

**VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR**

HIŠA IZ SLAME

Kandidat: Simon Bračič Jagerič

Vrsta študija: Študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. inž. grad.

Lektor: Žaneta Bračič Jagerič, prof. slov.

Maribor, 2021

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Simon Bračič Jagerič sem avtor diplomskega dela z naslovom Hiša iz slame, ki sem ga napisal pod mentorstvom predavatelja Vladimirja Dragorajaca, univ. dipl. inž. grad..

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/2013 in 56/2015); (v nadaljevanju ZASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, september 2021

Podpis študenta:

ZAHVALA

Za podporo, pomoč in nasvete pri pisanju diplomskega dela se zahvaljujem svojemu mentorju g. Vladimirju Dragorajacu ter g. Bojanu Dapčeviću.

Hvala tudi kolegu Klemnu Potočniku, ki mi je že med samim študijem večkrat priskočil na pomoč, g. Mitji Žnidariču, ki mi je omogočil opravljanje prakse, ter g. Tomažu Činču za privolitev v intervju.

In hvala še moji ženi za vso podporo ter spodbudne besede, ko je bilo težko ...

POVZETEK

V pričujoči diplomski nalogi smo predstavili hišo iz slame. V uvodu smo najprej opisali področje, na katerega se nanaša naše diplomsko delo, ter opredelili problem. Predstavili smo namen, cilje, osnovne trditve ter predpostavke. Opisali smo tudi uporabljene raziskovalne metode. V nadaljnjih poglavjih smo definirali, kaj je slama, nato pa opisali tudi njene lastnosti ter razložili, katere so še druge možnosti njene uporabe. Predstavili smo, kako so se slama oziroma slamnate bale v gradbeništvu uporabljale nekoč in kako danes. Slikovno smo prikazali prve najbolj znane hiše iz slame v tujini in pri nas ter opisali nekatere njihove zanimivosti. V nadaljevanju smo predstavili vrste konstrukcij in značilnosti le-teh (les; bala, ki nadomesti leseno skeletno konstrukcijo; bala kot izolativni element v leseni skeletni konstrukciji in drugi načini). Nato smo opisali dve vrsti naravnih ometov, to sta ilovnati omet in apneni omet. Pri prvem smo nanizali ugodne lastnosti teh ometov ter njihovo izdelavo na slamo. Pri apnenem ometu smo razložili, kaj je to žgano apno in kaj gašeno. Nadaljevali smo z opisom testov in certifikatov, zanimala sta nas požarna varnost in toplotna izolativnost slamnate stene. Kot zanimivost smo predstavili poseben način gradnje iz slamnatih bal, to je montažna gradnja, znotraj katere so stene že vnaprej delavniško pripravljene, njihova montaža pa nato izvedena na samem mestu gradnje. Tovrstno gradnjo nam je v intervjuju predstavil direktor podjetja Snopje, proizvodnja in storitve, d. o. o., Tomaž Činč. Z njim smo se pogovarjali o njegovem pogledu na tovrsten način gradnje ter posameznih segmentih gradnje hiše iz slamnatih bal – stene oz. ogrodje hiše, streha, predelne stene in strop, tla hiše, fasada, ilovnati ometi in njihov vpliv na zdravje, stavbno pohištvo, inštalacije, ogrevanje, kopalnica. Prikazali smo še slabosti in prednosti gradnje iz slame, kot jih vidijo posamezni gradbeni strokovnjaki in avtor tega diplomskega dela, ter zaključili s primerom iz prakse – opisali smo posamezne faze gradnje hiše iz slamnatih bal, katere lastnik je avtor tega diplomskega dela, ki smo jih tudi slikovno podkrepili. V zaključku smo na osnovi preučitve strokovne literature, lastnih izkušenj pri gradnji ter informacij, pridobljenih v intervjuju z direktorjem podjetja Snopje, proizvodnja in storitve, d. o. o., Tomažem Činčem potrdili hipoteze, nanašajoče se na zaščito slame pred zunanjimi vplivi, požarno varnost hiše iz slame, njeno življenjsko dobo, doseganje normativov pasivne gradnje ter slamo, ki prevzema vlogo nosilnosti objekta.

Ključne besede: hiša iz slame, naravni ometi, protipožarna varnost, toplotna prevodnost

ABSTRACT

Haus aus Stroh

In der vorliegenden Diplomarbeit haben wir ein Haus aus Stroh vorgestellt. Wir stellten den Zweck, die Ziele, die grundlegenden Aussagen und Annahmen vor. Wir haben auch die verwendeten Forschungsmethoden beschrieben. In den folgenden Kapiteln haben wir definiert, was Stroh ist, und anschließend seine Eigenschaften beschrieben und erläutert, welche weiteren Einsatzmöglichkeiten es gibt. Wir stellten vor, wie Stroh oder Strohbällen früher und heute im Bau verwendet wurden. Wir haben die ersten berühmtesten Stroh Häuser im In- und Ausland bildhaft gezeigt und einige ihrer Attraktionen beschrieben. Im Folgenden haben wir die Bauarten und deren Eigenschaften vorgestellt (Holz; Ballen, der die Holzskelettkonstruktion ersetzt; Ballen als Dämmelement in einer Holzskelettkonstruktion und andere Verfahren). Anschließend haben wir zwei Arten von Naturputzen beschrieben, nämlich Lehmputz und Kalkputz. Im ersten haben wir die günstigen Eigenschaften dieser Pflaster und ihre Herstellung auf Stroh aufgelistet. Beim Kalkputz haben wir erklärt, was gebrannter Kalk und was gelöschter Kalk ist. Weiter ging es mit der Beschreibung von Prüfungen und Zertifikaten, wir interessierten uns für Brandschutz und Wärmedämmung der Stroh wand. Als interessante Tatsache stellten wir eine spezielle Bauweise aus Strohbällen vor, die Fertigbauweise, bei der die Wände vorab von einer Werkstatt vorbereitet und dann auf der Baustelle montiert werden. Diese Art der Konstruktion wurde uns in einem Interview vom Direktor der Firma Snopje Tomaž Činč. Wir haben mit ihm über seine Sicht auf diese Bauart und einzelne Bauabschnitte eines Hauses aus Strohbällast bzw. Rahmen des Hauses, Dach, Trennwände und Decke, Boden des Hauses, Fassade, Lehmputze und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit, Tischlerei, Installationen, Heizung, Badezimmer. Wir haben auch die Nachteile und Vorteile des Strohbaus aus Sicht einzelner Bauexperten und des Autors dieser Arbeit dargestellt und mit einer Fallstudie abgeschlossen - wir haben die einzelnen Phasen des Baus eines Hauses aus Strohbällen beschrieben, das dem Autor dieser Arbeit gehört These, die wir auch bildlich verstärkt haben. Wir schließen mit einem Überblick über die Fachliteratur, unsere eigenen Erfahrungen im Bauwesen und Informationen aus einem Interview mit Tomaž Činč bestätigte die Hypothesen über den Schutz des Strohs vor äußeren Einflüssen, den Brandschutz eines Strohhauses, seine Lebensdauer, das Erreichen der Normen der Passivbauweise und das Stroh, das die Rolle der Tragfähigkeit des Gebäudes übernimmt.

Schlüsselwörter: Strohhhaus, Naturputze, Brandschutz, Wärmeleitfähigkeit.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD	1
1.1 Opis področja in opredelitev problema	1
1.2 Namen, cilji in osnovne trditve	2
1.3 Predpostavke in omejitve	2
1.4 Uporabljene raziskovalne metode	3
2 SKUPINSKO DELO	4
3 SLAMA TER UPORABA SLAMNATIH BAL V GRADBENIŠTVU NEKOČ IN DANES	5
3.1 Slama in njene značilnosti	5
3.2 Uporaba slamnatih bal v gradbeništvu nekoč	7
4 VRSTE KONSTRUKCIJ IN NJIHOVE ZNAČILNOSTI PRI GRADNJI S SLAMO	19
4.1 Les	19
4.2 Bala kot izolativni element v leseni skeletni konstrukciji	20
4.3 Bala, ki nadomesti leseno skeletno konstrukcijo	22
4.4 Drugo	25
5 NARAVNI OMETI	26
5.1 Ilovnat omet	26
5.1.1 Ugodne lastnosti ilovnatih ometov	28
5.1.2 Izdelava ilovnatega ometa na slamo	29
5.2.1 Žgano apno	32
5.2.2 Gašeno apno	33
6 TESTI IN CERTIFIKATI	34
6.1 Požarna varnost	34
6.2 Toplotna izolativnost slamnate stene	37
6.3 Test potresne odpornosti samonosilne konstrukcije iz slamnatih bal	39
6.4 Krovna tema - sodobne metode gradnje in trajnost	40
7. SLABOSTI IN PREDNOSTI GRADNJE IZ SLAME	42
7.1 Slabosti gradnje iz slamnatih bal	42
7.2 Prednosti gradnje iz slamnatih bal	43
8 HIŠA IZ SLAME; POTEK GRADNJE (PRIMER IZ PRAKSE)	45
8.1 Detajli temelja in toplotna izolacija na tleh	46
8.2 Postavitev lesene konstrukcije	49
8.3 Izdelava ostrešja s kritino	50
8.4 Montaža stavbnega pohišva	51

8.5 Montaža slamnatih bal kot izolativnega elementa.....	51
8.6 Izdelava inštalacij	53
8.7 Izdelava ometa z obeh strani	53
8.8 Pleskanje z naravnimi barvami.....	54
9 ZAKLJUČEK	55
10 PRILOGE	59

KAZALO SLIK

Slika 1: Zvočna ter termo plošča iz slame.....	5
Slika 2: Najstarejša slamnata hiša iz leta 1903.....	7
Slika 3: Samonosilna gradnja iz slamnatih bal.....	8
Slika 4: Pilgrim-Holiness-Church iz leta 1928.....	8
Slika 5: Prva slamnata hiša z nosilno leseno konstrukcijo	9
Slika 6: Samonosilna slamnata hiša.....	9
Slika 7: Hiša iz slame ki jo je zgradil Kristijan Zver, v Čikečki vasi na Goričkem - zunanost	10
Slika 8: Hiša iz slame, ki jo je zgradil Kristijan Zver, v Čikečki vasi na Goričkem – notranjost.	10
Slika 9: Hiša iz slame za samo 1000 evrov, ki jo je zgradil Miro Žitko.	11
Slika 10: Atelje v Wendlandu, Nemčija, 2000	12
Slika 11: »Spiralna hiša County«, Irska, 2002	13
Slika 12: Hiša iz »jumbo« bal, Švica, 2002.....	13
Slika 13: Enodružinska hiša, Belgija, 2002.....	14
Slika 14: Eko vas v mestu Sieben Linden (Nemčija).....	14
Slika 15: Trinadstropna hiša iz slame, Beetzendorf OT Poppau, 2005	15
Slika 16: Glasbeni atelje zgrajen leta 2003	15
Slika 17: Počitniški objekt zgrajen leta 2007	16
Slika 18: Prva slamnata hiša na Slovenskem (Kurešček).....	16
Slika 19: Jules Ferry Residence Hall, Francija, 2013.....	17
Slika 20: Kompetenčni center zgrajen leta 2014 v Nemčiji (Verden).....	17
Slika 21: Slamnati objekt v fazi gradnje.....	18
Slika 22: Končan slamnat objekt, ki je bil zgrajen leta 2020 ob Blaguškem jezeru.	18
Slika 23: Predani lesu	19
Slika 24: Primer lesene konstrukcije, ki je delno napolnjena s slamnatimi balami.....	21
Slika 25: Napolnjen skelet s slamnato balo, ki je lepo poravnana z obeh strani, postrižena ter pripravljena za naravni omet.	21
Slika 26: Primer samonosilne konstrukcije	22
Slika 27: Detajl odprtina	23
Slika 28: Primer gradnje z velikimi slamnatimi balami	24
Slika 29: Pogled od znotraj.....	24
Slika 30: Postavitev v hali pripravljenih slamnatih sten.....	25
Slika 31: Absorpcija vlage pri različnih materialih	27
Slika 32: Sožitje človeka s naravo	28
Slika 33: Nanašanje ilovnatga ometa z rokami.....	30
Slika 34: Žganje apnenca.....	32
Slika 35: Reakcije apnenca.....	33
Slika 36: Moč gorenja na preizkušanca	36
Slika 37: Stena po končanem preizkusu	36
Slika 38: Simulacija potresa na samonosilni konstrukciji iz slamnatih bal.....	39
Slika 39: Igla za ponovno šivanje slamnate bale	42
Slika 40 : Slamnata hiša v ospredju posneta s termo kamero.....	43

Slika 41: Ekološki odtis pri klasični gradnji.....	44
Slika 42: Tloris lastne slamnate hiše	45
Slika 43: Skica pasovnih temeljev	47
Slika 44: Pripravljanje betonskih temeljev	48
Slika 45: končana betonska plošča	48
Slika 46: Lesena skeletna konstrukcija.....	49
Slika 47: Streha v fazi pokrivanja	50
Slika 48: Konstrukcija, ki nam je služila kot povezava med slamnatimi balami	51
Slika 49: Gradbišče iz slame	52
Slika 50: Vstavljanje slamnatih bal med stropnike	52
Slika 51: Vgradnja slamnatih bal.....	52
Slika 52: Naprava za striženje slamnatih bal.....	53
Slika 53: Hiša pripravljena za omet.....	54
Slika 54: Hiša ometana z apneno cementnim ometom.....	54
Slika 55: Ometana ilovnata stena pripravljena na beljenje.....	54

KAZALO TABEL

Tabela 1: Sestava stene za preizkus, iz notranje proti zunanji	35
Tabela 2: Izračun prehodnosti konstrukcijskega sklopa za steno skupne debeline 44 cm	37
Tabela 3: Izračun prehodnosti konstrukcijskega sklopa za steno skupne debeline 57 cm	38

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Človek se je v zadnjih nekaj desetletjih vse bolj oddaljeval od narave. Modernizacija in napredek tehnologij na različnih področjih botrujeta vse večjim okoljskim spremembam in težavam. Vse pogostejše so naravne katastrofe, priča smo prehitri rasti svetovnega prebivalstva, velik problem je tudi onesnaženost našega planeta. Tudi gradbeništvo dodaja svoj kamenček v mozaik onesnaževanja. Težava so predvsem materiali za gradnjo, ki predstavljajo precejšen okoljski problem, ko odslužijo svojemu namenu. Del gradbenega odpada se sicer reciklira, del pa žal še vedno konča na neustreznih ali celo divjih odlagališčih. Vse večja zavest ljudi, da bo treba za ohranitev narave in obstoja človeka nasploh temeljito spremeniti nekatere človeške navade, se že zrcali na različnih področjih družbenega delovanja – ločevanje odpadkov, spreminjanje prehranjevalnih navad, raba obnovljivih virov energije. Tudi v gradbeništvu se zavedanje o pomenu ohranjanja narave in sobivanja z njo vse bolj prebujata. Priča smo vse večjemu porastu gradnje pasivnih, naravnih hiš, kjer so upoštevani različni aspekti, pomembni za ohranjanje našega okolja. Mnogi se pri gradnji svojega doma odločajo za naravne materiale, saj slednji zagotavljajo zdravo in udobno bivanjsko okolje, pri odločitvi za izbiro takšnega doma pa ima veliko težo tudi dejstvo, da bo njihov dom, ko bo odslužil svojemu namenu, za sabo pustil minimalni ogljični odtis.

Če želimo tudi v gradbeni stroki pomembno doprinesiti k ohranitvi zdravega okolja, bo gradnja takšnih bivališč morala postati pogostejša praksa.

V pričujoči diplomski nalogi je predstavljen način naravne gradnje, ki prav tako minimalno obremenjuje okolje, t. j. gradnja iz slame in nekaterih drugih naravnih materialov. Predstavljene so značilnosti takšne gradnje, ki bodo morda še koga prepričale o tem, da namesto gradnje s klasičnimi materiali izbere takšno z naravnimi.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je širši javnosti predstaviti hišo iz slame; način gradnje s tem in drugimi naravnimi materiali, lastnosti posameznih naravnih gradbenih materialov ter tehnike gradnje z njimi. Namen je tudi ozavestiti ljudi, da so naravni gradbeni materiali lahko vsaj tako kakovostni, če ne še bolj, kot umetni. To pričajo številne naravne hiše, stare stoletja, v katerih še danes živijo potomci njihovih graditeljev.

Cilj je natančno analizirati slamnato hišo oz. podrobno opredeliti njene karakteristike: lastnosti posameznih materialov, iz katerih je zgrajena hiša iz slame, toplotno prevodnost, zaščitno komponento pred zunanjimi vplivi, požarno varnost takšne hiše, njeno vzdržljivost oz. življenjsko dobo, doseganje normativov pasivne gradnje ...

V raziskavi predpostavljamo naslednje hipoteze:

H 1: Ustrezno zaščiteni slama uspešno kljubuje zunanjim vplivom.

H 2: Slamnata hiša je požarno varna.

H 3: Hiša iz slame preživi več generacij.

H 4: Hiša iz slame dosega normative pasivne gradnje.

H 5: Slama lahko nadomesti leseno konstrukcijo in prevzame nosilnost same stavbe.

1.3 Predpostavke in omejitve

Veljavnost navedenih hipotez bomo preverjali na osnovi preučitve virov in literature na temo gradnje iz slame, analize intervjuja s Tomažem Činčem, direktorjem in solastnikom podjetja Snopje, proizvodnja in storitve, d. o. o., ki se ukvarja z naravno gradnjo – gradnjo hiš iz slame ter analize certifikatov o lastnostih posameznih segmentov gradnje.

Omejitve niso predvidene.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

V diplomskem delu so predstavljena teoretična dognanja s področja naravne gradnje oziroma gradnje hiše iz slame. Uporabljene so informacije iz več strokovnih monografij, diplomskih in magistrskih del, spletnih člankov ter intervjuja s Tomažem Činčem, direktorjem in solastnikom podjetja Snopje, proizvodnja in storitve, d. o. o. Delo vključuje tudi izkušnje in dognanja avtorja tega dela, samograditelja lastne hiše iz slame. Na osnovi analize naštetih virov in literature ter lastnih dognanj smo potrdili zastavljene hipoteze.

2 SKUPINSKO DELO

Poleg krovne teme med sodobne metode dela spadata tudi projektno delo in delo v skupinah. Študenti gradbeništva in bodoči diplomanti generacije 2019/2020 smo v okviru priprav na pisanje dispozicije in diplomskega dela opravili Belbinov test za oblikovanje projektnega tima in Myers Briggsov test osebnosti. Na osnovi rezultatov obeh testov smo se razdelili na projektne skupine, v katerih smo se na poznejših srečanjih pripravljali na pisanje diplomskega dela. Moja skupina je imela tri člane, in sicer vodjo projekta, projektanta in raziskovalca. Na osnovi rezultatov testa osebnosti sem v skupini prevzel vlogo raziskovalca.

Na prvem srečanju sem skupini predstavil temo svojega diplomskega dela in izrazil pobudo, da raziščemo predvsem teste in certifikate, ki obstajajo za področje gradnje iz slame, ter oblikujemo ugotovitve, ki bi jih pozneje lahko uporabil pri samem pisanju diplomske naloge. Zanimalo nas je predvsem, ali je hiša iz slame požarno varna, kakšne so izolativne karakteristike slame ter kakšna je potresna varnost omenjene gradnje.

Dela smo se lotili tako, da smo na spletu in v sistemu Cobiss najprej poiskali vire na temo gradnje s slamo. Literaturo smo temeljito preučili in izluščili za nas bistvene podatke. Podučili smo se o klasifikaciji gradbenih materialov glede na požarno varnost in standardi s tega področja, toplotni prevodnosti posameznih materialov in potresni odpornosti samonosilne konstrukcije iz bal. Vztrajno iskanje nas je pripeljalo do iskanega - testov in certifikatov, ki so nas zanimali: test požarne varnosti slamnate stene, test toplotne prevodnosti in test potresne odpornosti. Ugotovili smo, da je hiša: - požarno varna, saj dosega certifikat F 90, kar pomeni, da je prestala najmanj 90-minutno odpornost proti požaru. Stena iz slame dosega dobro toplotno izolativnost, saj zadostuje potrebam pasivne gradnje, hiša pa je prav tako potresno varna, kar je dokazal preizkus, pri katerem je hiša iz slame prestala potres s pospeškom 0,87 g.

Pri delu v skupini se je izkazalo, da so bile vloge dobro razdeljene – glede na osebnostne karakteristike posameznikov. Delo je potekalo usklajeno, saj smo si vsi člani prizadevali za čim boljše rezultate projektnega dela. Rezultati in ugotovitve so doprinesli k boljšemu načrtovanju in izdelavi mojega diplomskega dela.

3 SLAMA TER UPORABA SLAMNATIH BAL V GRADBENIŠTVU NEKOČ IN DANES

3.1 Slama in njene značilnosti

Avtorji knjige Neues Bauen mit Stroh (Gruber, Gruber, & Santler, Neues Bauen mit Stroh, 2000) razložijo, da je slama material, ki odpade od različnih žit, kot so oves, ječmen, rž, pšenica... Žita se uporabljajo v prehrabene namene živali in ljudi, slama pa je v resnici stranski produkt kmetijstva, ki ga uporabljajo v večini za steljo živine. Je zlato rumene barve z nekaj milimetrov debelimi bilkami, ki izgledajo kot slamice. Prav te slamice pa so lahko tudi zelo dober gradbeni material. Njihova oblika jim omogoča, da prevzamejo vlogo trdnosti, obenem pa tudi elastičnosti. Zračni prostor, ki se nahaja v slamicah, pa poskrbi za zelo dobro termo in zvočno izolacijo, ki sta pri gradnji zelo pomembna aspekta. Avtorji prav tako navajajo, da lahko iz odpadnega materiala, kot je slama, ustvarimo nove produkte. Ustanavljajo se podjetja, ki izumljajo nove tehnologije v povezavi z zvočno in termo izolacijo, kot je zvočno in termo panel razviden s Slike 1. Menijo še, da lahko mala podjetja, kmetje ter celotna lokalna skupnost s produkcijo in uporabo tega materiala omogočajo veliki doprinos v državno blagajno, posledično pa na ta način varujemo tudi okolje. Za gradnjo se v večini uporablja pšenična slama, saj je njena volumenska kapaciteta največja med slamami (prav tam).



Slika 1: Zvočna ter termo plošča iz slame

Vir: (<https://www.raumprobe.com/materialpreis/einreichungen/istraw-strohbauplatten-tvb-burgstaller-istraw-strohbauplatte/>)

Hirschberg (Hirschberg, 1999) pravi, da so v pšenični slami sledeče snovi:

Celuloza (35–37-odstotni volumen)

Je homopolisaharid iz β -D-glukopiranoznih enot, povezanih z 1–4-glikozidnimi vezmi. Sestoji iz zelo dolgih molekularnih verig in vsebuje heksozni ostanek, ki se ponovi le enkrat in je sestavljen iz kristalov. Prav to daje pšenični slami prednost pred ostalimi rastlinskimi polisaharidi. Rastlinska celična stena zaradi svoje kemične in fizikalne lastnosti ter supermolekularne zgradbe predstavlja glavno sestavino slame. Linearne celulozne molekule zelo težijo k tvorbi intra-in intermolekularnih vodikovih vezi, zato se združujejo v mikrofirile, v katerih se menjavajo kristali, kjer celulozne molekule potekajo paralelno, z amorfnimi regijami.

Hemiceluloza (22–24-odstotni volumen)

Sestavljajo jo različne sladkorne enote, ki so necelulozni polisaharidi. Molekularne verige so krajše od celuloze in precej razvejane.

Lignin (18–25-odstotni volumen)

Lignin je mešan polimerizat, ki nima klasične kemične spojine, saj nima enotne strukture niti določljive relativne molekularne mase. Lignin prepoji medcelične prostore in prostore v celični steni, takrat ko se celuloza in hemiceluloza odložita.

Druge snovi (13–17-odstotni volumen)

Med druge snovi spada tudi silicijev dioksid, ki je anorganska snov. Več je prisotnega silicijevega dioksida v slami, bolj je odporna proti razpadanju ter požarno varna (prav tam).

3.2 Uporaba slamnatih bal v gradbeništvu nekoč

Gradnjo iz slame so poznali že naši daljni predniki. Slamo so uporabljali predvsem za kritino, sicer pa je služila tudi kot sestavni del malte in ometov. Okrog leta 1872 so v ZDA iznašli stroj za proizvodnjo kockaste bale (gre v bistvu za stisnjeno slamo), ki je bil povod za grajenje hiš iz slamnatih kock. Pri sami izdelavi bal so jim pomagali konji, ki so poganjali stroj. Kakovost bal je bila ravno prava, da so jo lahko uporabili za gradnjo. Gradnja iz slamnatih bal doživi razcvet leta 1884 ob iznajdbi parnega balirnega stroja. Prve znane konstrukcije iz slamnatih bal so se pojavile v zvezni državi Nebraska (ZDA), ki so jih zgradili evropski priseljenci. Živel so na rodovitnem območju, kjer so lahko pridelali zadostno količino slame, vendar jim je primanjkovalo lesa. Domislili so se, kako nadomestiti les. Na poljih so si začeli graditi začasna bivališča iz skupaj zloženih slamnatih bal. Ugotovili so, da je v njih prijetna klima za bivanje ter da je slama zelo trpežna. Začasna bivališča so nato zamenjali za stalna (Minke & Mahlke, 2004).

Leta 1886 so v bližini kraja Bayard v Nebraski (ZDA) zgradili prvo šolo iz slamnatih bal. V literaturi se je pojavljala tehnika gradnje prav te šole, ki se je imenovala »tehnika Nebraska«. V omenjeni državi in Arizoni se je naslednja desetletja zgradilo kar nekaj takšnih objektov, nekateri od njih so še danes v uporabi. Z naslednjih slik je razvidno, kako dolgo zgodovino ima gradnja iz slamnatih bal ter da je življenjska doba tako narejenih zgradb primerljiva z zgradbami, narejenih iz sodobnih materialov (prav tam).

Hiša Burke je najstarejša še danes stoječa slamnata hiša, ki je bila zgrajena leta 1903. Nahaja se zraven mesta Alliance v Nebraski (Stroh, b. d.).



Slika 2: Najstarejša slamnata hiša iz leta 1903

Vir: (<https://www.unserstrohhaus.at/strohwieso/strohbau-international/>)

Hiša po imenu Martin-Monhart, zgrajena leta 1925, stoji v Nebraski (Arthur). Sprva je bila ometana z ilovnatim ometom, ki so ga naknadno nadomestili z apneno-cementnim ometom, saj je odpornejši na zunanje vremenske vplive (Stroh, b. d.).



Slika 3: Samonosilna gradnja iz slamnatih bal

Vir: (<https://www.unserstrohhaus.at/strohwieso/strohbau-international/>)

Hiša s Slike 4 je bila zgrajena prav tako v Nebraski (Arthur) leta 1928. Spada med najbolj prepoznavne zgodovinske objekte v USA, kjer so slamnate bale postavljene pokonci (Stroh, b. d.).



Slika 4: Pilgrim-Holiness-Church iz leta 1928

Vir: (<https://www.unserstrohhaus.at/strohwieso/strohbau-international/>)

Burrit Mansion je ime ime prvi hiši z leseno nosilno konstrukcijo, kjer slama prevzame vlogo toplotne izolacije. Zgrajena je bila leta 1938 v Huntsvillu (Alabama), kjer še danes služi kot muzej (Stroh, b. d.).



Slika 5: Prva slamnata hiša z nosilno leseno konstrukcijo

Vir: (<https://www.unserstrohhaus.at/strohwieso/strohbau-international/>)

Chuck Bruner je leta 1949 v Glendu (Wyoming) zgradil slamnato hišo, kjer je slamnata bala prevzela vlogo nosilnosti (Stroh, b. d.).



Slika 6: Samonosilna slamnata hiša

Vir: (<https://www.unserstrohhaus.at/strohwieso/strohbau-international/>)

3.3 Uporaba slamnatih bal v gradbeništvu danes

V slovenskem okolju predstavlja gradnja iz slamnatih bal kontinuiteto in tehnološko nadgradnjo tradicionalne gradnje iz naravnih materialov. Eden vidnejših slovenskih graditeljev in promotorjev gradnje iz slamnatih bal je Kristijan Zver, ki si je med prvimi na Slovenskem zgradil hišo prav iz tega materiala. Sedaj svoje znanje in dolgoletne izkušnje širi z delavnicami naravne gradnje (Gradnja s slamnatimi balami, b. d.). Te delavnice smo se udeležili tudi sami, saj smo se hoteli podučiti o tovrstnem načinu gradnje. Na lastni koži smo tako prvič lahko občutili blagodejno atmosfero hiše iz lesa in slame.



Slika 7: Hiša iz slame, ki jo je zgradil Kristijan Zver, v Čikečki vasi na Goričkem – zunanost.

Vir: (<https://deloindom.delo.si/enostanovanjske-hise/sonaravna-gradnja-izziv-nic-drugega>)



Slika 8: Hiša iz slame, ki jo je zgradil Kristijan Zver, v Čikečki vasi na Goričkem – notranost.

Vir: (<https://deloindom.delo.si/enostanovanjske-hise/sonaravna-gradnja-izziv-nic-drugega>)

Pionir slamnate gradnje na Slovenskem je prav gotovo tudi Miro Žitko, ki si je na primer s pomočjo prostovoljcev ter z uporabo lokalnih surovin zgradil hišo za samo 1000 evrov. Tu ne smemo zanemariti dejstev, da so bili določeni deli restavrirani in obenem reciklirani, kot je na primer stavbno pohištvo, ter da delovne sile ni bilo treba plačati. Poleg boljše cenovne dostopnosti tako grajene hiše, če se je seveda vsaj delno lotimo v lastni režiji, pa je vredno omeniti tudi kakovost bivanja, ki nam ga nudi takšna zgradba. Svetovna zdravstvena organizacija WHO namreč priznava, da imamo velik problem glede »bolnih stavb«, ki ljudem skrajšujejo življenjsko dobo (Naravna hiška, b. d.).

Prav zaradi zdravstvenih vidikov tudi sami menimo, da bi morala slamnata gradnja nadomestiti klasično, kadar je le mogoče.



Slika 9: Hiša iz slame za samo 1000 evrov, ki jo je zgradil Miro Žitko.

Vir: (<https://naravnahiska.si/tag/slama/page/6/>)

Slamnata gradnja se je po svetu, kakor je opisano v knjigi *Der Strohhallenbau* (Minke & Mahlke, 2004), začela pospešeno razvijati v obdobju po letu 1980, kjer se je propaganda v ZDA razširila bliskovito hitro. V ZDA so začeli graditi eksperimentalne objekte, kmalu za tem pa še v Kanadi in Angliji. Poleg gradnje samonosilnih objektov je v veljavo stopila tudi gradnja slamnatih hiš z leseno skeletno konstrukcijo. Prve uradne smernice o gradnji iz slame se pojavijo leta 1991 v ZDA (Mehika). Začela so se testiranja zgrajenih ometov, in sicer je raziskovalce zanimalo predvsem, kakšne so toplotna prevodnost, statika, potresna in požarna varnost ter kako se objekt obnaša v vetru. Prav v tem letu je bila zgrajena tudi prva slamnata hiša, financirana s strani banke, pod pogojem, da jo zgradi gradbeno podjetje, ki je specializirano za tak način gradnje. Lahko bi rekli, da gre za obdobje renesanse gradnje iz slame. Po izdaji revije »The Last Straw« leta 1993 se je v ZDA zgradilo toliko slamnatih objektov, da so bili primorani spremeniti gradbeno zakonodajo. Sprejeti so bili različni

pogoji, ki veljajo za tak način gradnje, in sicer maksimalna vlažnost slamnatih bal, minimalna debelina slamnate stene, maksimalna obremenitev na slamnato steno ter površinska obdelava. Medtem se je prav tako začel razvoj samonosilne slamnate gradnje na Danskem, v Franciji, Veliki Britaniji, na Nizozemskem, Irskem in v Švici. V Angliji, na Norveškem in v Franciji so leta 1995 beležili okrog 40 zgrajenih samonosilnih slamnatih hiš, vendar je bil to šele začetek, saj je bilo leta 2001 zgrajenih že kar 400 takšnih objektov po vsej Evropi.

V nadaljevanju predstavljam nekaj primerov sodobne gradnje po svetu, ki se je začela po letu 2000.

Atelje Wendlandu so zgradili leta 2000 in je velik približno 40 m². Je prvi objekt iz velikih bal dimenzij 0,85 X 0,50 X 2,00 zgrajen v Nemčiji. V leseno konstrukcijo so bile bale vgrajene pokončno ter znotraj ometane z ilovnatim ometom debeline 5–8 cm, od zunaj pa še z dodatnim 1,5-centimetrskim ilovnatim ometom (Minke & Mahlke, 2004).



Slika 10: Atelje v Wendlandu, Nemčija, 2000

Vir: (<https://fasba.de/projects/atelierhaus-guhreitzen-luechow-wendland/>)

Spiralna hiša ima samonosilno konstrukcijo in je prva slamnata hiša v Evropi, ki je dobila gradbeno dovoljenje, ter prva dvonadstropna stavba, ki je dobila uradno dovoljenje za tak način gradnje. Skoraj v celoti je bila zgrajena na način samo graditeljstva. Temelji so narejeni iz lokalnega apnenca in podpirajo spiralni tloris objekta. Slednji je v obliki indijske školjke imenovane Nautilus in meri 110 m² (Minke & Mahlke, 2004).



Slika 11: Spiralna hiša County, Irska, 2002

Vir:<http://naturalhomes.org/timeline/spiralstrawbaleireland.htm>

Hiša stoji sredi Švicarskih Alp na 1300 m nadmorske višine. Zaradi ostrih zim je narejena iz velikih (»jumbo«) bal, ki so dimenzije 74 cm X 125 cm X 250 cm. Je samonosilna dvoetažna konstrukcija iz bal, sposobna prenašati velike obremenitve. Zunanji videz hiše je zelo dovršen, velika okna na južni strani ji dajejo videz sodobne gradnje (Minke & Mahlke, 2004).



Slika 12: Hiša iz »jumbo« bal, Švica, 2002

Vir:(<https://baubiologie.at/strohballenbau/tag/strohballendämmung/>)

Dvoetažna slamnata hiša poleg Bruslja, v kateri je spodnja etaža dnevni prostor, zgornja pa nočni. Streha je pokrita s pločevinasto kritino, ki obenem pokriva še teraso na strehi. Nosilna

konstrukcija sestoji iz 8,50-metrskih stebrov, ki stojijo na rasterju 3 X 4 metrov. Južna stran fasade je pretežno iz stekla, ostali deli pa so prekriti z leseno fasado (Minke & Mahlke, 2004).



Slika 13: Enodružinska hiša, Belgija, 2002

Vir: (<https://strawbuilding.eu/habitat-groupe-du-seucha-lot-2/>)

Zanimiva je tudi večstanovanjska hiša v eko vasi Sieben Linden, kjer je poraba električne energije v gospodinjstvih približno 400 kWh na prebivalca na leto. Podatki kažejo, da je to približno četrtnina državnega povprečja. Vas je opremljena s sončno elektrarno, ki pridela nekje 65 % energije, porabi pa jo celotna vas. Rezultati so tako dobri zagotovo tudi zato, ker prebivalci ne uporabljajo električnih grelcev, peči ali grelnikov vode (Strom, b. d.)



Slika 14: Eko vas v mestu Sieben Linden (Nemčija)

Vir: (<https://siebenlinden.org/de/oekodorf/oekologie/strom/>)

Tri etažna hiša, ki stoji v Avstriji v Beetzendorfu, obsega kar 530 m², v njej pa živi 18 ljudi. Kljub zahtevnim kriterijem glede požarne varnosti je tri etažna lesena konstrukcija uspešno prestala vse teste ter dokazala, da lahko tudi tako velike stavbe gradimo na okolju prijazen način (Minke & Mahlke, 2004).



Slika 15: Trinadstropna hiša iz slame, Beetendorf OT Poppau, 2005

Vir: (<https://baubiologie.at/strohballenbau/gemeinschaftswohnhaus-strohpolis-sieben-linden-3/>)

V Nemčiji sta leta 2003 avtorja knjige *Straw Bale Construction Manual* (Gernot & Krick, 2020) zgradila prvo slamnato kupolo, ki je služila kot glasbeni atelje. Prav tako sta leta 2007 zgradila objekt, ki je bil v obliki trezorja ter je služil v počitniške namene.



Slika 16: Glasbeni atelje zgrajen leta 2003

Vir: (Gernot & Krick, 2020)



Slika 17: Počitniški objekt zgrajen leta 2007

Vir: (Gernot & Krick, 2020)

Spodaj je prikazana prva stanovanjska hiša grajena s slamnatimi balami na Slovenskem. Leta 2006 se je začelo s projektiranjem in izdelavo preizkusnih sten. Snovanje je potekalo v tesnem stiku z arhitekti, statikom, izvajalci, gradbenim biologom in investitorjem. Za objekt so brez zavrnitve pridobili gradbeno dovoljenje. Dela so se začela leta 2007 ter končala v začetku naslednjega (Bio pasivna slamnata hiša, b. d.).



Slika 18: Prva slamnata hiša na Slovenskem (Kurešček)

Vir: (<https://gnezdo.si/portfolio-item/bio-pasivna-slamnata-hisa/>)

Leta 2013 naj bi bilo po mnenju agencije FASBA (FachverbandStrohballenbau Deutschlande) samo na območju celotne Nemčije zgrajenih 2500 objektov.

FASBA je nemško društvo, ustanovljeno leta 2002 v eko vasi Sieben Linden. Po odločitvi občinskega sveta je bil leta 2008 sedež društva preseljen v eko center Verden. FASBA spodbuja gradnjo s slamo, zato v ta namen organizira izobraževanja in svetovanje ter

spodbuja raziskave in razvoj tega področja. Dejavnosti FASBE so javnega značaja, člani agencije pa svoje delo opravljajo izključno in neposredno v neprofitne namene (Über uns, b. d.).

Jules Ferry Residence Hall je ena najvišjih stavb iz slame. Sestoji iz dveh stavb, ki sta tesno povezani in imata kar 7 nadstropij v skupni izmeri 2707 m² bivalne površine. Konstrukcijski princip temelji na montažnih ploščah iz laminiranega lesa, ki so napolnjene s slamo. Ploščice na fasadi izboljšajo požarno varnost ter nudijo zaščito pred dežjem (Gernot & Krick, 2020).



Slika 19: Jules Ferry Residence Hall, Francija, 2013

Vir: (<http://esbg2015.eu/urban-solution-jules-ferry-residence/>)

Kompetenčni center je bil zgrajen iz montažnih lesenih okvirnih elementov, izoliranih s slamnatimi balami, ki so bili neposredno ometani z apnom. To je prva in najvišja tovrstna stavba v Evropi in je model za gradnjo bal iz slame kot celote. Stavba se ogreva s kombinacijo sončnih absorberjev zraka, ledu in toplotnih črpalk (Gruber, Urban Strawbale: Jules Ferry Residence, b. d.).



Slika 20: Kompetenčni center zgrajen leta 2014 v Nemčiji (Verden)

Vir: (<http://www.nzn.de/>)

Leta 2020 je bil v Svetem Juriju ob Ščavnici zgrajen slamnati objekt, ki služi v turistične namene, prikazan na Slikah 21 in 22. Kot je na slikah razvidno, gre za način gradnje, kjer slamnata bala služi kot polnilo. Objekt je zunaj ometan z apnenčasto-cementnim ometom, znotraj pa z ilovnatim. Gradilo ga je podjetje Snopje, proizvodnja in storitve, d.o.o., iz Ljutomera (Blaguško jezero - priljubljena izletniška točka sedaj obogatena z novo ponudbo, b. d.).



Slika 21: Slamnati objekt v fazi gradnje

Vir: (https://www.pomurec.com/vsebina/57997/FOTO__Blagusko_jezero_-_priljubljena_izletniska_tocka_sedaj_obogatena_z_novo_ponudbo)



Slika 22: Končan slamnat objekt, ki je bil zgrajen leta 2020 ob Blaguškem jezeru.

Vir: (https://www.pomurec.com/vsebina/57997/FOTO__Blagusko_jezero_-_priljubljena_izletniska_tocka_sedaj_obogatena_z_novo_ponudbo)

4 VRSTE KONSTRUKCIJ IN NJIHOVE ZNAČILNOSTI PRI GRADNJI S SLAMO

4.1 Les

Les človeku ponuja številne možnosti. Spremlja ga že tisočletja, in sicer od pradavnine pa vse do danes. Ves ta čas se je posameznik o njem kaj novega učil ter iz njega kaj novega naredil. Človeku les že od nekdaj služi za ogrevanje, orodje, gradbeni material ... Danes se vse bolj zavedamo, da je treba za gozd dobro skrbeti ter vanj posegati zelo premišljeno. Zlato pravilo pravi, da je treba za vsako podrto drevo posaditi novo. Pri gradnji objektov, kjer je vključen les, je zelo pomembno, da je drevo posekano pozimi in ob padajoči luni, približno teden dni po polni luni. Sečnja je torej po teh kriterijih primerna decembra in januarja. Za sečnjo listnatih dreves, kot so hrast, kostanj, robinija, je priporočljivo, da hlodovina odleži kakšno leto v senci. Pri iglavcih pa je pomembno, da jih nažagamo takoj spomladi. Ko so izpolnjeni vsi ti kriteriji, dobimo les z najmanjšo možno vlago. Les pozimi skorajda miruje, v njem je zelo malo hranilnih snovi. Zaradi tega je zelo mala možnost, da ga takrat napadejo škodljivci. Takega lesa načeloma ni treba zaščititi pred njimi (Žitko, 2009).

Zelo pomembno je tudi, da ga ohranimo suhega oz. da ima možnost samo sušenja (Gregoršanec & Slak, 2021).



Slika 23: Predani lesu

Vir: (<https://www.tomles.si/>)

4.2 Bala kot izolativni element v leseni skeletni konstrukciji

Kadar bale v naravni gradnji služijo kot polnilo v konstrukciji, ima les zelo veliko prednost pred drugimi materiali, saj je lahko rezan ali pa tudi ne. Pri tej tehniki gradnje slamnata bala prevzame vlogo izolativnosti ter omejevanja zvoka, vse ostalo, kot so spremenljive ter stalne obtežbe, pa v večini prevzame lesena konstrukcija. Ta nam zato dopušča npr. možnost vgrajevanja velikih steklenih površin na južni strani stavbe, kjer lahko ujamemo veliko naravne svetlobe, pozimi pa tudi veliko naravne toplote. Pozitivna plat lesene konstrukcije je še ta, da lahko nanjo montiramo različne stvari, veliko lažje pa je tudi delo z inštalacijami. Avtorji knjige *Neues Bauen mit Stroh* (Gruber, Gruber, & Santler, *Neues Bauen mit Stroh*, 2000) vidijo še druge prednosti takšnega načina gradnje, in sicer manjše tveganje za posedanje slame ter lažjo izvedbo ostrešja. Po naših izkušnjah je največja prednost pri tem načinu gradnje prav ta, da se najprej zgradi streha, šele nato sledi vgradnja slamnatih bal. S tem se zmanjša tveganje, da slamnato balo izpostavimo vremenskim vplivom, s čimer bi se najbrž strinjali tudi avtorji omenjene knjige.

Obstajajo različni načini vgrajevanja slamnatih bal v leseno konstrukcijo. Avtorji knjige *Der Strohhallenbau* opisujejo pet različnih načinov vgrajevanja slamnatih bal v leseno konstrukcijo. Pri prvem načinu slamnate bale zlagamo pred leseno konstrukcijo, pri drugem za njo, pri tretjem pa bale vgradimo med leseno konstrukcijo. Pri četrtem načinu je konstrukcija spuščena malo v notranjost slamnate bale, pri petem pa so nosilni stebri na obeh straneh bale. Pri vseh načinih je nujno, da bale nekako pritrdimo na nosilno konstrukcijo, saj v nasprotnem primeru slamnata stena pade. Tako pripravljena slamnata stena, ki je ometana z obeh strani, dosega normative pasivne gradnje, ki ne presega $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Gruber, Gruber, & Santler, *Neues Bauen mit Stroh*, 2000).

Več o tej tehniki je v nadaljevanju diplomskega dela, kjer predstavljamo gradnjo lastnega objekta na način gradnje, kjer slamnata bala služi samo kot polnilo v leseni konstrukciji.



Slika 24: Primer lesene konstrukcije, ki je delno napolnjena s slamnatimi balami.

Vir: (<https://stroh-paille-paglia.ch/technik>)



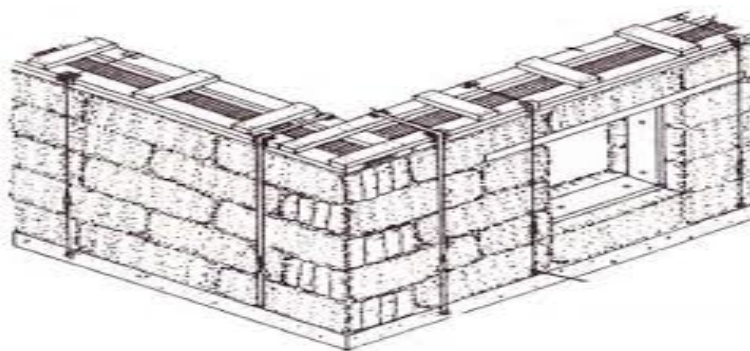
Slika 25: Napolnjen skelet s slamnato balo, ki je lepo poravnana z obeh strani, postržena ter pripravljena za naravni omet.

Vir: (<https://igoton.com/sl/reference.html>)

4.3 Bala, ki nadomesti leseno skeletno konstrukcijo

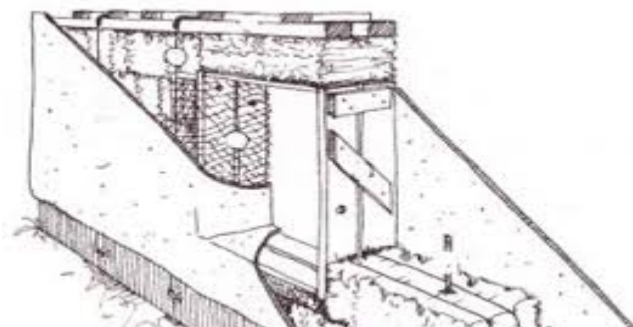
Pri tem načinu gradnje bala povsem prevzame nosilnost objekta. Bale so tako material »allround«, ki poleg nosilnosti zagotavlja še zvočno ter toplotno izolativnost. Iz zgodovine je razvidno, da so ta način gradnje najpogosteje uporabljali. Tako so bile zgrajene prve stavbe v ZDA (Nebraska), v literaturi pa tovrstni način gradnje zasledimo pod imenom »tehnika Nebraska«. Nekateri objekti še danes služijo svojemu namenu, čeprav so bile bale nekoč dosti manj stisnjene, kot narekujejo današnji normativi (Gruber, Gruber, & Santler, Neues Bauen mit Stroh, 2000).

Ta način gradnje nam omenjeni avtorji opisujejo kot zahtevnejši, saj je v marsikaterih parametrih drugačen od klasične gradnje. Prav zaradi tega je treba biti pozoren predvsem na samo zaščito slamnatih bal pred vremenskimi vplivi, saj v tem primeru streha še ni zgrajena tako kot pri gradnji z leseno konstrukcijo. Vlažnost slamnatih bal namreč ne sme presegati 15 %. Pred postavitvijo samega objekta bale dobro zbaliramo, da pridobijo nekje 90 kg/m³ gostote stisljivosti. Med izgradnjo slamnate bale povežemo, pred obtežimo ter pred napnemo, da se ne pojavi posedanje, kot nam prikazuje Slika 28. Slabost takšnega načina gradnje je, da se lahko bale neenakomerno posedajo, zaradi česar lahko nastanejo razpoke, ki negativno vplivajo na stabilnost ter obstojnost ometa. Prav tako moramo biti zelo pozorni pri vgrajevanju odprtin, saj slabijo nosilnost samega objekta. Ta problem rešujemo na več načinov, in sicer tako, da naredimo leseni okvir, ki prevzame nosilnost, kot je prikazano na Sliki 29. V tem primeru moramo biti pozorni na primerno debelino lesa. Drugi način pa je uporaba lesene preklade s kombinacijo lesenega okvirja pod njo. Pri tem je treba paziti na toplotne mostove (prav tam).



Slika 26: Primer samonosilne konstrukcije

Vir: (Minke & Mahlke, 2004)



Slika 27: Detajl odprtín

Vir: (Minke & Mahlke, 2004)

Veliko pozornosti je treba nameniti tudi horizontalnim elementom. Kjer je razpon vogalov prevelik, se morajo horizontalni elementi pojavljati na vsakem vogalu. Uporabimo lahko že znane elemente, kot sta bambus in armaturna palica, lahko pa uporabimo tudi katerega izmed materialov, kot so povezovalni trakovi. Nato na pripravljene stene položimo lesene elemente, ki so široki kot stena iz bal ter debeli najmanj 5 cm. Tako se teža ostrešja enakomerno porazdeli po stenah do samega temelja, stene pa se ne posedajo neenakomerno. Samonosilna stena iz slamnatih bal je lahko visoka za petkratno širino bale, kar nam zadostuje za enoetažno hišo. Iz teh razlogov so začeli graditi samonosilne slamnate hiše, kjer se uporabijo velike slamnate bale z dimenzijami 70 cm višine, 120 cm širine ter do 3 m dolžine, gostota stisljivosti pa je od 180 do 200 kg/m³. Pri tem načinu gradnje je potreben stroj, ki bale nalaga drugo na drugo, kot nam prikazuje Slika 28 (Minke & Mahlke, 2004).



Slika 28: Primer gradnje z velikimi slamnatimi balami

Vir: (<https://baubiologie.at/strohballenbau/lasttragendes-strohballenhaus-in-dornbirn-5/>)



Slika 29: Pogled od znotraj

Vir: (<https://baubiologie.at/strohballenbau/lasttragendes-strohballenhaus-in-dornbirn-5/>)

Ob izkušnjah, ki smo jih pridobili pri gradnji lastne hiše s slamnatimi balami, bi se zagotovo strinjali z avtorji G. Minke in F. Mahlke, H. in A. Gruber ter H. Santler, da je samonosilni način gradnje zahtevnejši od tistega, pri kateri imamo v osnovi leseno ali katerokoli drugo konstrukcijo. Pri lastnem delu s slamo smo namreč spoznali, da je z njo delati užitek, vendar pa je treba nujno upoštevati pravila, omenjena na predhodnih straneh.

4.4 Drugo

V podjetju Snopje iz Ljutomera se ukvarjajo z izdelavo delavniško pripravljenih sten oziroma panelov. Delno pripravljene panele nato dostavijo stranki in jih zmontirajo na pripravljeno podlago. Montaža tako pripravljenih sten je zelo hitra; za postavitev ene etaže potrebujejo en dan. Stena je sestavljena iz lepljenega lesa debeline 44 cm, ki tvori pasnico panela zgoraj in spodaj ter spada med samonosilne konstrukcije. Za izolativnost stene uporabljajo slamo iz lokalnega okolja, saj s tem pripomorejo k razvijanju celotnega območja. Slamnata bala je enakomerno vgrajena v leseni okvir, ki jo nato po končani montaži omečejo z ilovnatim ter apnenim ometom. Stene, ki so pripravljene v delavnici, omogočajo bistveno boljšo stisljivost bal, kar se izraža pri sami gorljivosti le-teh. Stisnjena slama namreč preprečuje dovod kisika, ki je pomemben za gorenje. Ometana stena od zunaj in znotraj tako ustreza evropskemu certifikatu 90-minutne negorljivosti (Naravna hiša Snopje, b. d.)



Slika 30: Postavitev v hali pripravljenih slamnatih sten

Vir: (www.snopje.si)

Gospod Tomaž Činč, lastnik podjetja Snopje, mi je pomagal pri izdelavi naše družinske slamnate hiše s številnimi nasveti, njegovi zaposleni pa so izvedli še nanos apnenega ometa od zunaj ter ilovnatega od znotraj. Ker se njihov sistem gradnje razlikuje od načina gradnje, ki smo ga izbrali za lastno hišo, v nadaljevanju predstavljam njihov koncept gradnje, opisan v intervjuju, ki sem ga opravil z lastnikom omenjenega podjetja. Po mojem mnenju je njihov koncept gradnje gradnja prihodnosti.

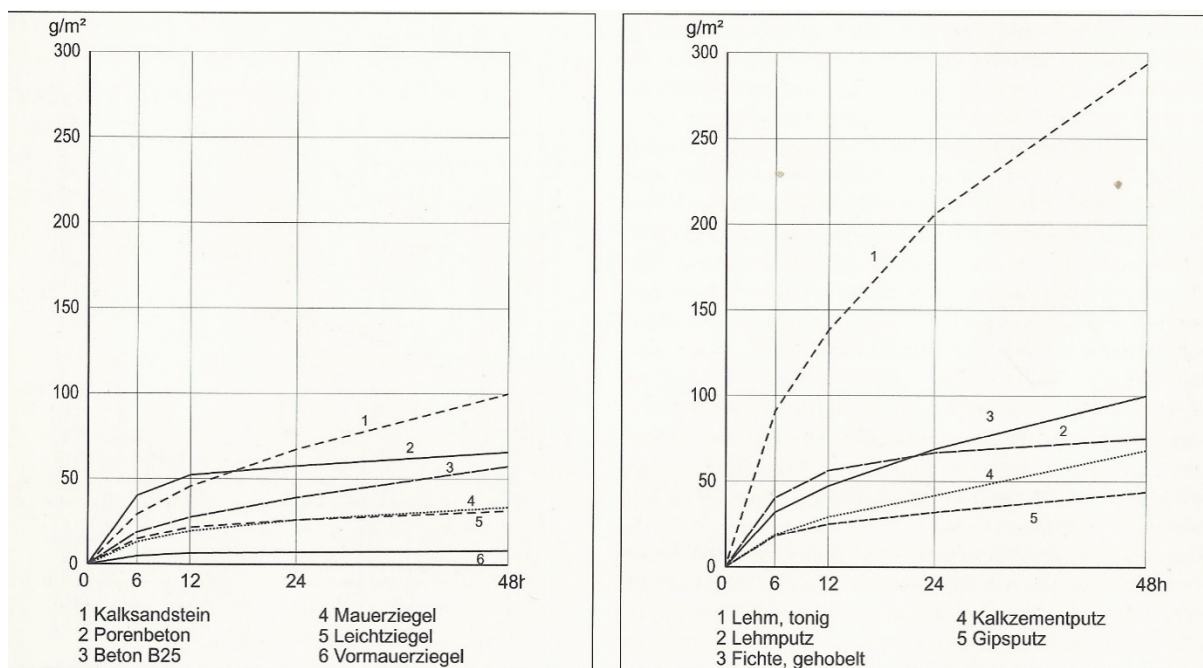
5 NARAVNI OMETI

Omet je koža vsakega objekta, ki je ometan na klasičen način ali z ometom osnovanim na naravni bazi. Prav slednji se uporabljajo pri gradnji slamnatih hiš. V naslednjih dveh točkah predstavljamo ilovnate ter apnene omete.

5.1 Ilovnati omet

Uporaba ilovnatega ometa sega že v daljno preteklost. Naši predniki so znali živeti z naravo in se učiti od nje. Z opazovanjem živali, kako so si gradile zavetja iz blata, so tudi sami začeli uporabljati blato za zaščito svojih domov. Uporabljali so ga tako, da so namočeno blato pomešali s travo in ga nanесли na steno objekta. Ko se je stena posušila, je bila trda kot beton. Vezivo v ilovnatih ometih je glina. Če pri mešanju ilovnatega ometa dodamo preveč gline, ki je v tem primeru vezivo, nam omet začne pokati. Pri ometih povečini uporabljamo ilovnati pesek ali peščeno ilovico, ki ji primešamo pesek. Prava kombinacija peska in ilovice, ki je ometana na slamnato balo, nam da zelo trdno končno slamnato steno, ki je posledično tudi kakovostno izolirana. Ilovica in slama sta zelo kompatibilni, saj povrhnjica slame vsebuje silicij tako kot ilovica, in tako se pojavi kemična adhezija. Slama se trajno konzervira ter služi kot vezivo. Kombinacija vseh omenjenih pravil ter odsotnost vlage nam zagotavljata dolgo obstojnost ometa. Katera kombinacija sestavin v ometu je pravilna, ugotovimo tako, da zmešamo več različnih kombinacij ilovice, peska, nasekljane slame in vode. Nanesemo jih na steno ter počakamo, da se posušijo. Ko ugotovimo, katera kombinacija je najboljša, jo nanesemo na steno (Žitko, 2009).

V nadaljevanju je prikazan poizkus, ki so ga naredili na ilovnatem ometu. Poizkus so izvedli tako, da so prostor v izmeri 30 m² ometali z ilovnatim ometom. Odprtine za stavbno pohištvo so bile prazne oz. brez vgrajenih oken in vrat. Nato so povečali vlažnost v prostoru s 50 % na 80%. Rezultati so pokazali, da je ilovnati omet v prvih 24 urah vezal vlago samo v prva 2 cm ometa. Po 48 urah so izsledki pokazali, da je omet iz prostora vezal na sebe kar 9 litrov vode. Test so primerjalno naredili tudi z različnimi vrstami zidakov ter betonom, ki pa niso mogli konkurirati naravnemu materialu (Gernot & Krick, 2020). V istem časovnem obdobju so namreč iz zraka absorbirali do 1 liter vode. Slika 31 nam nazorno prikazujeta rezultat omenjenega poizkusa. Na Sliki 31 imamo prikazano: 1. peščeno-apnena opeka, 2. gazirani beton, 3. beton B25, 4. opeka, 5. lahka opeka ter 6. obrnjena opeka. Slika na desni pa prikazuje: 1. ilovica ter glina, 2. glina, 3. skobljana smreka, 4. apneno-cementni omet, 5. mavčni omet.



Slika 31: Absorbcija vlage pri različnih materialih

Vir: (Gernot & Krick, 2020)

Ilovnati omet je zelo primeren tudi, kadar se odločimo za sistem stenskega gretja ali končni sloj pri izdelavi zidane peči, saj je odporen na temperaturne razlike in ne poka. Poleg izjemne sposobnosti akumuliranja toplote omogoča tudi sevanje toplote z določeno vsebnostjo vlage, zaradi česar prostori niso prekomerno izsušeni (Bio pasivna slamnata hiša, b. d.).

5.1.1 Ugodne lastnosti ilovnatih ometov

Ilovica kot gradbeni material ima zelo veliko pozitivnih lastnosti – zdravje stanovalcev, ekološki odtis. Je energijsko neintenzivna, saj se v primerjavi z ostalimi gradbenimi materiali za njeno pridobivanje porabi zelo malo energije – približno 10 %. Je hidrofobična, kar pomeni, da ima veliko sposobnost uravnavanje vlage v prostoru. Prekomerno vlago tako veže na sebe oziroma jo oddaja nazaj v prostor ter tako ustvarja prijetno mikroklimo. Ilovica je tudi zelo dober toplotni in zvočni izolator. Ne vsebuje nobenih zdravju škodljivih emisij, prav nasprotno, iz zraka namreč absorbira škodljive snovi in neprijetne vonjave (Podjed, b. d.).

Vrednosti Ph pri ilovici znaša 7.1, kar preprečuje nastanek plesni, posledično pa ne povzroča alergij in ne draži kože (prav tam).



Slika 32: Sožitje človeka s naravo

Vir: (<https://naravnahiska.si/2013/06/21/ilovica/>)

5.1.2 Izdelava ilovnatga ometa na slamo

Omet poveže in utrdi slamnate bale ter omogoča optimalno zrakotesnost in požarno varnost. Za ometavanje slamnate hiše lahko uporabimo ilovnato-, apneno-, mavčno-, cementno- in apneno-cementne omete. Na slamnato steno se nanaša v treh slojih, in sicer strojno ali ročno. Prvi sloj je povezovalni, segati mora kar se da globoko v slamo, saj v prvi vrsti poveže slamo in naredi podlago za naslednji sloj. Uporabimo redkejšo zmes, saj tako lažje in boljše nanesemo prvi sloj. Če se nam po sušenju pojavijo risi, nas ni treba skrbeti, saj ravno te razpoke pripomorejo k boljšemu sprijemu naslednjega sloja ometa. Drugi sloj ometa mora imeti gostejšo strukturo ter mora biti ojačan s peskom ali drobnim prodom, da lahko dobro napolni rise, ki so se pojavili po prvem sloju. Da zmanjšamo težo nanesenega ometa, se dodajajo tudi žagovina, fino narezana slama, ki odpade pri obdelavi slamnatih bal, ali konopljina vlakna. Nanesemo ga od 2 do 3 cm, kar nam že daje želeno ravnino ometane slamnate stene. Zelo pomembno je, da drugi sloj naredimo hrapavi, saj tako pridobimo boljšo podlago za zadnji sloj, ki ni debelejši od 1 cm. Skupna debelina ometa naj bo okoli 6 cm, kajti debelejša ometana stena omogoča boljšo toplotno izolativnost ter boljšo uravnavanje vlage v prostoru. (Minke & Mahlke, 2004).

Priprava ometa za ročno nanašanje poteka tako, da v mešalec nalijemo vodo, nato dodamo ilovico (zemljo), ki smo jo en dan prej že namočili. Ilovico namakamo zato, da se dobro namoči in se med mešanjem lepše veže. Na koncu dodamo še nasekljano slamo in pesek po potrebi. Ko imamo zmes pripravljeno, pa lahko za boljšo izolativnost dodamo še žagovino (Žitko, 2009).

Prvi sloj nanosa na slamnato balo mora biti mehak kot maslo, ko je ogreto na sobno temperaturo. Nanos naj bo debel približno od 3 do 4 centimetre, saj tako dodobra zaščitimo slamo pred insekti, požarom ter ji pomagamo pravilno porazdeliti vlažnost v obliki pare. S tem smo dosegli balzamiranje slame ter jo pripravili na dolgi počitek. Po končanem prvem nanosu je priporočljivo, da sloj nabrazdamo, saj s tem omogočimo boljši oprijem naslednjega sloja ometa (Gregoršanec & Slak, 2021).

Na steno lahko omet nanašamo kar z rokami ali pa si pomagamo z zidarskim orodjem. Stene so lahko poljubnih oblik, saj nam ilovnati omet dopušča igranje z njim. Tako so lahko stene ravne ali z različnimi vijugami in izboklinami. Sušenje ometa poteka zelo počasi, tako da ga lahko oblikujemo kar več dni (Žitko, 2009).



Slika 33: Nanašanje ilovnatega ometa z rokami

Vir: <https://www.posavskiobzornik.si/ne-spreglejte/hisa-iz-lesa-slame-in-gline-87647>

Žitko navaja najboljša razmerja materialov pri izdelavi ilovnatih ometov.

1. Za omete znotraj bivalnih prostorov:

- 10 litrov vode,
- 6 lopat ilovnatega peska,
- 5 litrov slame, dolge od 3 do 5 cm,
- 5 lopat peska,
- 3 lopate žagovine.

2. Za omete od zunaj:

- 10 litrov vode,
- 7 lopat ilovnatega peska,
- 5 litrov slame, dolge od 3 do 5 cm,
- 3 lopate peska.

Razmerje materialov se spremeni glede na njihovo kakovost. Med mešanjem ometa se namreč najbolje vidi, ali je treba dodati vodo ali suhe materiale. Najprej zemlji dodamo vodo, da dobimo blato, ki mu nato dodajamo slamo, pesek in žagovino (Žitko, 2009).

5.2 Apneni omet

Apneni omet se je začel uporabljati že 5000 let pred našim štetjem. Uporabljali so ga že na zidovih starodavnih mezopotamskih zgradb (Teorija o ometih, b. d.).

Novak v svojem delu pravi, da se je apnena malta množično uporabljala vse do iznajdbe cementa v začetku 19. stoletja, ob koncu recesije (prva polovica 20. stoletja). V Sloveniji pa je ta gradbeni material postal skoraj pozabljen. Uporabljal se je kot vezivo pri povezovanju zidakov v zidovih, v obliki ometov kot zaščita konstrukcij pred atmosferskimi vplivi ter kot podlaga za okrasni sloj. Danes se znotraj naravne gradnje znova vse več uporablja oziroma vse bolj pridobiva na svoji veljavi. Pri apneni malti gre za mešanico apna, agregata in vode. Služi kot zaščita konstrukcijskega elementa (zid, obok, lok ...), izravnavanje neravnin in kot podlaga za poslikavo ali kak drug okrasni sloj. Apnene malte so izboljšane malte za zidanje. V njih je več apna, agregat je skrbneje izbran, v malto pa so lahko dodani tudi mineralni pigmenti, ki obarvajo omet (Novak, 2011).

Industrijski napredek, ki se je začel v 60. letih 20. stoletja, je omogočil proizvodnjo sodobnih gradbenih materialov, ki pa so po sestavi precej drugačni od tistih, ki so jih uporabljali nekoč, od naravnih. Dodane so jim umetne snovi in omogočajo večjo togost, vezivnost, trdnost, hitrost vgradnje itd. Kadar sodobne materiale vgrajujemo v stare fasade ali jih z njimi popravljamo, po navadi stavbam povzročamo nepopravljivo škodo, saj imajo drugačne fizikalne in kemijske lastnosti. Cementni ometi, na primer, vsebujejo več soli od apnenih, ne prepuščajo pare ter povečujejo vlažnost zidov. Silikonski in akrilni opleski v primerjavi z apnenimi preprečujejo »dihanje« sten, zaradi česar se v zidovih nabira vlaga, opleske se oluščijo, v notranjosti pa se pojavi plesen (Kavčič, b. d.)

5.2.1 Žgano apno

Pridobivanje apna se začne z žganjem apnenca v apneni peči. Kamen obdelajo v manjše grude primerne velikosti in jih nato žgejo pri temperaturi 900–1000 °C. V industrijskih pečeh dosežejo temperaturo tudi do 1200 °C (višja temperatura, večja specifična površina CaO). Kontroliranje temperature je namreč zelo pomembno, saj se ob prekomernem segrevanju lahko apno prežge, kar povzroča vsebnost grud, ki v malti reagirajo. Kosi apnenca morajo biti skrbno zloženi v kope. Pri idealnih vremenskih pogojih traja žganje apnenca nekje od 4 do 7 dni, kjer se apnenec pretvarja v kalcijev oksid: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. Postopek razkisovanja se dogaja med procesom žganja, kjer postane apno bazično (pH 5.5). Za kurjavo pri žganju apnenca se mora obvezno uporabiti suhi drobni les, ki proizvede čim manj pepela. Pri uporabi plina, premoga ali katerega drugega materiala lahko zasledimo nabiranje nečistoče na apnencu. Pri žganju apnenca se izločata ogljikov dioksid in voda. Končni rezultat je žgano (imenovano tudi »živo«) apno oziroma kalcijev oksid. Živo apno v kosih se lahko uporablja na več načinov, in sicer za razkisovanje zemlje, pripravo gašenega apna ter za pripravo »žive apnene« malte, ki se mora obvezno uporabiti in skladiščiti v suhih razmerah (Kavčič, b. d.).

Kavčič v svojem delu navaja, da je pri izgorevanju zelo pomembno, da se temperatura ter vročina dvigujeta enakomerno. Izpust dima CO_2 mora potekati nemoteno, saj sicer ostane v materialu ter vpliva na kakovost apna (Apno, navodila za pripravo apnenih malt, ometavnje in ohranjanje historičnih ometov, 2006).

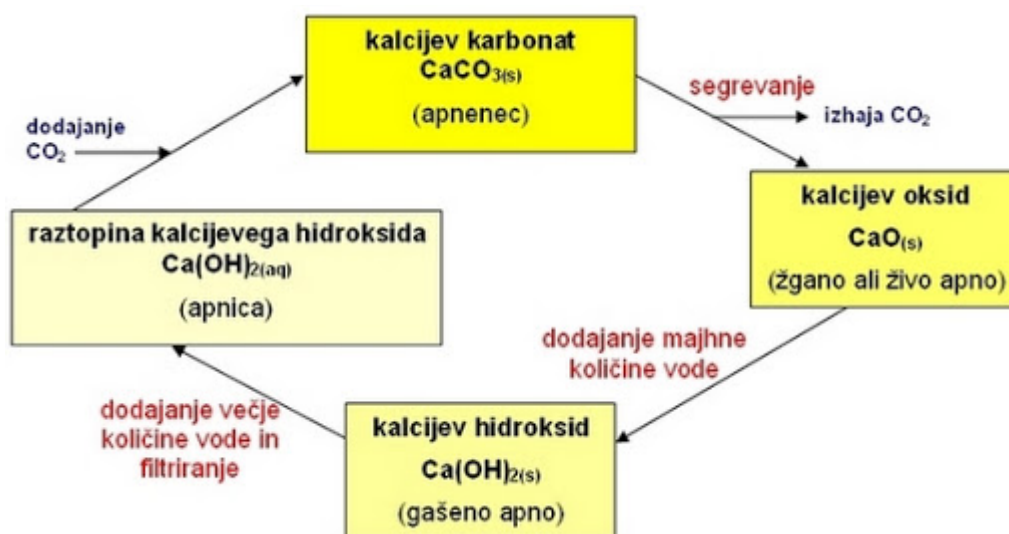


Slika 34: Žganje apnenca

Vir: (<https://www.ljubno.si/objava/77559>)

5.2.2 Gašeno apno

Ko žganemu apnu dodamo vodo, sprožimo proces gašenja: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$. Rezultat je gašeno apno oziroma kalcijev hidroksid. Grude iz žganega apna morajo biti razbite v enakomerno velike kose ter absolutno suhe. To dosežemo tako, da zagotovimo čim bolj enakomerno gašenje, kjer je količina dodane čiste vode zelo pomembna, saj je mora biti za tvorbo kalcijevega hidroksida ravno prav. Če dodamo preveč vode, apno »utopimo« oziroma nastane apnena kaša, ki slabo veže. Če pa dodamo premalo vode, začnejo nastajati grude ne ugašenega apna. Burna reakcija gašenja temperaturo dvigne do vrelišča ($110\text{ }^{\circ}\text{C}$), zato mora biti izpeljana počasi, skrbno varovana ter pod stalnim nadzorom, saj lahko povzroči brizganje vrele vode iz zgašenih delcev. Apneno maso je treba med gašenjem stalno mešati in gnesti, da se ne pojavi strjevanje posameznih grud ter da se zgasi čim več mase. V nasprotnem primeru negativno vpliva na plastičnost preostale mase. Gašeno apno shranimo v apnenico, vendar ga je treba nujno presejati skozi sito (priporočeno 5 mm), s čimer dosežemo izločitev nezgašenih grud (Kavčič, b. d.).



Slika 35: Reakcije apnenca

Vir: (http://www.osbos.si/ekemija/e-gradivo/6-sklop/reakcije_apnenca.html)

6 TESTI IN CERTIFIKATI

Na podlagi testov in pridobljenih certifikatov je slamnata bala uradno gradbeni material že v številnih državah, kot sta tudi nam najbližja Avstrija in Nemčija. V Sloveniji še žal vedno ni certificirana, saj je treba izvesti zahtevne teste oziroma jih pridobiti iz katere izmed evropskih držav ter jih predložiti certifikacijski službi Zavoda za gradbeništvo Republike Slovenije. Novejši testi fizikalnih lastnosti slamnatih bal izhajajo iz združenja graditeljev iz slamnatih bal po imenu FASBA (Kopše, 2011).

6.1 Požarna varnost

Gradbeni materiali so klasificirani glede na požarno odpornost, in sicer glede na čas, ki preteče, preden material zagori. Poznamo naslednje standarde: F30, F60, F90, F120. Števila izražajo čas v minutah, znotraj katerega material zagori (Gernot & Krick, 2020).

Leta 2000 so na tehnični fakulteti na Dunaju izvedli test gorljivosti nenosilne stene iz slamnatih bal, ki je ometana iz obeh strani. Naročnik testa je bila skupina za prilagojeno tehnologijo iz Dunaja (GruppeAngepasste Technologie). Rezultat testa, ki je prikazan v Prilogi 1, je presenetljivo dokazal, da lahko tudi naravni material doseže standard požarne odpornosti F90. Stena iz slamnatih bal se je tako uvrstila v F90 po Avstrijskem standardu (Österreichische Norm) ÖNORM B 3800–2, sprejetem leta 1997 (Kopše, 2011).

Tabela 1 nam prikazuje sestavo nenosilne slamnate stene, ki je bila uporabljena za preizkus gorljivosti.

Tabela 1: Sestava stene za preizkus, iz notranje proti zunanji

Funkcija	Material	Debelina[cm]
finalna obdelava	ilovnati omet	2
nosilna konstrukcija ilovnatega ometa	z žico vezana trstika	-
parna ovira	Öko natur parna ovira	-
nosilna konstrukcija parne ovire	smrekove deske	2
nosilna konstrukcija, zvočna izolacija	slamnate bale	35
nosilna konstrukcija parne ovire	smrekove deske	2
parna ovira	Öko natur parna ovira	-
nosilna konstrukcija, apnenega ometa	z žico vezana trstika	-
finalna obdelava	apneni omet	2
skupaj debelina		43

Vir: (<https://baubiologie.at/>)

Ocenjevanje po standardu ÖNORM B 3800 poteka tako, da se ves čas preizkusa preprečuje prodiranje ognja, dima ter ostalih plinov, produktov gorenja, preko poizkusne slamnate stene. Dovoljena so sicer neka odstopanja, kar pomeni, da neka manjša količina plinov lahko prodre iz stene, vendar se mora končati takoj po odstranitvi vira gorenja.

Na strani poizkusne slamnate stene, kjer se ne dovaja vir ognja, se lahko stena segreje za največ 180 K, celotna stena pa za največ 140 K. Debelina ometa po končanem preizkusu mora biti najmanj 1 centimeter (Kopše, 2011).



Slika 36: Moč gorenja na preizkušanca

Vir: (<https://oekofilm.de>)



Slika 37: Stena po končanem preizkusu

Vir: (<https://oekofilm.de>)

Po končanem preizkusu so rezultati pokazali, da je slamnata stena prestala preizkus. Prejela je certifikat F90, kar pomeni, da je prestala najmanj 90-minutno odpornost proti požaru.

Podoben test so v Nemčiji leta 2014 izvedli na leseni konstrukciji s slamnatimi balami in 8-milimetrskim apnenim ometom, ki je pokazal, da tudi tolikšna debelina ometa dosega 90-minutno požarno varnost.

V Združenih državah Amerike pa so s testom SHB AGRA dokazali celo, da ustrezno ometana slamnata stena brez razpok v ometu lahko doseže tudi 120-minutno odpornost proti požaru (Gernot & Krick, 2020).

6.2 Toplotna izolativnost slamnate stene

Naravni materiali lahko shranijo skoraj dvakrat toliko toplotne energije kot mineralni materiali z isto gostoto (Gernot & Krick, 2020).

S. Kopše v svojem diplomskem delu prikazuje tabelo avstrijskega inštituta za gradbeno biologijo, ki je na svoji spletni strani (<https://baubiologie.at/>) objavil izračun toplotne prehodnosti tipičnega konstrukcijskega sklopa stene iz slamnatih bal (Kopše, 2011). Tabelo v celoti povzemam v Tabeli 2.

Toplotna prehodnost konstrukcijskega sklopa $U=1/R$ [W/m²K]

Tabela 2: Izračun prehodnosti konstrukcijskega sklopa za steno skupne debeline 44 cm

	Debelina d[m]	Toplotna prevodnost K[W/mK]	Toplotni upor plasti $R=d/k[m^2K/W]$
Upor mejne zračne plasti	–	–	0,17
Ilovnati omet	0,025	0,80	0,03
Lesene letve	0,02	0,13	0,15
Slamnate bale, pokončno	0,35	0,045	7,78
Lesene letve	0,02	0,13	0,15
Apnen omet	0,025	0,87	0,03
Upor mejne zračne plasti	–	–	0,17
Vsota	0,44		8,48
			U= 0,12 W/m ² K(*)

Vir: (Kopše, 2011)

Toplotna prehodnost oziroma U faktor nam pokaže količino pretečenega toplotnega toka P [W] skozi konstrukcijski sklop površine 1m² pri temperaturni razliki 1K med obema stranema zidu.

Poizkus, ki ga prikazuje Preglednica 2, nam nazorno pokaže, da ima slamnata stena debeline 44 cm U faktor 0,12 W/m²K. Normativi, ki so potrebni za doseg standarda pasivne gradnje, zahtevajo, da je toplotna prehodnost U vseh gradbenih elementov pod 0,15 W/m²K. Torej kot je razvidno iz preizkusa, slamnata stena dosega normative pasivne gradnje (Kopše, 2011).

Pri izgradnji lastne slamnate hiše smo uporabili bale debeline petdeset centimetrov, vendar bomo pri izračunu toplotne prehodnosti odšteli dva centimetra, ki sta odpadla pri striženju bal. Tabelo v celoti povzamem v Tabeli 3.

Tabela 3: Izračun prehodnosti konstrukcijskega sklopa za steno skupne debeline 57 cm

	Debelina d[m]	Toplotna prevodnost K[W/mK]	Toplotni upor plasti R=d/k[m ² K/W]
Upor mejne zračne plasti	-	-	0,17
Ilovnati omet	0,025	0,80	0,3
Lesene letve	0,02	0,13	0,15
Slamnate bale, pokončno	0,48	0,045	10,6
Lesene letve	0,02	0,13	0,15
Apnen omet	0,025	0,87	0,03
Upor mejne zračne plasti	-	-	0,17
Vsota	0,57		11,57
			U= 0,08 W/m ² K(*)

Vir: (Lasten)

6.3 Test potresne odpornosti samonosilne konstrukcije iz slamnatih bal

S. Kopše v svojem delu govori o potresu z magnitudo 7,6 stopnje po Richterjevi lestvici, ki je leta 2005 v Pakistanu povzročil naravno katastrofo. Umrlo je več kot 100.000 ljudi, porušilo se je več kot 750.000 objektov in preko 3 milijone ljudi je ostalo brez strehe nad glavo. Pakistanski geološki inštitut (GSP) predvideva, da so se tla tresla s pospeškom tal med 0,30 g in 0,60 g. V omenjeni državi je gradnja protipotresnih objektov zelo draga in si je vsak ne more privoščiti. Prav zaradi tega so oblikovali organizacijo PAKSBAB (Pakistanska gradnja iz slamnatih bal in alternativnih materialov), ki je razvijala gradnjo iz slamnatih bal. Ta način gradnje je zadovoljeval pogoje finančnega in energetskega vidika ter vključeval uporabo lokalnih materialov. Za hišo, kjer slamnata bala prevzame vlogo nosilnosti, so v laboratoriju v Nevadi (ZDA) opravili preizkus, kjer horizontalna sila obremenjuje samonosno konstrukcijo kot pri potresu. Objekt, kot ga prikazuje Slika 30, je testno zgrajen objekt, ki je prestal potres kar 0,87 g. Kot je razvidno s slike, ni nobena stena tako močno deformirana, da bi ogrožala življenja v njem. V Sloveniji lahko po ocenah Geodetskega inštituta iz leta 2001 pričakujemo najmočnejše horizontalno premikanje tal tam nekje do 0,25 g (velja za trdna tla razreda A po Eurocode 8) (Kopše, 2011).



Slika 38: Simulacija potresa na samonosilni konstrukciji iz slamnatih bal

Vir: (<https://docplayer.si>)

6.4 Krovna tema - sodobne metode gradnje in trajnost

Krovna tema gradbenega oddelka na Višji strokovni šoli Academia generacije 2020 se glasi: **»Potencial sodobnih metod gradnje za kontinuirano spreminjanje industrije«**. Temo lahko razčlenim na:

Kako lahko uporaba novih materialov in procesov vpliva na trajnost - gradbeništvo podobno kot mnoge druge industrijske panoge močno obremenjujejo naše okolje?

V evropskih stavbah se porabi kar 40 odstotkov energije, zaradi njih nastane 36 odstotkov emisij CO₂, proizvedejo pa lahko kar 30 odstotkov odpadkov v Evropi. Prav gradbeni sektor je s porabo virov eden izmed naj potratnejših, saj stavbe v EU ustvarijo 50 odstotkov vseh pridobljenih materialov, porabijo prav toliko vse energije in ustvarijo 50 odstotkov vseh izpustov ogljikovega dioksida. Zaradi vsega naštetega Evropska komisija ocenjuje, da je le trajnostna gradnja tista, ki pripomore k ohranjanju bolj zdravega in čistega okolja. Cilj za prihodnost na področju gradbeništva je doseganje popolnega razogličanja (Košenina, b. d.) .

Trajnostna stavba je tista stavba, ki je grajena z materiali z nizkimi vgrajenimi emisijami in energijo, odpadke, ki pri tem nastanejo, pa je mogoče reciklirati. Ko takšna stavba ne služi več svojemu namenu, je materiale mogoče razgraditi ali pa posamezne dele ponovno uporabiti. Je energijsko učinkovita in ekonomična. Obenem je tudi prijazna do uporabnika, dobro vpliva na človekovo počutje, v njej je zdravo bivati, dolgoročno pa pozitivno vpliva tudi na ohranjanje družbenih in kulturnih vrednot (prav tam).

V diplomski nalogi predstavljena hiša iz slame vsekakor spada med trajnostno grajene stavbe, ki ima velik potencial za uresničitev cilja popolnega razogličanja. V veliki meri je namreč zgrajena iz naravnih materialov, kot so slama, les, trstika, apno in ilovica. Naštete materiale je mogoče 100-odstotno reciklirati ali jih vsaj delno znova uporabiti. Predvsem ilovnati ometi pozitivno vplivajo na počutje človeka, ki biva v takšni hiši, ter na njegovo zdravje. Vse surovine so uporabne v svoji osnovni obliki in zahtevajo le minimalno obdelavo, s čimer se izognemo dodatni porabi energije. Dostopne so v relativno bližnji okolici, zato so transportne poti krajše, kar je prav tako pomemben vidik trajnostne gradnje.

Opisana hiša zadostuje kriterijem pasivne gradnje in je energijsko zelo varčna. K temu pripomore predvsem kombinacija materialov (slama, ilovica, apno), ki so zelo kompatibilni.

Še en vidik trajnostne gradnje pa predstavlja tudi dejstvo, da hiša iz slame preživi več generacij, kar smo prikazali v diplomskem delu, v poglavju Uporaba slamnatih bal v gradbeništvu nekoč.

7. SLABOSTI IN PREDNOSTI GRADNJE IZ SLAME

Izbira načina gradnje in materiala je odvisna od vsakega posameznika. Med ljudmi večinoma vlada prepričanje, da je dobra hiša samo tista, ki je zgrajena iz opeke ali betona. Vendar pa se je do začetka industrijske dobe gradilo izključno z naravnimi materiali. Seveda imajo naravni materiali, v našem primeru slama, tako slabosti kot prednosti, vendar po naših izkušnjah veliko več drugih. Ene in druge bomo podrobneje opisali v naslednjih poglavjih.

7.1 Slabosti gradnje iz slamnatih bal

Ena od slabosti gradnje iz slamnatih bal in drugih naravnih materialov je, da je precej manj preizkušena v primerjavi z gradnjo z industrijskimi materiali, posledično pa ji zaupa manj ljudi.

Druga slabost je povezana z obliko slamnatih bal, saj nobena izmed njih ni enaka, kar zahteva dodatno obdelavo, s katero si zagotovimo želeno dimenzijo. Sami smo si pomagali z doma narejeno iglo, razvidno s Slike 39, s katero smo na novo zašili slamnato balo in nato staro vrv odstranili.

Zelo pomembno je, kako skladiščimo slamnate bale. Zagotoviti si moramo dovolj velik prostor pod streho, kjer bomo lahko bale varovali pred vlago. Če je bala mokra, je namreč neuporabna za gradnjo. Če nameravamo bale dlje časa skladiščiti, je pomembno tudi, da jih zavarujemo pred glodavci. Slednji si namreč v njih naredijo domovanja, pregriznejo vrv in jo s tem naredijo neuporabno za vgradnjo. Sami smo slamo, neuporabno za gradnjo, uporabili kot zvočno izolacijo v vmesnih stenah.

Glede na lastne izkušnje z gradnjo s slamnatimi balami lahko zatrdimo, da nobena izmed slabosti ne predstavlja nepremostljive ovire in zato bodočega graditelja ne bi smela odvrniti od gradnje s tem materialom.



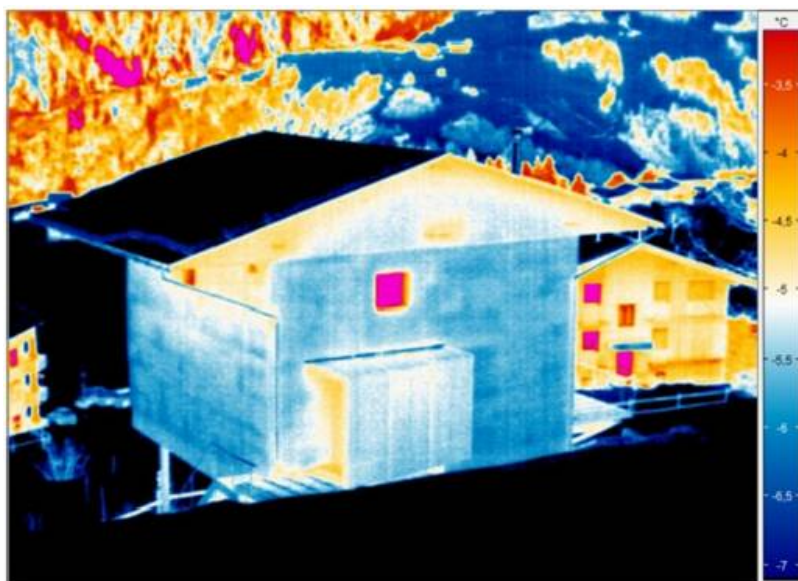
Slika 39: Igla za ponovno šivanje slamnate bale

Vir: (Lasten)

7.2 Prednosti gradnje iz slamnatih bal

Avtorja knjige Strohballenbau (Minke & Mahlke, 2004) menita, da je prednost tovrstne naravne gradnje predvsem v gradbenem materialu – slamo, ilovico ter les je namreč mogoče dobiti v bližnji okolici. Dostava lokalnega gradbenega materiala porabi občutno manj energije kot dostava kateregakoli drugega materiala ter skoraj ne vpliva na onesnaževanje okolja. Kot prednost še navajata požarno odpornost, ki je F90, oziroma razred gradbenega materiala B2, kar pomeni normalno gorljivo. Ne smemo pa pozabiti niti na toplotno prevodnost, ki samo gradnjo uvršča med pasivno gradnjo. Slika 40 nam prikazuje objekta, posneta s termo kamero, s katere je razvidno, da je toplotna prevodnost slamnate hiše veliko boljša kot toplotna prevodnost druge hiše s slike. Temno modra barva hiše iz slamnatih bal v ospredju predstavlja manjšo izgubo toplote, oranžna hiša za njo, ki je zgrajena na klasičen način, pa ima slabšo toplotno izolativnost. Stroški ogrevanja so pri hiši iz slame posledično veliko manjši. Še ena prednost tovrstne gradnje je, da omogoča različne tipe gradenj.

Iz lastnih izkušenj lahko povemo, da je bivanje v objektu grajenem iz slame tudi poleti zelo prijetno, temperatura v hiši pa prijetno hladna, zaradi česar ni potrebe po uporabi električne klimatske naprave, ki bi s svojim delovanjem še dodatno obremenjevala okolje in povečala naše stroške. Ilovica v kombinaciji s slamnato balo namreč zelo dobro uravnava vlago v prostoru, kar povzroča omenjeni občutek. Hiša iz slame diha sama po sebi in ne potrebuje nobene tehnologije za pretok zraka, kar predstavlja tudi finančno prednost.



Slika 40 : Slamnata hiša v ospredju posneta s termo kamero

Vir: (<http://uporabaslamnatihbal.blogspot.com/2013/06/dobra-toplotna-in-zvocna-izolativnost.html>)

Avtorja omenjene knjige vidita prednost naravne gradnje tudi v ekološkem odtisu. Če za gradnjo uporabimo materiale iz okolice, je zaradi krajšega transporta obremenitev okolja precej manjša. Tudi poraba energije za izdelavo industrijskega gradbenega materiala ni nezanemarljiva. Ko hiša odsluži svojemu namenu, pa negativno vplivamo na okolje tudi s samim odvozom ter recikliranjem nenaravnih materialov, kar ne nazadnje spet pomeni dodatne stroške (prav tam).



Slika 41: Ekološki odtis pri klasični gradnji

Vir: (<http://uporabaslamnatihbal.blogspot.com/2013/06/slabosti-in-prednosti.html>)

V nadaljevanju opišemo potek gradnje lastne hiše iz slamnatih bal, ki ima tloris prikazan na Sliki 42.



45

8.1 Detajli temelja in toplotna izolacija na tleh

Temelj je konstrukcijski element, ki nosi obtežbo objekta ter ga prenaša na temeljna tla. Tla imajo relativno majhno nosilnost, teža objektov, ki jih nanje postavljamo, pa običajno veliko. Prav zaradi tega moramo težo objektov prenesti na nosilna tla preko veznih elementov oziroma temeljev. Temeljna tla morajo biti dovolj nosilna, obstojna, njihove lastnosti pa se ne smejo spreminjati. Temelj mora pri prenašanju vplivov na temeljna tla zagotoviti varnost glede na nosilnost tal, preprečiti neenakomerno posedanje posameznih delov objekta, zagotoviti, da premiki in posedanje objekta ostanejo v dovoljenih mejah, ter preprečiti poškodbe na sosednjih, že zgrajenih objektih.

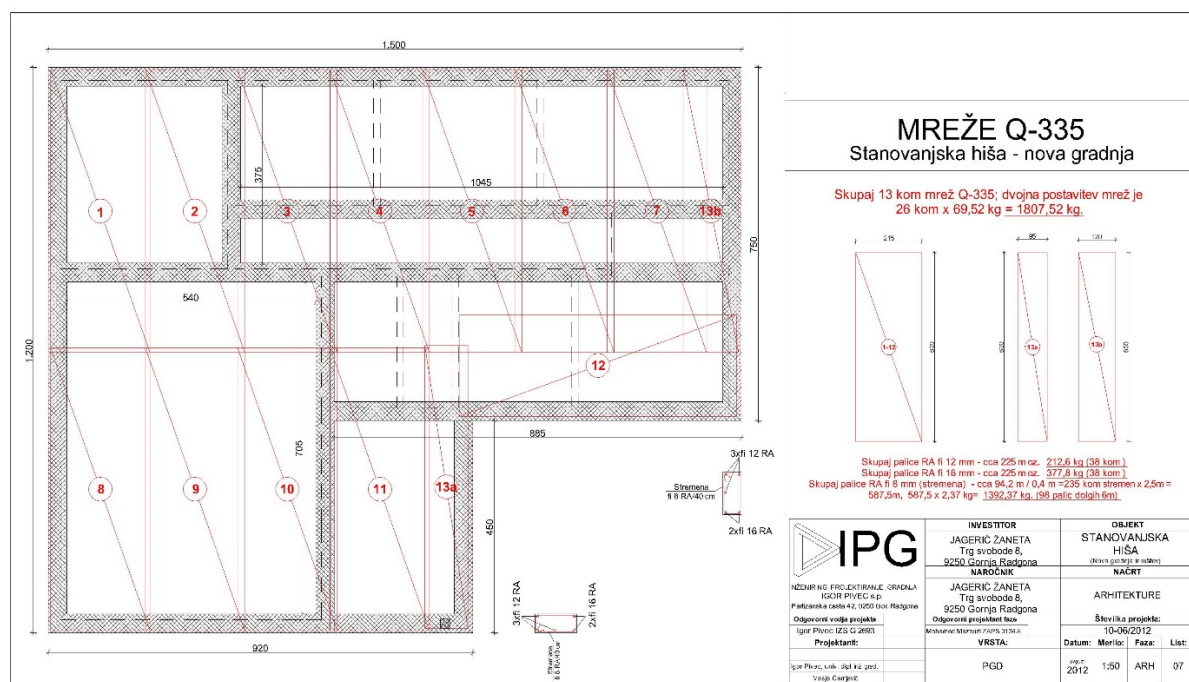
Pri izdelavi projektov za pridobitev gradbenega dovoljenja in projektov za izvedbo moramo izdelati tudi projekt temeljenja, na podlagi katerega temelje tudi zgradimo. Faze del pri zasnovi ter izvedbi temeljev so:

- hidrološke in geološke raziskave terena,
- eksperimentalne raziskave (laboratorijske analize ter modelni preizkusi),
- preverjanje geomehanskih lastnosti zemljin,
- podani predlogi geomehanikov o izbiri globine ter vrste temeljenja, dovoljenih napetosti v tleh, predvidenih posedkih,
- projektiranje temeljev (odločitev o globini in vrsti temeljenja, določitev dimenzij in oblik temeljenja, izračun potrebne armature z izrisom in izvlečkom armature, kontrole enakomernih in neenakomernih posedkov),
- izdelava temeljev,
- opazovanje naknadnih deformacij.

Vse omenjene faze načrtovanja in izvedbe morajo temeljiti na usklajenem delu projektantov, izvajalcev in raziskovalcev (Funkcija temeljev, b. d.)

Pri izgradnji lastne hiše smo se odločili za pasovno temeljenje, saj je objekt postavljen na neravnem terenu. Najprej smo pripravili gradbeno jamo, v katero smo izkopali temelje ter vanje položili armirane koše. Pred opazovanjem ter polaganjem armirnih mrež smo izvedli še razvod inštalacij v vertikalni in horizontalni smeri. Sledilo je betoniranje betonske plošče ter izravnava le-te. Po razopaževanju smo vertikalno in horizontalno namestili še hidroizolacijo.

Pri izbiri toplotne izolacije na tleh je bilo kar nekaj dilem, kaj izbrati. Izbira naravnih materialov je namreč velika, na koncu pa smo se odločili za klasični cementni estrih, debeline 6 cm. Slednjega smo nameščali na toplotno izolacijo (stiropor), debeline 20 cm, trdote EPS 100 (oznaka W20). Cementni estrih ter stiropor smo ločili s folijo.



Slika 43: Skica pasovnih temeljev

Vir: (Lasten)



Slika 44: Pripravljanje betonskih temeljev

Vir: (Lasten)



Slika 45: Končana betonska plošča

Vir: (Lasten)

8.2 Postavitev lesene konstrukcije

Pri postavitvi lesene konstrukcije smo posebno pozornost namenili izbiri lesa ter sečnji letega. Slednja je namreč potekala takrat, ko je bil položaj lune primeren za to. Po nasvetu prijatelja, ki se ukvarja s sečnjo in razrezom lesa, smo se odločili za rdeči bor. Gre za mehak les, ki je posledično lahek za obdelavo. Ker se hitro suši, ni podvržen krivljenju.

Na pripravljeno ploščo smo postavili leseno skeletno konstrukcijo, pri čemer razmak med nosilnimi stebri ni presegal enega metra in pol. Stebri so bili dimenzije 16 cm X 16 cm. S kotniki iz jekla smo jih privili na betonsko ploščo. Povezovalne lege so imele dimenzijo 18 cm X 20 cm. Pri postavitvi lesene konstrukcije je bilo treba namestiti še stropne lege, ki so bile rezane na dimenzijo 10 cm X 20 cm. Odprtine za stavbno pohištvo ter povezovalne roke med nosilno lego in stebrom so bile dimenzije 16 cm X 16 cm, privite so bile z jeklenimi kotniki.



Slika 46: Lesena skeletna konstrukcija

Vir: (Lasten)

8.3 Izdelava ostrešja s kritino

Tudi ostrešje je bilo iz borovega lesa. Na konstrukcijo oziroma stropnike smo pritrdili kapne lege dimenzije 18 cm X 18 cm. Nato smo špirovce dimenzije 12 cm X 16 cm namestili na slemensko lego, ki je merila 20 cm x 26 cm. Slednjo smo podprli s stebri 20 cm X 22 cm, špiravce pa povezali z vetrnimi vezmi, ki so nadomestilo za roke med stebri in slemensko lego. Streha je imela še grebensko lego dimenzije 18 cm X 22 cm. Ko je bilo osnovno ostrešje pripravljeno, smo po celi površini pritrdili 2,5 cm dolge deske, na katere smo nato dali paropropustno folijo. Naslednji korak je bil izdelava zračnega mosta, in sicer smo pritrdili štafle 8 cm X 5 cm, s čimer smo dobili željeno distanco med opeko in deskami. S tem je nastal prostor za kroženje zraka. Nanje smo nato dodali late dimenzije 5 cm X 4 cm, ki so bile kot nosilo za opeko. Late se nameščajo na različne razmake, kar je odvisno od pokrivnosti kritine. Na streho smo na koncu dodali še žlebove, snegobrane, opeko, ki služi kot zračnik, slemenjake ter mrežico za zaščito zračnega mostu pred žuželkami. Ker smo hoteli hišo čim bolj zaščititi pred vremenskimi vplivi, smo napušč strehe naredili približno 1 m čez steno ter ga obdelali z ladijskim podom.



Slika 47: Streha v fazi pokrivanja

Vir: (Lasten)

8.4 Montaža stavbnega pohištva

V pripravljene odprtine smo namestili macesnova okna in vrata. Montaža teh je potekala na klasičen način – pri tem smo uporabili vijake za les ter poliuretansko peno. Ker je macesnov les znan kot zelo odporen in ima samozaščitne lastnosti, smo za njegovo zaščito uporabili le premaz iz lanenega olja in ne klasičnih kemičnih barv. Pred nanosom ometa smo zmontirali zunanje kamnite ter notranje lesene police.

8.5 Montaža slamnatih bal kot izolativnega elementa

V pripravljeno leseno konstrukcijo smo pri montažni slamnatih bal na temeljno ploščo, prevlečeno s hidroizolacijo pod podlago namestili 5-centimetrski ekstrudirani polistiren, obdan s lesenimi štafli. Nato smo okrog in okrog položili prvo vrsto slamnatih bal. Nekatere je bilo treba zaradi prileganja tudi preoblikovati. Iz lesenih lat dimenzij 5 cm X 4 cm smo naredili konstrukcijo v obliki lestve ter jo položili na pripravljeno prvo vrsto iz bal, kot prikazuje Slika 48. To konstrukcijo smo uporabili tudi kot distanco, ki nam je pozneje omogočila lažje in enakomernejše striženje bal za potrebe ometov. Sledilo je stiskanje konstrukcije s hidravlično stiskalnico na želeno pozicijo ter privijanje na osnovno leseno konstrukcijo. Tako smo nadaljevali vse do stropa. Manjše prostore, ki jih ni bilo mogoče zapolniti s celimi balami, smo natlačili s šopi slame. Ker je hiša pritlična, smo izolacijo nameščali med stropnike in ne med špiravce, kot je to običajno, ko ima hiša še mansardo. Na Sliki 50 je razvidno, kako smo polagali toplotno izolacijo med stropnike.



Slika 48: Konstrukcija, ki nam je služila kot povezava med slamnatimi balami.

Vir: (Lasten)



Slika 49: Gradbišče iz slame

Vir: (Lasten)



Slika 50: Vstavljanje slamnatih bal med stropnike

Vir: (Lasten)



Slika 51: Vgradnja slamnatih bal

Vir: (Lasten)



Slika 52: Naprava za striženje slamnatih bal

Vir: (Lasten)

8.6 Izdelava inštalacij

Izdelava inštalacij v slamnato steno se razlikuje od izdelave pri klasični gradnji že v sami pripravi stene. V slednjo smo z motorno žago izrezali vdolbine, v katere smo namestili vodovodni in elektromaterial. Za elektriko smo uporabili protipožarne kabelske kanale. Za pritrdjevanje električnih vtičnic smo najprej pripravili leseno podkonstrukcijo (lesene deščice). Lesene deske smo prav tako pritrdili na dele sten, za katere smo predvidevali večjo obremenitev (za pritrdjevanje kuhinjskih omaric, televizije ...).

8.7 Izdelava ometa z obeh strani

Bale smo najprej poravnali, in sicer tako da smo jih z obeh strani potolkli. Nato smo jih postrigli z električnimi škarjami za striženje žive meje, da bi se omet bolje oprijel nanje ter da bi bil enakomerneje razporejen. Na zunanji strani smo uporabili apneno-cementni omet, na notranji pa ilovnatega. Oba smo nanašali strojno. Tako notranji kot zunanji sta bila nanesena v treh slojih. Prvi, bolj tekoči je služil kot podlaga za drugi in tretji sloj. Med drugi in tretji sloj smo dodali PVC-mrežo za dodatno utrditev ometa. Posebno pozornost smo posvetili sušenju posameznih slojev, to namreč pomembno vpliva na kakovost končnega izdelka. Vsak sloj se je sušil približno 3 tedne. Preden smo nanašali naslednji sloj, smo tistega pred njim nabrazdali z zidarsko krtačo, da se je nanj bolje oprijel.



Slika 53: Hiša pripravljena za omet

Vir: (Lasten)



Slika 54: Hiša ometana z apneno-cementnim ometom

Vir: (Lasten)

8.8 Pleskanje z naravnimi barvami

Tako za zunanjo kot notranjo steno smo uporabili naravne apnene barve. Zunaj smo uporabili belo barvo, v notranjosti pa smo zelene barve dobili z mešanjem mineralnih pigmentov in apnene osnove. Nanašali smo jih s klasičnimi pripomočki za pleskanje (valjček, čopič), in sicer v dveh slojih.



Slika 55: Ometana ilovnata stena pripravljena na beljenje

Vir: (Lasten)

9 SKLEP

Gradnja iz naravnih materialov kljub številnim prednostim v primerjavi s klasičnimi načini gradnje z industrijskimi materiali še vedno ni dovolj pogosta praksa. Še vedno obstaja veliko skeptikov, ki ne verjamejo, da je tovrstna gradnja kakovostna in, če želimo ohraniti naše okolje čim bolj čisto za naše zanamce, tudi najbolj sprejemljiva v prihodnosti. Dvome o kakovosti, varnosti in trajnosti tovrstne gradnje bi lahko presegli z verodostojnimi informacijami, podanimi v pričujoči diplomski nalogi, še zadnje pomisleke pa odpravili z dejstvi o značilnostih gradnje s slamo, ki so se skozi potrjene zastavljene hipoteze samo še okrepila.

V diplomski nalogi smo si zastavili naslednje hipoteze:

H 1: Ustrezno zaščitena slama uspešno kljubuje zunanjim vplivom. To hipotezo lahko potrdimo.

Pri slamnati gradnji se za zunanjo fasado, ki slamo ščiti pred zunanjimi vplivi, uporabljajo predvsem apneni ometi. Slednji so namreč zelo obstojni pred vremenskimi vplivi (Slonep, gradnja in montažne hiše, b. d.)V podjetju Snopje, proizvodnja in storitve, d. o. o., poskrbijo še za dodatno zaščito fasade, in sicer s parapropustno barvo, ki jo nanesejo približno eno leto po izdelavi fasade.

H 2: Slamnata hiša je požarno varna. To hipotezo lahko potrdimo.

Slamnata hiša je požarno varna, kar dokazujejo rezultati različnih testov. Eden takšnih je test, ki so ga leta 2000 opravili na tehnični fakulteti na Dunaju. Rezultati so pokazali, da naravni material dosega standarde požarne odpornosti F 90. Podoben test so v Nemčiji leta 2014 izvedli na leseni konstrukciji s slamnatimi balami in 8-milimetrskim apnenim ometom, ki je pokazal, da tudi tolikšna debelina ometa dosega 90-minutno požarno varnost (Kopše, 2011).

V Združenih državah Amerike pa so s testom SHB AGRA dokazali celo, da ustrezno ometana slamnata stena brez razpok v ometu lahko doseže tudi 120-minutno odpornost proti požaru (Gernot & Krick, 2020).

H 3: Hiša iz slame preživi več generacij. To hipotezo lahko potrdimo.

Hiša iz slame ima dolgo življenjsko dobo. To dokazujejo različne slamnate stavbe, katerih fotografije so objavljene tudi v pričujoči diplomski nalogi. Tako na primer hiša Burrit Mansion iz Alabame še danes služi kot muzej (Stroh, b. d.). G. Minke in F. Mahlke (2004)

menita, da je življenjska doba tako narejenih zgradb primerljiva z zgradbami, narejenih iz sodobnih materialov (Minke & Mahlke, 2004).

H 4: Hiša iz slame dosega normative pasivne gradnje. To hipotezo lahko potrdimo.

M. Gernot in Krick (2020) pravita, da naravni material lahko shrani skoraj dvakrat toliko toplotne energije kot mineralni materiali z isto gostoto (Gernot & Krick, 2020).

Slamnata stena debeline 44 cm ima U faktor 0,12 W/m²K. Normativi, ki so potrebni za doseg standarda pasivne gradnje, zahtevajo, da je toplotna prehodnost U vseh gradbenih elementov pod 0,15 W/m²K. Slamnata stena torej dosega normative pasivne gradnje (Kopše, 2011).

H 5: Slama lahko nadomesti leseno konstrukcijo in prevzame nosilnost same stavbe. To hipotezo lahko potrdimo.

Nosilnost slamnatih stavb lahko prevzame lesena konstrukcija ali slamnata bala. Iz zgodovine je razvidno, da so način gradnje, kjer nosilnost prevzame bala, najpogosteje uporabljali. Tako so bile zgrajene prve slamnate stavbe v ZDA (Nebraska), v literaturi pa tovrstni način gradnje zasledimo pod imenom »tehnika Nebraska«. Nekatere tako zgrajene stavbe so še danes v uporabi (Gruber, Gruber, & Santler, Neues Bauen mit Stroh, 2000). Danes pri hišah iz slamnatih bal prevladuje gradnja, pri kateri nosilnost stavbe prevzame lesena konstrukcija.

Skozi proces lastne gradnje družinske hiše iz slamnatih bal sem postajal vse bolj prepričan, da bi moral biti takšen način gradnje bolj pogosta praksa. Temu botruje več dejstev, in sicer ugodna bivalna klima; ki pozitivno vpliva na zdravje stanovalcev; majhen ogljični odtis; uporaba naravnih lokalnih gradbenih materialov, nižji stroški segrevanja in hlajenja hiše ... Predvsem tovrstno gradnjo priporočam tistim, ki jim za naravo in naše zanamce ni vseeno.

10 VIRI IN LITERATURA

Strohbau International. (b. d.). Prevezeto iz <https://www.unserstrohhaus.at/strohwieso/strohbau-international/>

Apno, navodila za pripravo apnenih malt, ometavnje in ohranjanje historičnih ometov. (2006). Pridobljeno iz Zavod za varstvo kulturne dediščine, Center za konservatorstvo, Restavratorski center: https://www.zvkds.si/uploads/files/publication/apno_navodila_za_malte-_ometavanje.pdf

Bio pasivna slamnata hiša. (b. d.). Pridobljeno iz Gnezdo: <https://gnezdo.si/portfolio-item/bio-pasivna-slamnata-hisa/>

Blaguško jezero - priljubljena izletniška točka sedaj obogatena z novo ponudbo. (b. d.). Prevezeto 2021 iz Pomurec.com: https://www.pomurec.com/vsebina/57997/FOTO__Blagusko_jezero_-_priljubljena_izletniska_tocka_sedaj_obogatena_z_novo_ponudbo

Funkcija temeljev. (b. d.). Prevezeto 2021 iz Slonep, gradnja in montažne hiše: <https://www.slonep.net/gradnja/priprava-na-gradnjo/funkcija-temeljev>

Gernot, M., & Krick, B. (2020). *Straw Bale Construction Manual: Design and Technology of a Sustainable Architecture Hardcover.* Basel: Birkhäuser.

Gradnja s slamnatimi balami. (b. d.). Pridobljeno iz Inpro 22, inovativno projektiranje: <https://inpro-projektiranje.com/gradnja-s-slamnatimi-balami/>

Gregoršanec, S., & Slak, S. (2021). *Življenje z naravo.* Krško: Kapele.

Gruber, H. (b. d.). *Urban Strawbale: Jules Ferry Residence.* Pridobljeno iz ESG 2015: <http://esbg2015.eu/urban-solution-jules-ferry-residence/>

Gruber, H., Gruber, A., & Santler, H. (2000). *Neues Bauen mit Stroh.* Straufen bei Freiburg: Ökobuch.

Hirschberg, H. G. (1999). *Organische Naturstoffe, Lebensmittel.* Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Kavčič, M. (b. d.). *Tradicionalne rokodelske veščine - Apno.* Prevezeto 2021 iz Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije: <https://www.zvkds.si/sl/knjiznica/tradicionalne-rokodelske-vescine>

Kopše, S. (2011). *Digitalna knjižnica univerze v Mariboru.* Prevezeto 2021 iz Hiša iz slame: <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=21100>

Košena, U. (b. d.). *Gradbeništvo ne bo moglo več po starem, a po novem brez zakonodaje ne bo šlo-EOL 143.* Prevezeto 2021 iz Zelena Slovenija: <https://www.zelenaslovenija.si/EOL/Clanek/2875/embalaza-okolje-logistika-st-143/gradbenistvo-ne-bo-moglo-vec-po-starem-a-po-novem-brez-zakonodaje-ne-bo-slo-eol-143>

Minke, G., & Mahlke, F. (2004). *Der Strohhallenbau.* Straufen bei Freiburg: Ökobuch.

Naravna hiša Snopje. (b. d.). Prevezeto 2021 iz Snopje.si: <https://www.snopje.si/>

Naravna hiška. (b. d.). Pridobljeno iz <https://naravnahiska.si/tag/mongolska-jurta/page/4/>

Novak, P. (2011). *Lastnosti apnenih ometov našenih na kamnit zid kapele gradu Crnelo*. Prevezeto 2021 iz Repozitorij Univerze v Ljubljani: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=27697&lang=slv>

Podjed, S. (b. d.). *Ilovica za udobno, zdravo in trajnostno bivanje*. Pridobljeno iz Bodi eko: <https://www.bodieko.si/ilovica-za-udobno-zdravo-in-trajnostno-bivanje>

Slonep, *gradnja in montažne hiše*. (b. d.). Prevezeto 2021 iz Apneni ometi: <https://www.slonep.net/eko-bivanje/sonaravna-gradnja/apneni-ometi>

Stroh, U. S. (b. d.). *Strohbau International*. Prevezeto 2021 iz Unser Strohhaus, Bauen mit Stroh: <https://www.unserstrohhaus.at/strohwieso/strohbau-international/>

Strom. (b. d.). Prevezeto 2021 iz Ökodorf Sieben Lienden: <https://siebenlinden.org/de/oekodorf/oekologie/strom/>

Teorija o ometih. (b. d.). Prevezeto 2021 iz Obzorje: <https://www.gradimozavas.com/aktualne-vsebine/teorija-o-ometih>

Über uns. (b. d.). Pridobljeno iz Fasba: <https://fasba.de/fasba/ueber-uns/>

Žitko, M. (2009). *Gradnja z naravnimi materiali*. Idrija: Samozaložba.

10 PRILOGE

Priloga 1 : Test požarne varnosti slamnate stene, opravljen v Avstriji na Dunaju.

Gruppe Angepaßte Technologie Technische Universität Wien Wiedner Hauptstrasse 8-10 1040 Wien MA 39 - VFA 2000-0644.04	 MAGISTRAT DER STADT WIEN MA 39 - VFA MAGISTRATSABTEILUNG 39 VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT DER STADT WIEN gegründet 1870 AKKREDITIERTE PRÜF- UND ÜBERWACHUNGSSTELLE A-1110 Wien, Rinnböckstrasse 15 Telefon: (national 01), (international +431) 79534-8039 oder 0711 Telefax: (national 01), (international +431) 79534-99-8039 oder 0711 Internet e-mail: post@ma39.magnwien.gv.at Wien, 6. Oktober 2000 			
Prüfbericht über das Brandverhalten einer Strohballenwand (mit Innen- und Außenputz)				
Antragsteller: Antragsdatum: Prüfgut: Prüfprogramm: Kurzbeurteilung:	Gruppe Angepaßte Technologie Technische Universität Wien 7. Februar 2000 Strohballenwand in einer Holzständerkonstruktion eingebaut, beidseitig verputzt; Gesamtdicke 43 cm Prüfung der Strohballenwand als nichttragender, raumbegrenzender Bauteil hinsichtlich der Brandwiderstandsklasse F90 gemäß ÖNORM B 3800-2, Ausgabe 1997. Auf Grund der Versuchsergebnisse hat die geprüfte Strohballen- wand, eingebaut in einer Holzständerkonstruktion, einem Lehm- Innenputz (2 cm), und einem Kalk-Außenputz (2 cm), mit einer Gesamtdicke von 43 cm, die Anforderungen an die Brand- widerstandsklasse F90 (brandbeständig) gemäß ÖNORM B 3800-2, Ausgabe 1997, erfüllt.			
neu Der Bericht umfasst 4 Seiten und 1 Beilage (8 Seiten).				
<table border="0" style="width: 100%;"><tr><td style="width: 25%; vertical-align: top;"> Die Prüfberichte beruhen auf der Prüfungsergebnisse. Alle Seiten des Berichts sind mit dem Amtssiegel der Stadt Wien versehen. Verstärkung und Auszüge bedürfen der schriftlichen Genehmigung der Anstalt. Leihentnahmen, Quittungen und Gültigkeitsnachweise werden im nicht akkreditierten Bereich durchgeführt. Es gelten die derzeit gültigen Allgemeinen Geschäftsbedingungen der MA 39 - VFA. </td><td style="width: 25%; vertical-align: top;"> Akkreditiert mit Prüf- und Überwachungsstelle (U) gemäß AKKÖ 1995 Nr. 443/1992, i. d. F. des Bundes- gesetzes 1998 für 400/1998 per Beschluss des Bundesministeriums für Wirtschaft und Konsum, 02. 09. 1997 02/257 und 02. 09. 1998 02/257, 02. 09. 1998 02/257, 02. 09. 1998 02/257 des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Zahl 010-190-90150-015 011 den Akkreditierungs- und Zuständigkeitsbereich der MA 39 - VFA des Auftragsbereichs der EN 45001 und EN 45004 zugeordnet. </td><td style="width: 25%; vertical-align: top;"> Permschreiber 114736 Telegraphenamt MAGISTRAT WIEN Paralelverkehr Montag bis Freitag 7.30 - 15.30 Uhr DVR: 0000191 Bankverbindung: Bank Austria AG, Wien, Kontos 696 254 754 </td></tr></table>		 Die Prüfberichte beruhen auf der Prüfungsergebnisse. Alle Seiten des Berichts sind mit dem Amtssiegel der Stadt Wien versehen. Verstärkung und Auszüge bedürfen der schriftlichen Genehmigung der Anstalt. Leihentnahmen, Quittungen und Gültigkeitsnachweise werden im nicht akkreditierten Bereich durchgeführt. Es gelten die derzeit gültigen Allgemeinen Geschäftsbedingungen der MA 39 - VFA.	Akkreditiert mit Prüf- und Überwachungsstelle (U) gemäß AKKÖ 1995 Nr. 443/1992, i. d. F. des Bundes- gesetzes 1998 für 400/1998 per Beschluss des Bundesministeriums für Wirtschaft und Konsum, 02. 09. 1997 02/257 und 02. 09. 1998 02/257, 02. 09. 1998 02/257, 02. 09. 1998 02/257 des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Zahl 010-190-90150-015 011 den Akkreditierungs- und Zuständigkeitsbereich der MA 39 - VFA des Auftragsbereichs der EN 45001 und EN 45004 zugeordnet.	Permschreiber 114736 Telegraphenamt MAGISTRAT WIEN Paralelverkehr Montag bis Freitag 7.30 - 15.30 Uhr DVR: 0000191 Bankverbindung: Bank Austria AG, Wien, Kontos 696 254 754
 Die Prüfberichte beruhen auf der Prüfungsergebnisse. Alle Seiten des Berichts sind mit dem Amtssiegel der Stadt Wien versehen. Verstärkung und Auszüge bedürfen der schriftlichen Genehmigung der Anstalt. Leihentnahmen, Quittungen und Gültigkeitsnachweise werden im nicht akkreditierten Bereich durchgeführt. Es gelten die derzeit gültigen Allgemeinen Geschäftsbedingungen der MA 39 - VFA.	Akkreditiert mit Prüf- und Überwachungsstelle (U) gemäß AKKÖ 1995 Nr. 443/1992, i. d. F. des Bundes- gesetzes 1998 für 400/1998 per Beschluss des Bundesministeriums für Wirtschaft und Konsum, 02. 09. 1997 02/257 und 02. 09. 1998 02/257, 02. 09. 1998 02/257, 02. 09. 1998 02/257 des Österreichischen Instituts für Bautechnik, Zahl 010-190-90150-015 011 den Akkreditierungs- und Zuständigkeitsbereich der MA 39 - VFA des Auftragsbereichs der EN 45001 und EN 45004 zugeordnet.	Permschreiber 114736 Telegraphenamt MAGISTRAT WIEN Paralelverkehr Montag bis Freitag 7.30 - 15.30 Uhr DVR: 0000191 Bankverbindung: Bank Austria AG, Wien, Kontos 696 254 754		



1 Versuchsbedingungen

Die Versuchsbedingungen waren durch die ÖNORM B 3800-2, Ausgabe 1997, gegeben, wonach nichttragende, raumbegrenzende Bauteile einseitig den Temperaturen der Einheitstemperaturkurve ausgesetzt sind. Während des Versuches ist der Temperaturverlauf an der feuerabgekehrten Oberfläche des Prüfkörpers zu messen und sein Verhalten zu beobachten.

2 Prüfkörper

Von Fachkräften des Antragstellers wurde am 18. Juli 2000 ein Wandelement mit den Abmessungen 2280 mm x 2500 mm (B x H) mittig in ein 25 cm starkes Porenbetonmauerwerk eingebaut. Die Porenbetonmauer war in einem Stahlprüfrahmen U 260, 4030 mm x 3490 mm (B x H) errichtet worden.

Der Aufbau des Prüfkörpers ist der Beilage, Seite 1 zu entnehmen.

3 Versuchsaufbau

Der Prüfrahmen wurde vor die Brandkammer mit der lichten Prüföffnung 2870 mm x 3050 mm (B x H) gestellt und zu dieser mit Steinwollestreifen abgedichtet. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum waren in diesem in ca. 10 cm Abstand zum Prüfkörper 5 Thermoelemente angebracht (siehe Beilage, Seite 2). An der feuerabgekehrten Oberfläche des Prüfkörpers waren 7 Thermoelemente angeordnet (siehe Beilage, Seite 3).

Beflammt wurde die mit Lehmputz versehene Seite des Prüfkörpers.

4 Versuchsdurchführung

Vor dem Brandversuch wurde die Kugelschlagprüfung mit einer 15 kg schweren Stahlkugel mit einer Schlagarbeit von 20 Nm gemäß ÖNORM B 3800, Teil 2, Ausgabe 1997, Pkt. 5.2.9., durchgeführt. Dabei traten keine Schäden auf.

Die Brandkammer wurde mittels zweier Ölbrenner (Heizöl extra leicht gemäß ÖNORM C 1109) beheizt. Die Regelung der Temperatur im Brandraum erfolgte nach dem Mittelwert der Brandraumtemperaturmessstellen entsprechend der Einheitstemperaturkurve.

Die Prüfung erfolgte am 25. Juli 2000.

Die Temperatur in der Versuchshalle betrug vor Versuchsbeginn 24°C. Während des Versuchs wurde im Brandraum ein Überdruck von 10 ± 2 Pa aufrechterhalten.



Beobachtungen während des Versuches:

Nach 5 Minuten trat eine Verfärbung des Lehmputzes auf (Brandraum).
Nach 10 Minuten und 30 Sekunden begann der Lehmputz abzufallen (Brandraum).
Nach 16 Minuten traten Risse über die gesamte Fläche auf (Brandraum).
Nach 24 Minuten und 10 Sekunden fielen große Teile des Lehmputzes ab (Brandraum).
Nach 25 Minuten wurde starker Mitbrand des Prüfkörpers (Brandraum) festgestellt.
Nach 33 Minuten wurde Risse an der feuerabgekehrten Seite festgestellt.
Nach 42 Minuten begann die Bretterschalung (Brandraum) abzufallen.
Nach 68 Minuten wurde geringer Rauchaustritt an der feuerabgekehrten Seite festgestellt.
Nach 90 Minuten wurde die Kugelschlagprüfung mit einer 15 kg schweren Stahlkugel mit einer Schlagarbeit von 20 Nm gemäß ÖNORM B 3800, Teil 2, Ausgabe 1997, Pkt. 5.2.9., durchgeführt, wobei der Raumabschluss gewährleistet blieb.
Nach dem Brandversuch fanden die Löscharbeiten unter überdurchschnittlich starker Rauchentwicklung statt.

In der Beilage, Seite 4 bis Seite 6, sind die während des Versuches gemessenen Temperaturen (Brandraumtemperaturen, Temperaturen auf der feuerabgekehrten Seite) und die Verformungsmesswerte zusammengefasst.

Fotodokumentation, siehe Beilage Seite 7 bis Seite 8.

5 Beurteilung

Gemäß ÖNORM B 3800, Teil 2, Ausgabe 1997, müssen Probekörper raumbegrenzender Bauteile während der Versuchsdauer das Durchdringen von Feuer, Rauch und gasförmigen Zersetzungsprodukten verhindern. Ebenso dürfen allfällige Zersetzungsprodukte aus dem Probekörper selbst nur in geringer Menge an der dem Feuer abgekehrten Seite auftreten; an dieser Seite des Probekörpers dürfen keine entzündlichen Gase auftreten, die nach Wegnahme einer fremden Zündquelle weiterbrennen.

Die Probekörper dürfen sich an dieser Seite im Mittel um nicht mehr als 140 K über ihre Temperatur bei Versuchsbeginn erwärmen. An keiner Messstelle darf sich hierbei die Temperatur um mehr als 180 K über die Anfangstemperatur erhöhen. Die Probekörper von Wänden müssen am Ende des Brandversuches vollflächig in einer Gesamtdicke ihrer Schichten von mindestens 1 cm erhalten geblieben sein und den Beanspruchungen des Schlagversuchs so widerstehen, dass ihre raumbegrenzende Wirkung gewahrt ist.

Als Bauteilabschluss gegen andere Bauteile ist, wie im gegenständlichen Versuch, eine F90 - Ausführung zu wählen.



1 Versuchsbedingungen

Die Versuchsbedingungen waren durch die ÖNORM B 3800-2, Ausgabe 1997, gegeben, wonach nichttragende, raumbegrenzende Bauteile einseitig den Temperaturen der Einheitstemperaturkurve ausgesetzt sind. Während des Versuches ist der Temperaturverlauf an der feuerabgekehrten Oberfläche des Prüfkörpers zu messen und sein Verhalten zu beobachten.

2 Prüfkörper

Von Fachkräften des Antragstellers wurde am 18. Juli 2000 ein Wandelement mit den Abmessungen 2280 mm x 2500 mm (B x H) mittig in ein 25 cm starkes Porenbetonmauerwerk eingebaut. Die Porenbetonmauer war in einem Stahlprüfrahmen U 260, 4030 mm x 3490 mm (B x H) errichtet worden.

Der Aufbau des Prüfkörpers ist der Beilage, Seite 1 zu entnehmen.

3 Versuchsaufbau

Der Prüfrahmen wurde vor die Brandkammer mit der lichten Prüföffnung 2870 mm x 3050 mm (B x H) gestellt und zu dieser mit Steinwollstreifen abgedichtet. Zur Messung der Temperaturen im Brandraum waren in diesem in ca. 10 cm Abstand zum Prüfkörper 5 Thermoelemente angebracht (siehe Beilage, Seite 2). An der feuerabgekehrten Oberfläche des Prüfkörpers waren 7 Thermoelemente angeordnet (siehe Beilage, Seite 3).

Beflammt wurde die mit Lehmputz versehene Seite des Prüfkörpers.

4 Versuchsdurchführung

Vor dem Brandversuch wurde die Kugelschlagprüfung mit einer 15 kg schweren Stahlkugel mit einer Schlagarbeit von 20 Nm gemäß ÖNORM B 3800, Teil 2, Ausgabe 1997, Pkt. 5.2.9., durchgeführt. Dabei traten keine Schäden auf.

Die Brandkammer wurde mittels zweier Ölbrenner (Heizöl extra leicht gemäß ÖNORM C 1109) beheizt. Die Regelung der Temperatur im Brandraum erfolgte nach dem Mittelwert der Brandraumtemperaturmessstellen entsprechend der Einheitstemperaturkurve.

Die Prüfung erfolgte am 25. Juli 2000.

Die Temperatur in der Versuchshalle betrug vor Versuchsbeginn 24°C. Während des Versuchs wurde im Brandraum ein Überdruck von 10 ± 2 Pa aufrechterhalten.

Die Gültigkeit des Prüfberichts beträgt gemäß ÖNORM B 3800-2 zunächst vier Jahre ab Ausstellungsdatum und kann auf Antrag um jeweils zwei Jahre verlängert werden.

Waukegan

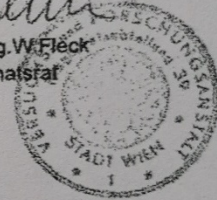
Ing. K. Danzinger

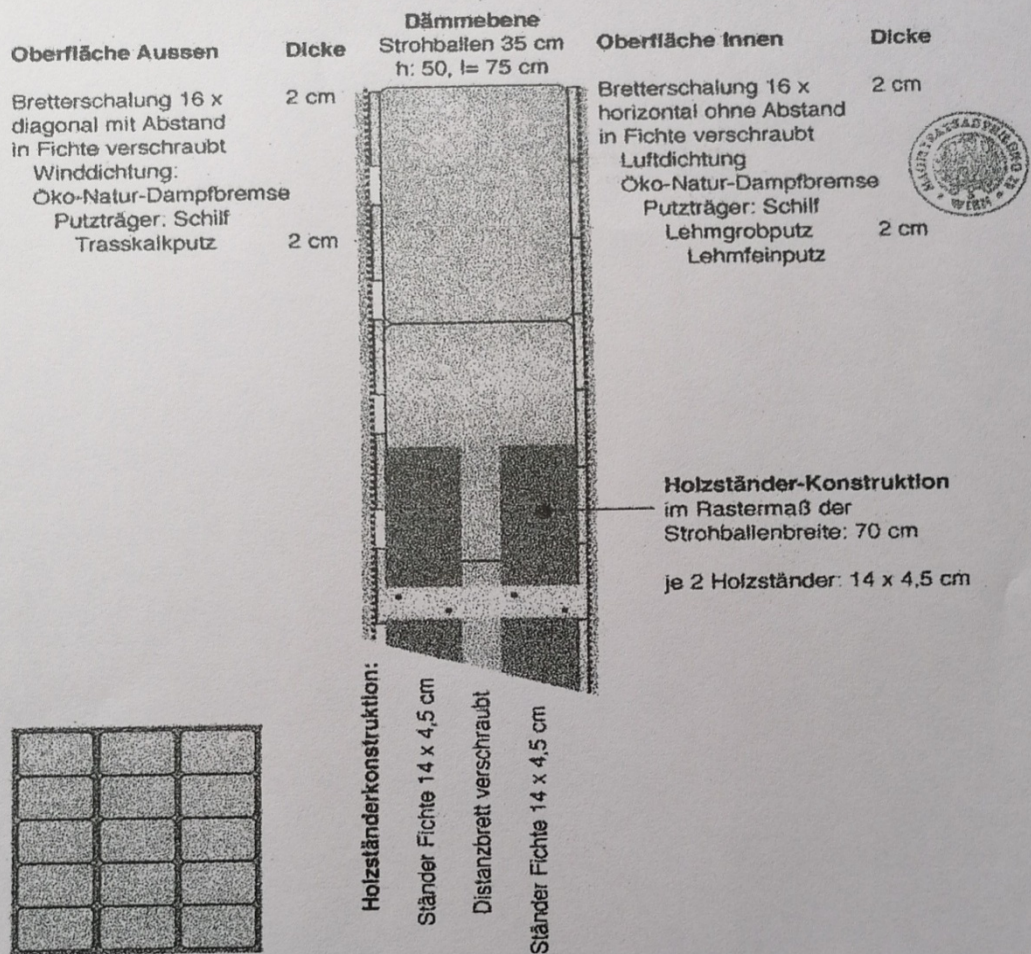
Oil

Dipl.Ing.C.Pöhn
Oberstadtbaurat

[Signature]

Dipl.Ing.W.Fleck
Senatsrat





Brandmodell für F90-Überprüfung: (b) 228 x (h) 250 cm, Dicke: 43 cm

Kenndaten Materialien:	Material	Maße	Anmerkung
Aussenputz:	Trasskalk	2 cm	verrieben
Putzträger:	Schilf		drahtgebunden, angetackert
Dampfbremse:	Öko-Natur		Kraftpapier verklebt
Bretterschalung:	Fichte	2 cm	an Konstruktion verschraubt
Wärmedämmung:	Strohballen	35 cm	Weizenstroh unbehandelt
Bretterschalung:	Fichte	2 cm	an Konstruktion verschraubt
Dampfbremse:	Öko-Natur		Kraftpapier verklebt
Putzträger:	Schilf		drahtgebunden, angetackert
Innenputz:	Lehm	2 cm	Grob- und Feinputz

Priloga 2: Test toplotne prevodnosti, narejen v Avstriji na Dunaju.

Gruppe angepasste Technologie
Technische Universität Wien
z.Hd. Herrn D.I. Wimmer
Wiedner Hauptstrasse 8 - 10
1040 Wien



MAGISTRAT DER STADT WIEN
MA 39 - VFA
MAGISTRATSABTEILUNG 39
VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT DER STADT WIEN
gegründet 1879
AKKREDITIERTE PRÜF- UND ÜBERWACHUNGSTELLE
A-1180 Wien, Rinnbickelsstraße 15
Telefon: (national 01), (international +431) 73514-8029 oder 011
Telefax: (national 01), (international +431) 73514-99-8339 oder 011
Internet e-mail: post@ma39.magenet.gv.at

MA 39 - VFA 2000-0563.02

Wien, 6. November 2000

U n t e r s u c h u n g s b e r i c h t

über die Messung der Wärmeleitfähigkeit von

Strohballen



Antragsteller: Gruppe angepasste Technologie
Technische Universität Wien

Antragsdatum: 6. April 2000

Prüfgut: Das Prüfgut (2 Holzrahmen, - oben und unten mit Eisengitter abgeschlossen und mit Stroh verfüllt) wurde am 6. April 2000 an die MA 39 - VFA geliefert. (um Messverfälschungen zu vermeiden wurden vor der Messung die Eisengitter entfernt).

Die Rahmen besaßen die Abmessungen
500 mm x 500 mm x 100 mm

Auf Wunsch des Antragstellers wurden die Rahmen mit Strohfüllung nach einer entsprechenden Vortrocknung geprüft.

Prüfprogramm: Messung der Wärmeleitfähigkeit mit dem Plattenapparat gemäß ONORM B 6015-1 (letztgültige Ausgabe)

Kurzbeurteilung: Die Strohballen weisen eine Wärmeleitfähigkeit von $\lambda_{10,9} = 0,0380 \text{ W/mK}$ auf.

Der Bericht umfasst 2 Seiten.



Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgüterbezeichnung. Alle Größen des Berichts und in dem Anhang der Stadt Wien verfahren. Nachprüfung und Auswertung beruhen auf der sorgfältigen Überprüfung der Daten, Laboranweise, Zustand und Stützungsrahmen werden in rechtlich verbindlichem Sinne beurteilt. Es gelten die in der letzten Ausgabe der Geschäftsbedingungen der MA 39 - VFA.

Firmenschilder
114735

Telegraphenanschrift
MAGISTRAT WIEN

Faksimileanschrift
Montag bis Freitag 7.30 - 15.30 Uhr

DVR
2000101

Einlieferungs-
Bism. Austria AG, Wien, Hauptstr. 254 252

MA 39 - SD 54 - 01999 - 54

Priloga 3:

INTERVJU S TOMAŽEM ČINČEM, UNIV. DIPL. EKON. , DIREKTORJEM IN SOLASTNIKOM PODJETJA SNOPE, PROIZVODNJA IN STORITVE, D. O. O.

1. Kaj so glavne pozitivne značilnosti vašega načina gradnje hiš v primerjavi z drugimi načini oz. kakšne so prednosti gradnje s slamo in drugimi naravnimi materiali?

Hiše, zgrajene iz naravnih materialov, kakršne gradimo sami, imajo več pozitivnih vidikov. Spadajo med nizkoenergetske oz. pasivne hiše in zaradi uporabe naravnih materialov človeku nudijo pravo bivanjsko udobje. Optimalna kombinacija akumulacije in izolacije skrbi za uravnoteženo nihanje toplote in vlage v prostoru, vzdrževalni stroški takšne hiše pa so nizki. Vse naštetu in še marsikaj sodobnemu človeku omogoča, da se vrača sam k sebi, svojim koreninam in uživa življenje v pravem pomenu te besede.

2. Pa pogledjva samo sestavo take hiše oz. bistvene elemente tovrstne gradnje. Kako je s stenami oz. ogrođjem hiše?

V naši delavnici izdelamo posamezne dele sten oz. panele, nato pa delno dokončane dostavimo na parcelo, kjer bo hiša stala. Tam jih zmontiramo na pripravljeno podlago. Stene so samonosilne, izdelamo jih iz lepljenega lesa širine 44 cm. Ta sestavlja pasnico panela zgoraj in spodaj, znotraj njih pa so stisnjene bale slame s polj iz Pomurja. Vsaka bala je posebej stisnjena v leseni okvir in predstavlja ravno steno, na katero naneseemo ilovnati in/ali apneni omet. Ker stene izdelujemo v delavnici, je stisljivost bal veliko boljša, kot če bi jih izdelovali na samem mestu gradnje, kar je pomembno za samo požarno varnost, saj tako stisnjene bale preprečujejo dovod kisika v slamo. To pomeni, da stena, če pride v stik z ognjem, zelo slabo gori. Stena z obojestranskim ometom ustreza evropskemu certifikatu 90-minutne negorljivosti. V okolju, kjer jih izdelujemo, strogo nadzorujemo tudi vlažnost v balah, kar je prav tako zelo pomembno. Izdelane panele zaščitimo s paropropustno folijo, nato so pripravljeni za dostavo in montažo. Obod ene etaže postavimo v približno enem dnevu.

3. Kaj pa streha? Tudi ta je za kakovost bivanja zelo pomembna.

Streha mora biti dobro izolirana, saj velik del toplote uhaja prav skozi njo. Tudi strešne panele pripravimo v delavnici. Panel z notranje strani zapremo z deskami, med nosilnim elementom so vtisnjene bale slame. Z zunanje strani so bale zaprte z voodpornimi lesnimi vlaknenkami ali suhimi deskami. Izdelane panele s pomočjo avtodvigala zmontiramo na pripravljen obod. Na lokaciji hiše na te panele zmontiramo zračni most in položimo opečno kritino Tondach. Če je streha ravna, vam vgradimo kavčuk EPDM in naredimo ekstenzivno zazelenitev ali prodec. Streha je sicer lahko pokrita tudi z drugimi klasičnimi kritinami.

4. Iz katerega materiala so strop in predelne stene? Te so najbrž poseben izziv.

Ko je v pritličju postavljen obod, zmontiramo še podporno konstrukcijo in tramovni strop iz vzdolžno lepljenega lesa. V drugi fazi na ta strop zmontiramo še obod nadstropne etaže. Trami stropa so vidni, med njimi pa je viden tudi leseni pod. Podporna konstrukcija tramovnega stropa in strehe sestavlja tudi konstrukcijo predelnih sten, na katero z obeh strani pritrdimo desko, prostor med deski pa napolnimo z izolacijo iz konoplje Q-flex. Na deske pritrdimo trstično pletenje za oprijem ilovnatega ometa. Strop mansarde je polkrožne oblike in obit s kakovostnim smrekovim lesom.

5. Kar se tiče tal – so tudi tukaj kakšne posebnosti?

Nekaj pa jih je, ja. Na betonsko ploščo pritličja zmontiramo suhi tlak oz. lestveno mrežo, visoko 16 cm, to pa izoliramo s konopljinimi ploščami. Kjer je bivalni del in v kopalnici na tleh položimo hrastov kmečki pod, ki je brušen in trikrat oljen, v predprostoru in stranišču oljen in voskan opečni tlakovec, v tehničnem prostoru so ploščice. Tla v zgornji etaži so iz 5-centimetrskih debelih suhih lesenih tramov, nanje pa položimo staro opeko, namenjeno zvočni izolaciji. Na to gredo lesno vlaknene pohodne plošče, na katere položimo macesnov kmečki pod, brušen in prav tako trikrat oljen.

6. Kakšne pa so možnosti glede fasade?

Za zunanost hiše uporabljamo termo apneni omet nemškega proizvajalca Gräfix, ki je proizveden posebej za stene iz slamnatih bal. Sestavljajo ga apno, perlit in penjeno steklo,

zaradi česar je omet izjemno lahek in nudi dodatno toplotno izolacijo. Vsi robovi hiše Snopje so zaokroženi, kar daje hiši svojstveno mehko podobo. Zaokrožene so tudi špalete okoli oken in vrat. Zunanje police na oknih so iz naravnega kamna. Fasado pobarvamo s parapropustno barvo (na voljo so različni odtenki, op. a.), in sicer eno leto po izdelavi fasade. Pri leseni fasadi na steno pritrdimo macesnove distančnike, med njimi pa steno zaščitimo z ilovnatim ometom. Na distančnike z nerjavečimi vijaki pritrdimo macesnove zaključne letve. Les se s patino zaščiti sam in z leti posivi.

7. Posebna zgodba so ilovnati ometi. Menda ugodno vplivajo tudi na zdravje.

Stene noter so ometane z ilovnatim ometom v različnih debelinah. Na obod hiše direktno na slamnato balo naneseemo ilovnati omet v treh slojih, ki so skupne debeline približno 4 cm. Služi kot parna ovira in preprečuje prehod vlage v izolacijo. Na predelne stene, prekrte s trstičnim pletenjem, naneseemo ilovnati omet v debelini povprečno 1,5 cm. Kar je za naše zdravje posebno ugodno, je klima, ki je v prostorih ometanih z ilovnatim ometom vedno sveža. Te vrste omet regulira vlažnost prostora pri optimalnih 60 % in obenem odstranjuje neprijetne vonjave v prostoru, zaustavlja elektromagnetno sevanje in predstavlja pomembno termalno maso v hiši, ker je odličen prevodnik toplote. Omet je mogoče tudi pobarvati s široko paletto barv. Pri tem uporabljamo ilovnato ali apneno barvo, izdelamo pa lahko tudi različne stenske ornamente.

8. Če je vse ostalo iz naravnih materialov, so tudi okna in vrata najbrž lesena, kajne?

V naših hišah so okna in vrata slovenskih proizvajalcev, priporočamo vodilnega proizvajalca stavbnega pohištva pri nas, in sicer podjetje Marles. Gre za lesena macesnova okna in vrata, ki jih izdelajo po načrtu. Les je lahko oljen ali pa se s patino zaščiti sam. Notranja vrata so iz masivnega smrekovega lesa, ki pa se lahko pobarvajo po strankinih željah. Zasteklitev oken naj bo dvoslojna, saj bo okno pozimi tako prepuščalo toploto in nam samodejno ogrevalo prostore. Pomemben je tudi temeljit razmislek, kje in kako vgraditi okna, da bosta senčenje oken v poletnih mesecih in prepuščanje žarkov sonca v zimskih mesecih čim bolj ustrezna. Za notranje police in stopnice uporabljamo lepljen hrastov les.

9. Kako pa je z inštalacijo? Nekatere skrbi predvsem električna inštalacija oz. predvsem stik električnih kablov s slamo.

Tako električne kot vodovodne inštalacije v predelnih in zunanjih stenah naredimo podometno. Električna napeljava je speljana po negorečih ceveh, zaščitene so z negorljivim trakom, in sicer tako da se morebitni ogenj po elektroinštalacijah ne more širiti naprej po steni. Vodovodne inštalacije so iz nerjavečih cevi RF. Za segrevanje vode priporočamo komplet Sonnekraft.

10. In ogrevanje? So tu kakšne omejitve?

Priporočamo kaminsko peč, ki jo vgradimo na željo in po želji naročnika. Lahko je oblikovana iz ilovice ali pa naročnik izbere katero izmed priznanih proizvajalcev kaminskih peči. Za temperiranje in ogrevanje spalnih prostorov vgradimo ilovnate električne panele podjetja Lehmorange. Ti so narejeni iz kombinacije karbonskega filma in ilovnatega ometa. Zanimivo je, da ne oddajajo elektromagnetnega sevanja, napaja jih enosmerni tok, regulirajo pa se lahko s pomočjo sobnega termostata ločeno ali preko časovne funkcije centralno. Ometani so v steni in jih ni mogoče opaziti. Čutiti je mogoče le prijetno toploto iz stene, podobno sončni.

11. Kaj pa kopalnica?

Na tla položimo leseni trikrat naoljen kmečki pod. Tak odbija kapljice, da ne prodrejo v globino lesa. Stene kopalnice so obdelane z ilovnatim ometom, ki regulira vlažnost v prostoru, zaradi česar se ogledala nikoli ne zarosijo. Kjer je pršenje vode zelo intenzivno (npr. ob kadi ali v prostoru s tušem), vgradimo poseben vodoodporni apneni omet iz Maroka, imenovan tadelakt.