro hodnocení zápachu ovčí vlny

respondent	pohlaví	A	B	C	D	E	F	G	I _H	2H	I	J	K
Erika	žena	5	2	3	2	3	2	1	1	2	3	2	3
Květoslava	žena	4	2	2	2	1	2	1	1	2	3	2	2
Petr	muž	5	3	3	3	2	3	1	1	3	3	2	3
Ivan	muž	5	2	3	3	2	3	2	1	2	3	3	3
Jaruška	žena	5	3	3	3	2	2	1	1	3	3	2	2
Patik	muž	4	2	3	3	1	2	1	1	2	2	2	3
Jana	žena	4	2	3	2	2	3	2	1	2	3	2	3
Ernest	muž	5	3	3	3	2	3	1	1	2	2	2	2
David	muž	5	3	4	2	2	3	1	1	2	3	2	3
Eliška	žena	5	2	3	3	2	3	1	1	2	2	2	3
Martin	muž	5	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	3
Petr K.	muž	4	2	3	3	1	2	1	1	3	4	2	2
Vašek	muž	5	2	3	3	2	3	2	1	2	3	2	3
Stanley	muž	5	3	3	3	2	3	1	1	2	2	1	2
Michaela	žena	5	2	3	3	2	3	2	1	2	3	2	2
Nikola	žena	5	3	2	2	2	2	1	1	2	2	3	2
Václav Č.	muž	5	2	2	2	1	3	2	1	3	3	2	2
Hanka	žena	4	2	3	3	2	2	1	1	2	3	3	3
Simona	žena	5	2	3	3	1	3	1	1	2	3	2	3
Sodoo	žena	5	2	3	3	2	2	1	1	3	3	2	3

Příloha 2 - Hodnocení dle pohlaví – ženy

	A	B	C	D	E	F	G	1H	2H	I	J	K
Erika	5	2	3	2	3	2	1	1	2	3	2	3
Květa	4	2	2	2	1	2	1	1	2	3	2	2
Jaruška	5	3	3	3	2	2	1	1	3	3	2	2
Jandá	4	2	2	3	2	3	2	1	2	3	2	3
Eliška	5	3	3	4	2	3	1	1	2	3	2	3
Míša	5	2	2	3	2	3	2	1	2	3	2	2
Nikča	5	3	2	2	2	2	1	1	2	2	3	2
Hanka	4	2	3	3	2	2	1	1	3	4	3	3
Simona	5	2	3	3	1	3	1	1	2	3	2	3
Sodoo	5	2	2	3	2	2	1	1	3	3	2	3
Průměr	4,7	2,3	2,9	1,8	2,5	1,3	1	2,3	3	2,2	2,6	3,5

Příloha 3 - Hodnocení dle pohlaví – muži

	A	B	C	D	E	F	G	1H	2H	I	J	K
Petr	5	3	3	2	3	1	1	1	3	3	2	3
Ivan	5	2	3	2	2	3	2	1	2	3	3	3
Patrik	4	2	3	1	2	1	1	1	2	2	2	3
Ernest	5	3	3	2	2	3	1	1	2	2	2	2
David	5	2	3	2	2	3	1	1	2	2	2	3
Martin	5	2	2	2	2	2	1	1	3	3	2	3
Petr K.	4	2	3	1	2	1	1	1	3	4	2	2
Vašek L.	5	2	3	2	2	3	2	1	2	3	2	3
Stanley	5	3	3	2	2	3	1	1	2	2	1	2
Vašek Č.	5	2	2	1	1	3	2	1	3	3	2	2
Průměr	4,8	2,3	2,8	1,7	2,7	1,3	1	2,4	2,7	2	2,6	3,8