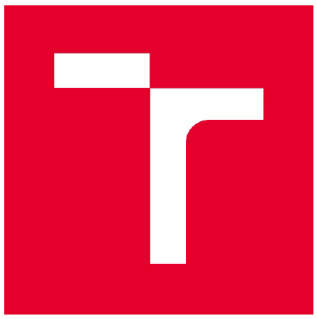


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ
INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

ANALÝZA NÁKLADŮ PASIVNÍCH DOMŮ A DOMŮ S NULOVOU POTŘEBOU ENERGIE

COST ANALYSIS OF PASSIVE HOUSES AND HOUSES WITH ZERO ENERGY DEMAND

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR
Barbora Šiklingová

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR
Ing. MILOSLAV VÝSKALA, Ph.D.

BRNO 2022

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R038 Management stavebnictví
Pracoviště	Ústav stavební ekonomiky a řízení

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Barbora Šiklingová
Název	Analýza nákladů pasivních domů a domů s nulovou potřebou energie
Vedoucí práce	Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

doc. Ing. Jana Korytárová, Ph.D. Vedoucí ústavu	prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc. Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

HUDEC, Mojmír. Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět Praha: Grada, 2008. Profi & hobby. ISBN 978-80-247-2555-0.
HUDEC, Mojmír a Blanka JOHANISOVÁ. A6 - Použití přírodních materiálů a principů (udržitelnost). Brno: Národní stavební centrum, 2012. ISBN 978-80- 87665-05-3.
TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další. Praha: Grada, 2012. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
HUDEC, Mojmír, Blanka JOHANISOVÁ a Tomáš MANSBART. Pasivní domy z přírodních materiálů. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4243-4.
PYTLÍK, P. Ekologie ve stavebnictví. 1997. ISBN 80-85380-38-2

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem bakalářské práce je vymezení pojmů souvisejících s pasivními budovami a budovami s (téměř) nulovou potřebou energie a analýza investičních a/nebo provozních nákladů těchto staveb.
1. Teoretické vymezení výstavby vzhledem k tepelně-technickým požadavkům.
2. Pasivní budovy a budovy s nulovou pořebou energie.
3. Investiční a provozní náklady budov.
4. Předpoklady pro výstavbu budov s nulovou potřebou energie.
4. Analýza investičních a provozních nákladů budov.
Cílem práce je stanovení investičních a/nebo provozních nákladů pasivních budov a budov s (téměř) nulovou potřebou energie.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:
1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce „Analýza nákladů pasivních domů a domů s nulovou spotřebou energie“ je zaměřena na použití přírodních materiálů v konstrukcích vhodných pro pasivní a nulové domy. Teoretická část popisuje pojmy související s výstavbou energeticky úsporných budov. Praktická část posuzuje vhodnost jednotlivých konstrukcí pro použití u pasivních a nulových domů. Dále jsou tyto konstrukce oceněny a vzájemně porovnány.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nulový dům, pasivní dům, přírodní materiály, konstrukce, energeticky úsporné budovy, součinitel prostupu tepla, spotřeba energie, analýza nákladů.

ABSTRACT

The bachelor thesis "Cost analysis of passive houses and houses with zero energy consumption" focuses on using natural materials in constructions suitable for passive and zero-energy houses. The theoretical part describes concepts related to the construction of energy-efficient buildings. The practical part assesses the suitability of each construction for use in passive and zero-energy houses. Furthermore, these constructions are valued and compared with each other.

KEYWORDS

Zero-energy building, passive house, natural materials, constructions, energy-efficient buildings, heat transfer coefficient, energy consumption, cost analysis.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Barbora Šiklingová *Analýza nákladů pasivních domů a domů s nulovou potřebou energie*. Brno, 2022. 83 s., 28 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Miloslav Výskala, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Analýza nákladů pasivních domů a domů s nulovou potřebou energie* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2022

Barbora Šiklingová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Miloslavu Výskalovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při konzultacích.

Obsah

1 Úvod 10

2 Co to je energeticky úsporná budova 11

2.1 Rozdělení budov podle energetické náročnosti 11

2.2 Výhody a nevýhody nulových domů 12

3 Historie 13

3.1 Vývoj energeticky úsporných budov ve světě 13

3.2 Vývoj energeticky úsporných budov u nás 13

4 Správný návrh nulového domu 14

4.1 Tvar a velikost domu 14

4.2 Volba pozemku 14

4.3 Umístění na pozemku 14

4.4 Rozmístění dispozice 15

5 Vnitřní prostředí 16

5.1 Teplota 16

5.2 Vlhkost 16

5.3 Hluk 16

5.4 Prach 17

5.5 Toxické plyny 17

5.6 Radon 17

6 Technické zásady 18

6.1 Větrání 18

6.2 Tepelná izolace 18

6.3 Součinitel prostupu tepla 19

6.4 Výplně otvorů 20

6.5 Solární výroba energie 21

7 Použití přírodních materiálů 23

7.1 Dřevo 23

7.1.1 Masivní dřevo 23

7.1.2 Aglomerované dřevo 23

7.1.3 Desintegrované dřevo 24

7.2 Sláma 25

7.3 Hlína ... 25
7.4 Konopí ... 25
7.5 Ovčí vlna ... 26
7.6 Celulóza ... 26
7.7 Minerální izolace ... 26
8 Budovy s téměř nulovou spotřebou energie – nZEB II ... 27
9 Praktická část ... 28
9.1 Konstrukce ... 28
9.1.1 Podlaha na ŽB desce s použitím slámy ... 29
9.1.2 Obvodová nosná stěna s použitím slámy ... 31
9.1.3 Šikmá střecha s použitím slámy ... 33
9.1.4 Plochá střecha s použitím slámy ... 36
9.1.5 Podlaha na ŽB desce s použitím ovčí vlny ... 39
9.1.6 Obvodová nosná stěna s použitím ovčí vlny ... 41
9.1.7 Šikmá střecha s použitím ovčí vlny ... 44
9.1.8 Plochá střecha s použitím ovčí vlny ... 47
9.1.9 Podlaha na ŽB desce s použitím minerální vlny ... 50
9.1.10 Obvodová nosná stěna s použitím minerální vlny ... 52
9.1.11 Šikmá střecha s použitím minerální vlny ... 55
9.1.12 Plochá střecha s použitím minerální vlny ... 58
9.1.13 Podlaha na ŽB desce s použitím konopné izolace ... 61
9.1.14 Obvodová nosná stěna s použitím konopné izolace ... 63
9.1.15 Šikmá střecha s použitím konopné izolace ... 66
9.1.16 Plochá střecha s použitím konopné izolace ... 69
9.2 Porovnání ceny konstrukcí ... 72
10 Závěr ... 74
11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ ... 75
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK ... 79
SEZNAM GRAFŮ ... 80
SEZNAM OBRÁZKŮ ... 80
SEZNAM TABULEK ... 81
SEZNAM PŘÍLOH ... 83

1 Úvod

Předmětem této bakalářské práce je posoudit vhodnost použití přírodních materiálů do energeticky úsporných staveb a analyzovat náklady spojené s využitím těchto materiálů při výstavbě budov. Přírodní materiály jako sláma, ovčí vlna nebo konopí, se čím dál více dostávají do povědomí zákazníků. Tyto materiály v podobě tepelných izolací představují ekologičtější variantu k průmyslově vyráběným izolantům. Ve spojitosti s těmito materiály jsou v konstrukcích použity další materiály, a to především dřevo, hlína, vápno nebo jíl. Vzhledem ke spotřebě energie a životnímu prostředí stavební zákon zasahuje zpřísněnými požadavky na výstavbu novostaveb a klade důraz například na tepelné mosty a tepelnou obálku budovy nebo optimalizaci budovy vzhledem k pozemku či světovým stranám. Lidé tak stále častěji volí výstavbu pasivních a nulových domů, které jsou ekonomické, jelikož vykazují minimální náklady na provoz.

Práce se skládá ze dvou částí. V první, teoretické části, jsou popsány rozdíly mezi jednotlivými energeticky úspornými budovami, definovány optimální parametry pro umístění domu na pozemku, dále kvalita vnitřního prostředí a technické zásady nutné pro splnění kvalitní a funkční výstavby. V závěru této části jsou charakterizovány přírodní materiály a jejich vhodnost použití pro výstavbu. Druhá, praktická, část se zaměřuje na použití vybraných přírodních materiálů v konstrukcích. Tyto konstrukce budou podrobeny zkoušce, zda svou skladbou splní podmínky součinitele prostupu tepla a budou tak vhodné pro použití do výstavby pasivních a nulových domů. Výřez těchto konstrukcí je dále naceněn pomocí rozpočtového programu a konečné ceny jsou mezi sebou porovnány. Mým cílem bakalářské práce je zvýšit povědomí o přírodních materiálech vhodných do stavebnictví a ukázat možnosti výstavby energeticky úsporných budov s použitím těchto materiálů.

2 Co to je energeticky úsporná budova

Energeticky úsporné budovy kladou důraz na minimální náklady na vytápění. Základním principem takových budov je využívání tepelných zisků. Jedná se především o zisky ze slunečního záření, které proniká přes okna, ale také zisky z tepla, které vyzařují lidé nebo spotřebiče. Díky kvalitní tepelné izolaci, kterou jsou tyto domy opatřeny, neuniká teplo ven. [1]

2.1 Rozdělení budov podle energetické náročnosti

Základním kritériem pro rozdělení do kategorií je energetická náročnost, tedy spotřeba energie. Celková potřeba tepla je nutná energie na provoz technických zařízení jako je vytápění, ohřev vody, osvětlení, vaření nebo chod domácích spotřebičů. [2]

Prvotním typem energeticky nenáročných domů jsou domy nízkoenergetické. Vznikly jako reakce na neúnosné tepelné ztráty u běžných domů, které mohou dosahovat až 140 kWh/m^{2}·a. Parametrem pro splnění podmínek nízkoenergetického domu je roční spotřeba tepla na vytápění do 50 kWh/m^{2}·a. U těchto domů se používá klasický vytápěcí systém, který funguje ve spolupráci s větracím zařízením, a tím dosahují optimálního vnitřního prostředí. [1]

Následujícím typem jsou pasivní domy. Ty musí splňovat několik požadavků, kam patří např. spotřeba tepla na vytápění, která nesmí za rok překročit hodnotu 15 kWh/m^{2}·a. Pasivní dům klade důraz na dostatečnou tepelnou izolaci obvodového pláště a kvalitní okna, díky kterým se snižuje množství dodávaného tepla. Důležitým prvkem je nucené větrání s rekuperací neboli zpětným získáváním tepla, pomocí kterého dochází k neustálému přísunu čerstvého vzduchu bez ztráty tepla. [3]

Nulové domy jsou pasivní domy, které využívají převážně obnovitelné zdroje k vytváření elektrické energie. Díky použití moderních technologií jako jsou např. solární panely nebo tepelná čerpadla si dům vyrobí dostatek energie na pokrytí svých nákladů. Nulový dům musí splňovat roční spotřebu tepla pro vytápění menší než 5 kWh/m^{2}·a. Stejně jako pasivní domy je nulový dům důkladně opatřen izolací proti ztrátám tepla a využívá nucené větrání s rekuperací. [3]

Posledním typem energeticky nenáročných budov jsou aktivní, nebo také plusové domy. Jak už z názvu vyplývá, roční spotřeba tepla pro vytápění je rovna 0 kWh/m^{2}·a. Tyto domy vyrobí veškerou potřebnou energii nutnou ke svému provozu a případné přebytky mohou prodávat do sítě. Aktivní domy využívají obnovitelné zdroje energie jako jsou solární kolektory, fotovoltaické panely, větrné nebo vodní elektrárny. Tyto domy nezanechávají uhlíkovou stopu, proto emise CO_2 by měly být po celou dobu životnosti stavby nulové.

2.2 Výhody a nevýhody nulových domů

Mezi hlavní výhody řadíme:

- Úspornost díky minimální spotřebě energie
- Kvalitu vzduchu v interiéru získaného díky systému řízeného větrání
- Neustálý přísun čerstvého vzduchu bez průvanu a prachu
- Teplotní komfort; plochy sousedící s exteriérem jsou příjemné i při nízkých venkovních teplotách
- Vlhkost vzduchu v interiéru
- Akustický komfort, který zaručuje tepelněizolační vrstva obvodového pláště, okna a vzduchotěsnost

Mezi nevýhody patří:

- Nutné precizní provedení projektu a výstavby domu
- Individuální řešení navyšující náklady na stavbu
- Možné problémy se vzduchotechnikou
- Výběr kvalitního dodavatele a odborně vyškoleného kvalitního dozoru [4]

3 Historie

3.1 Vývoj energeticky úsporných budov ve světě

Důležitým milníkem ve vývoji byl rok 1968 kdy tzv. Římský klub, nevládní organizace sdružující účastníky 53 zemí, vydal zprávu, která informovala veřejnost o možnosti ekologické krize, růstu životní úrovně a kvality života. Dalším milníkem byla ropná krize na počátku 70. let 20. století. Experimentující architekti v USA tak zkoušeli vytvářet řadu autonomních domů, pro které platila určitá kritéria. Tyto domy byly sice relativně vydařené, ale natolik náročné po technické stránce, že byly pro výrobu nepoužitelné. První pasivní dům v Evropě, který splňoval potřebné parametry, byl postaven na území Německa v roce 1991. Postupně se začaly pasivní domy stavět ve více zemích. Nejvíce v Rakousku, kde bylo v roce 2008 postaveno téměř 1500 domů a zájem zde dále rostl. Jednalo se nejen o rodinné domy, ale také o budovy škol a školek, administrativní budovy nebo také kostely. Pasivní domy nejsou určeny pouze pro oblast mírného pásu, ale nachází se i v odlišných klimatických podmínkách například Itálii nebo dokonce Jižní Africe. [5]

3.2 Vývoj energeticky úsporných budov u nás

Na území České republiky byl vývoj pomalejší. V roce 2000 vznikla organizace Nadace Veronica, která poskytovala informace ohledně stavby nízkoenergetických budov. O 5 let později vznikla také organizace Centrum pasivních domů se sídlem v Brně, která má za účel pomáhat a školit zájemce na toto téma. První velký projekt, který obsahoval 12 obytných domů, byl zrealizován v roce 2007 v obci Koberovy. Později se začínají rozvíjet další projekty nejen rodinných domů, ale také administrativních budov, školek nebo bytových domů. [6]

První kompletně nulový dům u nás vznikl nedaleko Velkého Meziříčí. Jedná se o dřevostavbu rodinného domu, která klade důraz na využití ekologických materiálů, úsporu energie a příjemného vnitřního prostředí. Z materiálů bylo použito převážně dřevo, ale také hliněné omítky nebo izolace v podobě ovčí vlny. V domě je k zajištění podmínek kvalitního mikroklima využita vzduchotechnická jednotka s rekuperací tepla a vlhkosti. K vytápění je použito stěnové vytápění, které je skryto v hliněných omítkách. Právě tento druh topení je brán jako nejpříjemnější díky rovnoměrnému ohřevu po celém obvodu stěny. [7]

V roce 2013 vznikl první aktivní dům v České republice, který se nachází v Plzni. Jeho celková roční spotřeba energie je v rozmezí 6000–7000 kWh. Při vhodném počasí a intenzitě slunečního záření tento dům dokáže vyrobit až o 50 % energie navíc. [8]

4 Správný návrh nulového domu

4.1 Tvar a velikost domu

Chceme-li snížit co nejvíce náklady, musíme brát v potaz také tvar budovy. Ten by měl být co nejjednodušší, bez výraznějších detailů. Díky tomu omezíme vznik tepelných mostů. Za ideální tvar je považován kvádr, který má delší stranu směřovanou k jihu. Pokud bychom měli možnost situovat budovu do řadové zástavby, je tato možnost lepší než samostatně stojící objekt, jelikož nedochází k ochlazování budovy ze všech stran. Důležitý je i tvar střechy. Co nejvíce úsporné jak energeticky, tak ekonomicky bývají střechy ploché nebo pultové. Ovšem zde může být problém s povolením stavebního úřadu, který ve většině případů požaduje spíše střechy sedlové. [1]

Velikost domu je důležitým faktorem, který ovlivňuje nejen rozpočet stavby, ale také náklady na provoz nebo spokojenost uživatelů. U návrhu půdorysu by se měl brát ohled, kolik členů v domě bude žít a jak velký objekt tedy navrhnout. Budovy s velkou plochou obvodového pláště (označení A) v poměru k objemu obestavěnému prostoru (označení V), mají vyšší spotřebu energie oproti budovám, které mají menší plochu obvodu při stejném objemu. Ideální je, aby poměr A/V byl co možná nejmenší. Z tohoto hlediska se jeví jako nejlepší tvar krychle. [9] Otázkou také je, zda stavět spíše jednopatrový nebo vícepatrový dům. Z hlediska efektivnosti je výhodnější dům s více patry. I pro domy s nízkou spotřebou energie je možná výstavba sklepů, avšak nutností je tepelné oddělení konstrukcí bez vzniku tepelných mostů a vstup do suterénu situovaný nejlépe z nevytápěného prostoru. [10]

4.2 Volba pozemku

Při volbě pozemku bychom se měli zaměřit na vhodné parametry. Prvním parametrem je nadmořská výška, jelikož každé navýšení o 100 m nám dokáže snížit teplotu o 0,5 – 0,8 °C. Dalším důležitým bodem je tvar terénu. Nižší teploty se udržují v údolích a na vrcholcích kopců. Naopak vyšší teploty vzduchu jsou v hustě osídlených lokalitách nebo v zalesněných krajinách, kde zadržená voda zvlhčuje vzduch a vytváří ochranu před větrem. Pokud se v blízkosti pozemku nachází větší vodní plocha, dojde se snížení výkyvů teplot. [11]

4.3 Umístění na pozemku

Nízkoenergetické domy jsou závislé na slunečním záření, ze kterého získávají teplo, popř. energii. Proto je i umístění na pozemku při návrhu velice důležité. Nejoptimálnější řešení je orientace hlavní fasády s největší prosklenou plochou od jihovýchodu po jihozápad. Na jižní stranu dopadá až o 30 % více slunečního záření než na severní stranu. Teplo získané ze slunce umožňuje pokrýt 30-50 % ročních tepelných ztrát. [12] Budova by měla být umístěna tak, aby byla co nejméně zastíněná stromy nebo okolní zástavbou. Pokud tyto okolnosti nemůžeme ovlivnit, musíme chybějící solární zisky nahradit precizně

řešenou tepelnou izolací. Nechtěné zastínění stromy můžeme využít i v náš prospěch tak, že nám poslouží jako stínění v horkých letních měsících. [1] Častou chybou je prosklení celé jižní stěny se záměrem zefektivnění. V takovém případě však dochází k letnímu přehřívání a následně k řešení drahého zastínění. Ideální je proto volit zasklení jižní fasády do 40 % plochy s využitím letního stínění, například pomocí přesahu střechy. [12]

4.4 Rozmístění dispozice

Pro všechny typy nízkoenergetických domů je typické tzv. tepelné zónování dispozice. To znamená, že místnosti, které mají stejné využití i provozní teplotu, sdružujeme v těsné blízkosti, nejlépe vedle sebe, popřípadě nad sebou. Získáme tak menší rozvody instalací a snížíme tepelné ztráty. Budovu můžeme rozdělit na obytné, servisní a přídavné místnosti. Obytné místnosti, kam řadíme veškeré pokoje a denní pobytové místnosti, jsou orientované na prosluněné světové strany. Servisní část zahrnuje chodby a vedlejší místnosti jako technická místnost, komora, zádveří atd. Tyto prostory jsou zpravidla orientovány na severní stranu budovy. Mezi přídavné části domu patří veškeré nevytápěné prostory jako jsou sklady, zimní zahrada nebo přístřešek pro auto. [5]

5 Vnitřní prostředí

Kvalita vnitřního prostředí je důležitá jak pro pohodlí, tak zdraví uživatelů. Pro pasivní a nulové domy je nutné využívání rekuperační jednotky. Díky tomu se tyto budovy vyznačují stálým přísunem čerstvého vzduchu, optimální teplotou a vlhkostí vzduchu nebo omezením prachu z vnějšího prostředí.

5.1 Teplota

Teplota nezávisí pouze na spokojenosti obyvatelů, ale také na životnosti stavebních materiálů nebo technologií. V pobytových místnostech se doporučuje volit teplotu 20 °C. Naopak v místnostech, ve kterých se spí, by ideální teplota měla být nižší, minimálně však 16 °C. Abychom zabránili vzniku plísní, nesmí povrchová teplota stavebních konstrukcí klesnout pod rosný bod. U nulových domů díky kvalitnímu zateplení nedochází ke kolísání teplot, a proto se v místnostech běžně udržuje teplota 20 °C. [1]

5.2 Vlhkost

Vytvořit ideální vlhkost není tak jednoduché. V chladném období by hodnota relativní vlhkosti vzduchu neměla klesnout pod 30 %, v letním období by naopak neměla přesáhnout 65 %. Optimální vlhkost by měla být v rozmezí 40–50 %. [1] V nevětraných místnostech nebo v prostorech, kde výměna vzduchu je menší než 0,1 h^{-1}, můžeme naměřit i hodnotu vlhkosti 80 % a více. V takových případech vzniká ideální místo pro vznik plísní, což vede k častým nevolnostem, alergiím, dýchacím potížím nebo bolestem kloubů. Místnosti s nižší relativní vlhkostí než 30 % mají za následek časté vysychání sliznic a onemocnění dýchacích cest. K příliš suchému vzduchu dochází častěji při větrání v zimním období, kdy má venkovní vzduch při nízkých teplotách menší obsah vody. [13]

Vlhkost vzniká produkcí par jak samotným dýcháním, tak během vaření, koupání nebo sušení prádla. Například čtyřčlenná rodina za hodinu vyprodukuje až půl litru páry. Vlhkosti se zbavíme větráním, buď nuceným nebo přirozeným, nebo dočasným pohlcením stavební konstrukcí. I v případě nulového domu se systémem nuceného větrání musejí být obytné místnosti větratelné okny. Větrací jednotku lze nastavit na přesnou hodnotu 25–30 m^3/h na osobu. Při nedostatečné vlhkosti lze dopomoct zvlhčovači, pokojovými rostlinami nebo speciální rekuperační jednotkou, která k nově přivedenému vzduchu přidá i vlhkost. [1]

5.3 Hluk

Stejně jako teplota nebo vlhkost, i hluk je důležitý pro příjemnou atmosféru místností. Ve většině případů se můžeme setkat s hlukem z blízké frekventované komunikace, leteckého koridoru a přistávací dráhy nebo z nedaleké průmyslové zóny. Maximální hodnota v místnosti by neměla přes den přesáhnout 50 dB, v noci 40 dB. U nulových domů jsou s hlukem, díky kvalitnímu trojsklu a výměně vzduchu pomocí rekuperace namísto větrání okny, minimální potíže. Kvalitní okna, která mají útlum až 35

dB v závislosti na vzdálenosti výplní trojskel, nám zajistí klidné a příjemné prostředí. Velký důraz se klade také na kročejovou izolaci, která zabraňuje přenášení hluku. [1]

5.4 Prach

Výskyt prachových částic měří Český hydrometeorologický ústav, který výsledky měření pravidelně zveřejňuje. Jedná se o mikročástice, které nejsme schopni vidět pouhým okem a díky své velikosti se nám dostávají až do dýchacích cest, kde způsobují problémy s dýcháním. Tyto malé částečky účinně filtrují rekuperační jednotky, které podle účinnosti filtru dokáží zachytit až 87 %. [1]

5.5 Toxické plyny

Mezi toxické plyny, které se v obydlích nejčastěji nachází, patří především oxidy síry SO_x, oxidy dusíku NO_x, oxid uhelnatý CO a ozón O_3.

Oxid siřičitý je hlavní složkou kyselých dešťů. V interiérech jsou zdrojem domácí topeniště na uhlí a na naftu. Hlavním důsledkem přítomnosti oxidu siřičitého je dráždění horních cest dýchacích, které se projevuje kašlem a zvýšenou nemocností.

Zdrojem oxidů dusíku jsou automobilová doprava a spalování plynu v domácnostech. Z výzkumu vyplývá, že asi 80 % domácností v České republice používá při vaření a pečení plyn. Ve špatně větraných kuchyních s plynovými sporáky pak může koncentrace oxidu dusíku stoupat až na dvojnásobek.

Oxid uhelnatý, který je bezbarvý a bez zápachu, je v uzavřených interiérech považován za nejzávadnější. Hlavní příčinou výskytu je nedostatečné spalování, při kterém se spotřebovává kyslík. Jedná se o kamna na pevná paliva, krby a nevětrané kuchyně s plynovými sporáky. Tento plyn má za následek snížení okysličení krve a při dlouhodobém vystavení může dojít až k chronické otravě. [1]

5.6 Radon

Jedná se o přírodní radioaktivní plyn bez chuti a bez zápachu, který vzniká přeměnou uranu. Do obydlí se dostává skrze vodu, podloží, stavební materiály nebo zemní plyn. Jelikož u podlahy sklepa vzniká podtlak, je radon pomocí prasklin a netěsností nasáván do interiéru. Dlouhodobý pobyt v takových prostorech je zdravotně závadný. Nové stavby proto musí splňovat podmínku objemové aktivity radonu nižší než 200 Bq/m^3. [1]

6 Technické zásady

6.1 Větrání

Voda, která je obsažená ve vzduchu, je v podobě neviditelné páry. V interiéru je její koncentrace daleko vyšší než venku, a to převážně během zimního období. Množství vody, vznikající při dýchání, závisí na počtu obyvatel v bytě. Například u čtyřčlenné rodiny vzniká denně 6 až 10 kg vody. Pokud bychom se chtěli vzniklé vodní páry zbavit, existuje více způsobů. Mezi klasické způsoby, které zná asi každý, patří větrání okny. Výměna vzduchu za čerstvý zvenku trvá v závislosti na velikosti otvoru v rozmezí 2 až 10 minut. Správně by mělo k výměně dojít každé dvě hodiny otevřenými okny dokořán. [9]

Rekuperace je proces zpětného získávání tepla. Najdeme ji jak v pasivních, tak i nulových domech. Účinnost zpětného zisku tepla by měla být nejméně 75 %. Hlavně díky rekuperaci můžeme dosáhnout parametrů pro spotřebu energie pro pasivní a nulové domy. [14] Základním prvkem je rekuperační jednotka. Teplý vzduch je jednotkou odváděn a zároveň je ohříván příchozí studený vzduch. To vše probíhá v oddělených potrubích, takže nedochází k mísení. Tímto způsobem lze využít 80–95 % tepla z odváděného vzduchu. Důležité je správné rozmístění rozvodů, které spočívá v tom, že čerstvý ohřátý vzduch v potrubí prochází přes vyhřáté místnosti. Umístění rozvodů je dvojího typu, a to buď v podlaze nebo ve stropě. V podlahách se používají plastové kanálky nebo kanálky z pozinkovaného plechu a vkládají se do izolační vrstvy podlahy. Kanálky se poté musejí překrýt tepelnou izolací rozdílné tloušťky podle umístění. Vyústky se nacházejí pod okny a jejich počet je závislý na velikosti místnosti. Pokud zvolíme variantu rozvodů pod stropem, nejčastěji budou zhotoveny z měkkého pružného hliníku. Tyto rozvody se používají převážně v dřevostavbách, kde jsou zakryté sádrokartonovým podhledem a jednotlivé vyústky jsou umístěny nad dveřmi. Vzduch je odváděn zejména z místností, kde vznikají pachy jako je záchod, koupelna a kuchyň. Z ostatních místností vzduch proudí samovolně pod dveřmi bez prahů, kde mezi dveřmi a podlahou musí vzniknout alespoň 8 mm mezera. [1] Rekuperaci nemůžeme přirovnávat ke klimatizaci. Při procesu rekuperace totiž nedochází ke kondenzaci. Vždy je nutné vést rozvody mimo teplou obálku budovy a chladné rozvody izolovat. [5]

6.2 Tepelná izolace

Kvalitní tepelná izolace je pro nulový dům nepostradatelná. Nejenže díky ní dochází k minimálním tepelným ztrátám, ale také minimalizuje tepelné mosty a riziko plísní. [15] Neznamená to však, že by nulový dům nešel postavit i bez zateplení. Na trhu již najdeme zdící prvky, které mají srovnatelné tepelněizolační vlastnosti jako obyčejné nosné systémy s izolací. Obchodní společnost HELUZ přišla v roce 2009 s broušenými cihlami pro nízkoenergetický dům bez zateplení. Dokázali tak zvýšit tepelněizolační vlastnosti o více než 20 %, a to především díky vylehčení cihelného střepu, většímu počtu otvorů a jinému tvaru per a drážek. V roce 2011, o dva roky později, tato obchodní

společnost přišla s novinkou, která je dokonce ještě o 40 % účinnější než její předchůdkyně. Jedná se o cihly s velkým počtem malých otvorů, které jsou vyplněny drobnými kuličkami polystyrenu. Zdivo o tloušťce 500 mm z těchto cihel má srovnatelné tepelněizolační vlastnosti jako 7metrová zeď z plných pálených cihel nebo jako polystyren tloušťky 36 cm. Tento produkt se pyšní součinitelem prostupu tepla pouhých 0,11 W/m^2.K. Obvodové stěny z těchto cihel velice dobře izolují, ale také v zimním období pomaleji chladnou, a naopak v letních měsících nepropouštějí tolik tepla do místnosti. [16]

Zateplení domu se skládá z nosné konstrukce a tepelněizolační vrstvy. Vybírat můžeme z několika druhů, a to jak z přírodních materiálů, tak i uměle vytvořených. Mezi nejčastěji používané přírodní izolace patří vlna, konopí, len a mnoho dalších. Pěnové izolace, kam řadíme polystyreny, polyuretany, PVC nebo například kaučuk, jsou velice užívané. Polystyreny, které se řadí mezi nejpoužívanější, dále dělíme na extrudované XPS a expandované EPS. První zmíněný, extrudovaný polystyren, je velmi odolný a nenasákavý, proto ho lze použít ve vlhkém prostředí. Používá se především jako tepelná izolace základových desek, kde z části plní i funkci hydroizolační. Expandovaný polystyren se používá na zateplení fasády nebo ho lze využít jako kročejovou izolaci. [17]

Při zhotovení zateplení bychom si měli dát pozor na několik bodů. Například bychom se měli zaměřit na spáry mezi jednotlivými deskami izolace, které by neměly být větší než 3 mm. Správná izolace hmoždinek spočívá v zapuštění a potom následném zakrytí hmoždinky stejným typem izolantu. Při stlačení desky dochází ke ztrátě části izolačních vlastností. [15]

6.3 Součinitel prostupu tepla

Jedná se o veličinu, která udává schopnost skladby konstrukce tepelně izolovat. Tato hodnota je ze zákona dána a musí být tedy dodržena. Značí se U s jednotkou W/m^2.K, která vyjadřuje kolik tepla unikne konstrukcí o ploše 1 m^2 při rozdílu venkovní a vnitřní teploty 1 K. Díky této veličině dokážeme určit tepelné ztráty konstrukce nebo dimenzovat otopnou soustavu. Pro výpočet prostupu tepla musíme znát součinitel tepelné vodivosti λ s jednotkou W/m.K a tloušťku všech vrstev posuzované skladby konstrukce. Součinitel tepelné vodivosti λ vyjadřuje míru vedení tepla z teplejší části do chladnější skrz materiál. Takový údaj je zjišťován laboratorně a k nalezení je v technickém listu výrobku. Obecně platí, že čím je součinitel tepelné vodivosti nižší, tím lepší je materiál tepelný izolant. Po zjištění součinitelů tepelné vodivosti a tlouštěk všech vrstev zkoumané skladby dále stanovíme tepelný odpor při přestupu tepla R s jednotkou m^2.K/W. Tato veličina udává schopnost materiálu klást odpor při prostupu tepla konstrukcí.

Tepelný odpor R se vypočítá ze vztahu: $R_k = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_i}{\lambda_i}$ [m^2.K/W] (1)

kde:

d_1, d_2, d_i jsou tloušťky jednotlivých vrstev konstrukce [m]

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_i$ jsou hodnoty součinitele tepelné vodivosti jednotlivých vrstev [W/m.K]

K vypočtenému tepelnému odporu musíme připočítat ještě odpory při přestupu tepla na vnitřní a vnější straně Rsi a Rse, které jsou dány normou ČSN 73 0540-3. Tepelný odpor z vnější strany Rse je roven 0,04 m^2.K/W. Pokud bychom ovšem posuzovali konstrukci přilehlou k zemině jako např. podlahu na zemině, poté bude tepelný odpor z vnější strany Rse = 0 m^2.K/W. Tepelný odpor z vnitřní strany Rsi se odvíjí od typu konstrukce. Pokud se jedná o horizontální tepelný tok jako např. u svislé stěny je Rsi = 0,13 m^2.K/W, při tepelném toku dolů jako je to u podlahy je Rsi = 0,17 m^2.K/W, v případě vodorovné konstrukce pod nevytápěným prostorem je Rsi = 0,10 m^2.K/W.

Výsledný odpor celé konstrukce je: $R_t = Rsi + R_k + Rse$ [m^2.K/W] (2)
kde:

Rsi je tepelný odpor na vnitřní straně [m^2.K/W]

R_k je tepelný odpor konstrukce [m^2.K/W]

Rse je teplený odpor ne vnější straně [m^2.K/W]

Výpočet součinitele prostupu tepla: $U = \frac{1}{R_t}$ [W/m^2.K] (3)

Vypočtenou hodnotu součinitele prostupu tepla U porovnáme s hodnotu U_N, což je normou stanovený součinitel prostupu tepla. Aby dle zákona konstrukce vyhověla musí splnit podmínku, že $U < U_N$. [18]

Hodnoty součinitele prostupu tepla U splňující podmínky pro pasivní dům jsou přísnější než pro klasickou stavbu.

Tabulka 1 - Porovnání hodnost součinitele prostupu tepla U

	Hodnota součinitele prostupu tepla U [W/m^2.K]			
	Podlaha	Obvodová stěna	Střecha	Okno
Klasická stavba	0,45	0,30	0,24	1,7
Pasivní stavba	0,15	0,12	0,10	0,80

(Zdroj: s použitím 19, 20; vlastní)

6.4 Výplně otvorů

Nejen okna, ale i veškeré dveře a vrata tvoří přepážku mezi interiérem a exteriérem. Jelikož z vnějšího prostředí na ně působí rozdílná vlhkost, teplota, záření slunce, vítr

a další povětrnostní podmínky, měli bychom výplňovým otvorům věnovat zvýšenou pozornost. Právě výplněmi otvorů uniká až 40% tepla ven z domu. [5]

U nulových domů slouží okna jako příjemce tepla skrz sluneční záření. Chceme dosáhnout, abychom sluneční energie získali co nejvíce. Zároveň chceme docílit co nejmenších ztrát při sníženém slunečním svitu nebo během noci. Celkový prostup tepla přes okno nesmí u pasivního a nulového domu přesáhnout hodnotu 0,8 W/(m^{2}K). Konstrukce okna se skládá z rámu, zasklení a někdy i roletových boxů. Běžné okenní rámy jsou pro nulové domy nevyhovující. Proto se používají plastové rámy s tepelnou izolací v dutinách rámů nebo dřevěná okna s izolací. Okenní rámy by měly tvořit co nejmenší podíl na celkové ploše okna.

Co nejlepší zasklení oken závisí na dvou parametrech: součiniteli prostupu tepla U a stupni celkové energetické propustnosti slunečního záření g. Součinitel prostupu tepla by měl být co možná nejnižší, jelikož čím nižší bude, tím menší budou tepelné ztráty. Naopak stupeň celkové energetické propustnosti, který zajišťuje solární zisky, by měl být co nejvyšší. Pro pasivní a nulové domy přichází v úvahu pouze okna s trojsky.

Pokud v domě dochází v období léta k přehřívání, doporučuje se praktikovat noční větrání, kdy pomocí otevřeného okna do místnosti proudí čerstvý studený vzduch. Pokud je v místnosti dostatečný počet otevíraných oken, lze u zbylých oken provézt pevné zasklení přímo do stěny. [9]

U střešních oken prostup tepla probíhá intenzivněji než u oken svislých. Jelikož střešní okna jsou zpravidla menší než okna svislá, bude rám v tomto případě tvořit znatelný rozdíl, jakožto slabší část z hlediska prostupu tepla. I přesto, že na trhu již najdeme výrobce, kteří uvádí dostatečnou hodnotu prostupu tepla a slibují další výhody, měli bychom být při návrhu spíše zdrženliví. [21]

6.5 Solární výroba energie

Díky energii, kterou dokáže vyrobit slunce, můžeme ohřívat vodu s minimálními náklady. Díky rostoucím cenám energií se její investice může vrátit už za 8 let. Instalací solárních kolektorů dokážeme ušetřit 55 až 75 % nákladů spojených s přípravou teplé užitkové vody a zároveň 25 až 40 % nákladů spojených s vytápěním. [22]

Získaná energie závisí nejen na zeměpisných podmínkách, tak i na umístění přijímačů. Co se týká České republiky, je nejideálnější místo jižní Morava, naopak nejméně efektivní jsou severní Čechy. Z hlediska umístění, a to konkrétně na střeše, je důležitá světová strana a také sklon střechy. Nejlepší orientace je od jihovýchodu po jihozápad s ideálním sklonem střechy 35°.

Systémy pro získání solární energie jsou dvojího typu. Prvním typem jsou fotovoltaické panely, které vytvářejí elektřinu, a díky kterým můžeme ohřívat vodu, nebo ji můžeme využívat v domácnosti. Druhým typem je technologie termického ohřevu

vody. Tento systém ohřívá přímo kapalinu, která se používá k ohřevu vody nebo k vytápění. Fotovoltaika má oproti druhému typu jednodušší instalaci a vyšší účinnost i za mrazivého počasí. Naopak výhodou termického ohřevu vody je menší plocha kolektorů, a také menší pořizovací cena. V létě naopak vznikají problémy s přebytky tepla. [23] Takže pokud chceme elektřinu vyrábět, musíme zvolit fotovoltaické panely, jelikož fototermika vyrobit elektřinu neumí.

Fototermický solární systém se skládá z kolektorů, které mohou být buď ploché nebo trubicové vakuové. Ploché kolektory mají vnější plášť tepelně izolovaný a horní povrch prosklený. [9] Uvnitř se nachází tenké trubky připevněné k absorbéru, které přijímají záření, které následně předávají tekutině, která vede teplo. Trubicové vakuové kolektory jsou poskládány ze skleněných trubek s vytvořeným vakuem. Tyto kolektory dokáží na rozdíl od kolektorů plochých získávat teplo i při nepříznivých podmínkách. Oba typy se instalují na střechy se sklonem, ale pro trubicové kolektory může posloužit i plocha fasády. [9] Energie vytvořená během roku je u obou rozdílná. Zatímco u plochých kolektorů je roční produkce energie počítána na 1 m^2 v rozmezí 300 až 500 kWh, u trubicových můžeme naměřit vyšší hodnotu a to 450–700 kWh za rok. [24]

Dalším zajímavým typem moderního způsobu fotovoltaického získávání sluneční energie jsou solární střešní tašky. Na trhu se objevuje již mnoho výrobců různých typů a parametrů. Spojuje je to, že kladou důraz na design, a tak reagují na nevzhledné panely na střechách. Solární tašky vypadají jako klasické, avšak na svém povrchu mají technologii, která zaručuje příjem sluneční energie. Většina firem nabízí stejné tašky i bez nainstalování fotovoltaiky, a tak lze dosáhnout variabilní aplikace buď na přijatelnou světovou stranu nebo pouze na část střechy.

Jelikož nejvíce energie potřebujeme nejčastěji ráno a večer, musíme do soustavy zařadit i zásobníky. Těmi mohou být akumulátory nebo virtuální baterie, které vytvořenou energii uchovají k pozdější spotřebě. Pokud chceme vytvořenou energii přes den využít k ohřevu vody, volíme elektrický bojler. [25]

V souladu s vizí úspory energie můžeme uvažovat také jiné energetické úspory než jsou ty dané použitými materiály. Mezi takové úspory patři například:

- Při nákupu spotřebičů bychom měli dbát na přístroji s nejnižší spotřebou, i na úkor vyšší ceny.
- Lednici umístit do chladnější části místnosti, nejlépe bez slunečního záření.
- Prádlo sušit nejlépe venku na čerstvém vzduchu, ale pokud nelze sušit jinak než v sušičce, pak by mělo být prádlo vyždímané na maximum.
- Spotřebiče jako pračka, myčka a sušička pouštět až po řádném naplnění.
- Žárovky nejlépe vyměnit za úsporné. [26]

7 Použití přírodních materiálů

7.1 Dřevo

Dřevo je jedním z nejstarších materiálů, které si lidé osvojili při výstavbě svých obydlí. Mezi výhody tohoto materiálu patří dobré tepelně-technické vlastnosti, snadná opracovatelnost, nízká hmotnost, snadná recyklace a mnoho dalšího. Svými vlastnostmi si proto získalo mnoho příznivců, kteří právě dřevo použili jako hlavní materiál při stavbě. Strom při růstu spotřebovává oxid uhličitý, čímž napomáhá ke snížení emisí CO_2. Avšak i tento materiál má své nevýhody. Dřevo je anizotropní materiál, což znamená, že má rozdílné fyzikální a mechanické vlastnosti v různých směrech. Vlhkost dřeva se mění podle vlhkosti prostředí. Svou roli zde hrají i škůdci a hniloba, na kterou jsou dřevěné konstrukce při nesprávné péči choulostivé. Jelikož se jedná o přírodní materiál, obsahuje přirozené kazy jako například suky nebo trhliny, které zhoršují jeho vlastnosti. [1]

Dřevo pro stavební účely můžeme rozdělit do tří skupin:

- masivní dřevo
- aglomerované dřevo
- dezintegrované dřevo

7.1.1 Masivní dřevo

Masivní dřevo vznikne opracováním dřeva z rostlého stromu do požadovaných rozměrů. Využívá se na obklady, podlahy, schodiště atd. Většina lidí ho ovšem zná jako materiál pro roubené a srubové stavby, kde celé kmeny tvoří prvky stěn. [1]

7.1.2 Aglomerované dřevo

Při výrobě se dřevo nejprve rozdělí na menší části a poté pomocí tlaku, teploty nebo lepidel dojde ke spojení do požadovaného deskového tvaru. Tímto způsobem můžeme eliminovat vlhkostní roztažnost nebo známky anizotropie. [1] Jelikož tyto materiály obsahují také složky nepřírodního charakteru, řadí se mezi přírodní stavební materiály s přídavky.

OSB desky

Jedná se o lepidlem slepené třísky, které jsou orientované v podélném směru desky. Právě touto orientací třísek získává deska až 2x větší únosnost než masivní dřevo stejné dimenze. OSB desky se nejčastěji používají na opláštění stěn dřevostaveb a na základy střech a stropů. [1]

Dřevotřískové desky

Základem dřevotřískové desky jsou třísky získané ze dřeva, které je kvůli vadám růstu nebo neideální velikosti označeno jako nevhodné pro jiné účely. Dřevěné třísky jsou spolu s dalším dřevním odpadem jako jsou piliny, recyklované dřevo a hobliny spojovány vysokým množstvím lepidla. Tyto desky se používají na vnější opláštění stěn a střech. [1]

Vrstvené dřevo LVL

Jedná se o materiál vysoké pevnosti, který při výrobě eliminuje přirozené vady dřeva. Vyrábí se lepením dýh, které jsou téměř vždy navzájem rovnoběžné. Z hlediska poměru zatížení k hmotnosti jsou vrstvené desky kvalitnější než ocel. Ve výstavbách se používají jako průvlaky, nosníky, trámy, vaznice, zakřivené prvky stavebních konstrukcí nebo například překlady nadokenních otvorů velkých rozpětí. Jelikož dřevní hmota není vodičem tepla, přispívá k eliminaci tepelných mostů. [1]

Cementotřískové desky

Vyrábějí se lisováním náhodně orientovaných třísek ve spojení s portlandskými cementy a přísadami. Jsou vhodné i do vlhkého prostředí např. jako podkladní vrstva do podlah, kde nahrazují mokré betonové procesy. [1]

Sádrovláknité desky

Základem pro výrobu je sádra, která je smíchána s celulózovými a papírovými vlákny a pomocí lisu tvarována do základních rozměrů. Jsou nehořlavé, mají vyšší únosnost a vyšší akustiku než sádrokarton. Často se používají na opláštění stěn a příček. [1]

Sádrokartonové desky

Jak už z názvu vyplývá, jedná se o výrobek ze sádry, která je z obou stran opláštěná vrstvou kartonu. Sádrokartonové desky se využívají nejčastěji jako vnitřní opláštění dřevostaveb a na podhledy. [1]

7.1.3 Desintegrované dřevo

Základem těchto materiálů je dřevní surovina rozdělená na malé části. Taková forma dřeva se používá jako výplňová tepelná izolace. Velkou výhodou je možnost využití jinak odpadového dřevního materiálu. [1]

Foukaná dřevní hmota

Jedná se o dřevní vlákna vzniklá při výrobě dřevovláknitých desek. Na stavbu se dodává v pytlech, ze kterých je následně pomocí aplikačního přístroje foukána do konstrukce stěn. Takto zabraňuje sesedání izolace a také vyplňuje veškerý prostor.

Výhodou je, že vlhkost je schopna jak přijmout, tak i vydat, a proto je vhodná do difúzně otevřených konstrukcí. [1]

Měkká dřevovláknitá izolace

Způsob výroby je obdobný jako u vytváření dřevovláknitých desek s rozdílem menšího působení tlaku. Obdobně jako u deskových izolací je nutné vyřezávat nerovnosti, aby tepelná izolace dokonale přilehla ke konstrukci. [1]

7.2 Sláma

Sláma, která vzniká v zemědělství jako odpadní materiál, si našla využití i v moderním stavitelství. Po všech stránkách se jedná o takřka ideální přírodní tepelnou izolaci, jelikož je levná, má dobré izolační vlastnosti a při správném použití vydrží i přes sto let. Rozměry balíků jsou různé, avšak vzhledem k lepší manipulaci se více využívají balíky ze zemědělských balíkovačů. Tepelné vlastnosti balíků záleží na míře stlačení a orientaci stébel. Ovšem jako přírodní materiál je nutné ji chránit proti vlhkosti zejména smáčení deštěm a navlhání od základů. [1]

Slámokartonové panely

Jedná se o průmyslově zpracovanou slámu do formy panelů. Sláma je lisována a doplněna kartonem. Podobně jako sádrokartonové příčky se musí povrchově upravit nátěrem, malbou nebo obkladem. [1]

7.3 Hlína

Nepálená hlína se ve stavbách používala do 20. století, nyní zájem o ni znovu stoupá v podobě nepálených cihel nebo hliněných omítek. Velkou výhodou je její nízká energetická náročnost na výrobu a fyzikální vlastnosti, především regulace vzdušné vlhkosti. V průmyslových výrobách vznikají nejen cihly, ale také tvarovky pro svislé nosné i výplňové konstrukce, příčkové desky, obkladové desky nebo například stropní vložky. Výrobky pro nosné účely jsou vyráběné dusáním do bednění pomocí pneumatických pěchů. Hliněné omítky se dodávají jako pytlované směsi, kdy po smíchání s vodou a přísadami je lze aplikovat buď ručně nebo pomocí strojní omítačky. Hliněné omítky se mohou použít i do exteriéru, avšak vyžadují větší ochranu před deštěm a pravidelnou údržbu. [1]

7.4 Konopí

Konopí seté má mnoho využití v různých odvětvích průmyslu. Konopí je výbornou alternativou dřeva, jelikož poskytuje několikanásobně více celulózy. Také se dá sklízet až 2x ročně a v mírném pásmu jej lze pěstovat prakticky všude. Z konopí se vyrábějí izolační materiály, které vykazují dobré tepelné, mechanické i akustické vlastnosti. [1]

7.5 Ovčí vlna

Ovčí vlna je brána jako odpadní produkt. Používá se již mnoho staletí a má své příznivce i v dnešní době. Díky své dlouhé životnosti, vysoké hygroskopii (při zvýšení vlhkosti dochází ke zvýšení izolační schopnosti) a malé hořlavosti (vzhledem k jiných přírodním materiálům). Vlna se před zpracováním vyčistí od tuku, použije se ochrana proti molům a hoření. Výsledný produkt je dodáván v podobě tepelněizolačních rohoží o různých tloušťkách, které se připevňují na dřevěný podklad pomocí sponek, hřebů nebo lepící pásky. [1]

7.6 Celulóza

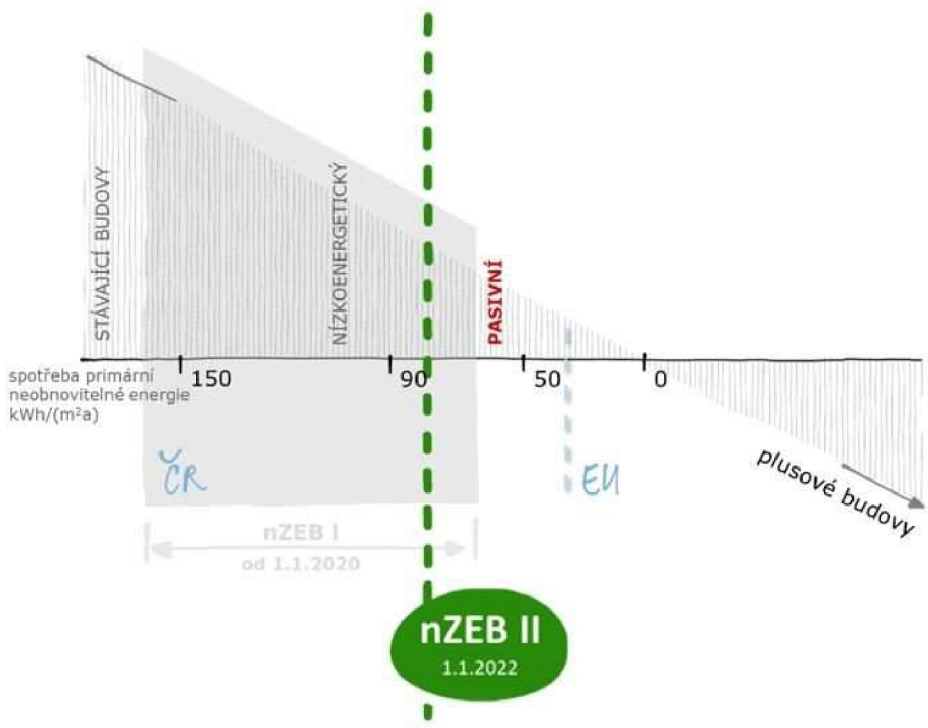
Celulózová vlákna se vyrábějí z rozvlákněného novinového papíru. Využívají se jako tepelná a akustická izolace. Aplikací je hned několik. První možností je zafoukávání do připravených dutin ve vertikálním nebo vodorovném směru. Také se může stříkat na povrch za mokra, kde vytvoří tuhou izolační vrstvu. Dalším způsobem je volné sypání, které se využívá nejčastěji u izolování podlah. Mezi její výhody patří nízká cena, dobrá dostupnost lokálních výrobců nebo vysoká měrná kapacita materiálu. [1]

7.7 Minerální izolace

Minerální vlna se prodává ve dvou formách, a to jako kamenná nebo skelná vata. Jedná se o ekologický izolant přírodního původu. Zajišťuje výborné tepelně a zvukově izolační vlastnosti. Také je nehořlavá, trvanlivá a zdravotně nezávadná. Skelná a minerální vata se vyrábějí především z písku a recyklovaného skla. Kamenná vlna obsahuje hlavně vyvřelé horniny jako jsou diabas, čedič, dolomit. V České republice se jako izolant využívá déle než 70 let. Jelikož odpuzuje vodu, lze ji umístit i do místností s vysokou vlhkostí, aniž by došlo ke znehodnocení. [27]

8 Budovy s téměř nulovou spotřebou energie – nZEB II

Od 1.1.2022 jsme se mohli setkat s novými požadavky na novostavby a rekonstrukce ve vyhlášce 264/2020 Sb., o energetické náročnosti budov. Jedná se především o úpravu podmínek využívání primární neobnovitelné energie. Důraz je kladen hlavně na udržitelnou architekturu, účinné technologie a využití dostupných obnovitelných zdrojů. [28] Novostavby splňující parametry dané touto vyhláškou jsou nazvány jako budovy s téměř nulovou spotřebou nZEB II. Tato zkratka je z angličtiny a navazuje na energetický standard platný od 1.září 2020. Doposud rodinné domy mohly spotřebovat až 160 kWh/m^2, nyní se spotřeba běžného rodinného domu bude muset snížit až o polovinu na rozmezí 70–75 kWh/m^2 za rok. Pro jiné stavby je spotřeba primární energie definovaná ve vyhlášce. [29] Pokud hranici spotřeby energie porovnáme s parametry nulových domů, zjistíme, že tyto nadefinované novostavby odpovídají přibližně parametrům mezi nízkoenergetickým a pasivním domem, jak je patrné z obrázku č. 1.



Obrázek 1 - Porovnání požadavků nZEB II
(Zdroj: 30)

Tato vyhláška se může nejvíce dotknout jednopodlažních, rozsáhlých nebo nevhodně orientovaných budov, jelikož právě jednoduchý tvar a postavení vůči světovým stranám hraje zásadní roli v investičně nenákladných budovách s téměř nulovou spotřebou energie. [30]

9 Praktická část

Praktická část je zaměřena na posouzení přírodních materiálů v konstrukcích pasivních domů. Nejprve byly provedeny výpočty s využitím vzorců z kapitoly 6.3. Tyto výsledné hodnoty součinitele prostupu tepla konkrétní konstrukce byly posouzeny na splnění maximální hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní dům. Následně byl naceněn výřez o ploše 1 m^2 každé konstrukce. Jelikož hodnoty součinitele prostupu tepla U pro nulové domy jsou shodné s hodnotami pro pasivní dům, lze tyto konstrukce použít i na domy nulové, ovšem po splnění všech technických požadavků na výrobu energie.

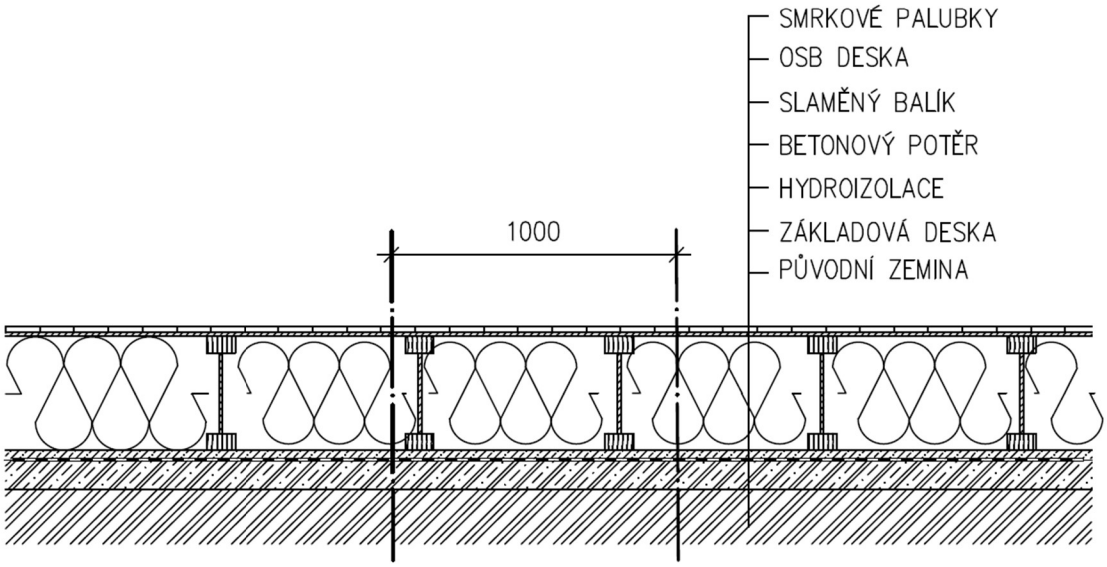
9.1 Konstrukce

Pro průzkum byly zvoleny čtyři druhy přírodních materiálů. Jedná se o slámu v podobě slaměných balíků, dále ovčí vlnu, minerální vlnu a konopí. Tyto materiály byly jednotlivě použity ve čtyřech základních konstrukcích, kam patří podlaha na základové desce, obvodová stěna, plochá a šikmá střecha. Na vytvořených konstrukcích byla zjištěna výsledná hodnota součinitele prostupu tepla U pomocí vzorců kapitoly 6.3 této práce, která byla následně porovnána s hodnotami součinitele prostupu tepla U pro pasivní dům daných konstrukcí. Všechny níže zmíněné konstrukce jsou převzaty z literatury, internetu nebo katalogů výrobců. U některých konstrukcí došlo, vzhledem ke splnění podmínky pasivního domu, k výměně typu výrobku nebo tloušťce jednotlivých vrstev. Skladba konstrukcí je zaznačena vždy v tabulce spolu se všemi potřebnými hodnotami ke zjištění součinitele prostupu tepla.

Druhým výstupem praktické části je srovnání cen výřezu ze všech výše zmíněných konstrukcí. Každý výřez skladby o ploše 1 m^2 byl pomocí rozpočtového programu Kros 4 naceněn a výsledné ceny byly zaznačeny do tabulky. U nacenění konstrukcí podlah u všech posuzovaných materiálů tepelných izolací byly naceněny pouze pořizovací ceny betonového potěru/mazaniny, tepelné izolace, OSB desky a dřevěné podlahy včetně povrchové úpravy. Zbývající vrstvy podlahy jsou u všech typů konstrukcí shodné, tudíž nebudou mít vliv na porovnání celkové ceny.

Na závěr byla vytvořena tabulka č. 34 a graf č. 1, které porovnávají ceny všech posuzovaných konstrukcí. Na základě nejnižší ceny byly vybrány jako nejekonomičtější varianty konstrukce s použitím slaměných balíků.

9.1.1 Podlaha na ŽB desce s použitím slámy



Obrázek 2 - Skladba podlahy s použitím slámy
(Zdroj: s použitím 31; vlastní)

Konstrukce se skládá ze základové železobetonové desky, na které je hydroizolace a samonivelační betonový potěr v tloušťce 30 mm. Rám je tvořen z dřevěných I nosníků, které jsou vysoké 400 mm a umístěny s roztečí 700 mm. Do této rámové konstrukce jsou vkládány slaměné balíky o rozměru 400x500x700 mm. Na I nosníky jsou hřebíky přibity OSB desky a následně smrkové palubky, které jsou taktéž přibíjeny pomocí hřebíků a které jsou povrchově ošetřené.

Skladba konstrukce popsaná v tabulce č. 2 byla upravena tak, aby obsahovala přírodní materiály a zároveň vyhověla hodnotě součinitele prostupu tepla U pro pasivní dům. V tabulce č. 3 jsou uvedeny průběžné ceny položek a konečná cena, která je stanovená bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci.

Minimální tloušťka izolantu může být při splnění podmínky hodnoty součinitele prostupu tepla U snížena až na 300 mm. Takový rozměr slaměného balíku je spíše výjimečný, proto by záleželo na technické proveditelnosti balíkovacího stroje.

Tabulka 2 - Skladba podlahy s použitím slámy

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Smrkové palubky	Přibíjeny hřebíky, povrchová úprava palubek	0,019	0,140	0,136
OSB deska		0,015	0,130	0,115
Slaměný balík	Rozměr: 400x500x700 mm, vkládán mezi dřevěné I nosníky	0,400	0,045	8,889
Betonový potěr	Samonivelační C30	0,030	1,400	0,021
Hydroizolace		0,006	0,200	0,030
ŽB deska		0,100	1,580	0,063
Původní zemina		-	-	-
	∑ Tloušťka	0,570	∑ R	9,255
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		9,425		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,106**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] podlahy na zemině pro pasivní domy		0,150		

(Zdroj: s použitím 31; vlastní)

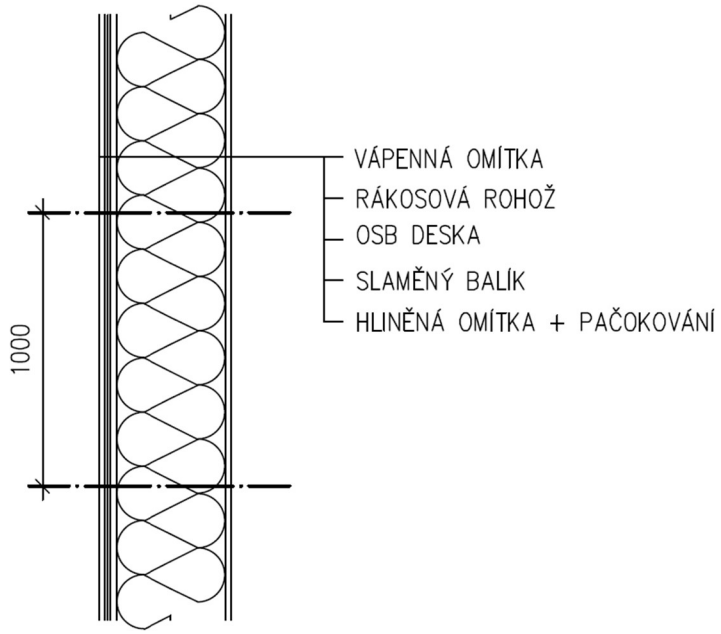
Tabulka 3 - Cena skladby podlahy s použitím slámy

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	341,95
PSV	713	Izolace tepelné	153,60
	762	Konstrukce tesařské	1 134,46
	775	Podlahy skládané	1 528,14
Celková cena za 1 m^2 *			**3 158,15**

(Zdroj: vlastní)

* Cena je stanovena bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci.

9.1.2 Obvodová nosná stěna s použitím slámy



Obrázek 3 - Skladba obvodové stěny s použitím slámy
(Zdroj: s použitím 32; vlastní)

Obvodová stěna je tvořena dřevěným rámem pomocí I nosníků vzdálených 700 mm od sebe. Mezi nosníky jsou vkládány slaměné balíky rozměru 400x500x700 mm. Z vnější strany je rám přiklopen OSB deskami přibitými k nosníkům. Na rákosovou rohož, která je pomocí sponek připevněna k OSB desce, je nanesen nejprve vápenný postřik a následně provedena vnější vápenná omítka a vápenný krycí nátěr. Vnitřní omítku tvoří hladká hliněná omítka, která je přímo nanášena na slaměný balík, do které je vložena jutová tkanina a poslední úpravu tvoří dvojnásobné pačokování.

V konstrukci, která je popsaná v tabulce č. 4, byly upraveny některé vrstvy tak, aby skladba splňovala součinitel prostupu tepla obvodové stěny vhodný pro pasivní dům. V tabulce č. 5 jsou zaznačeny ceny položek a jejich součet představující celkovou cenu za 1 m^2.

Minimální tloušťka tepelné izolace tak, aby konstrukce stále splňovala parametry pasivního domu, by mohla být snížena na 350 mm. V této konstrukci by však musel být použit prvek nahrazující dřevěný I nosník, který se ve výšce 350 mm standardně nenachází.

Tabulka 4 - Skladba obvodové stěny s použitím slámy

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Hliněná omítka hladká, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,520	0,038
Slaměný balík	Rozměr: 400x500x700 mm, vkládán mezi dřevěné I nosníky	0,400	0,045	8,889
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Rákosová rohož	Připevněna na OSB desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
Vnější omítka	Vápenná omítka, vápenný postřik, vápenný krycí nátěr	0,020	0,490	0,041
	∑ Tloušťka	0,472	∑ R	9,319
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		9,489		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,105**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] obvodové stěny pro pasivní domy		0,120		

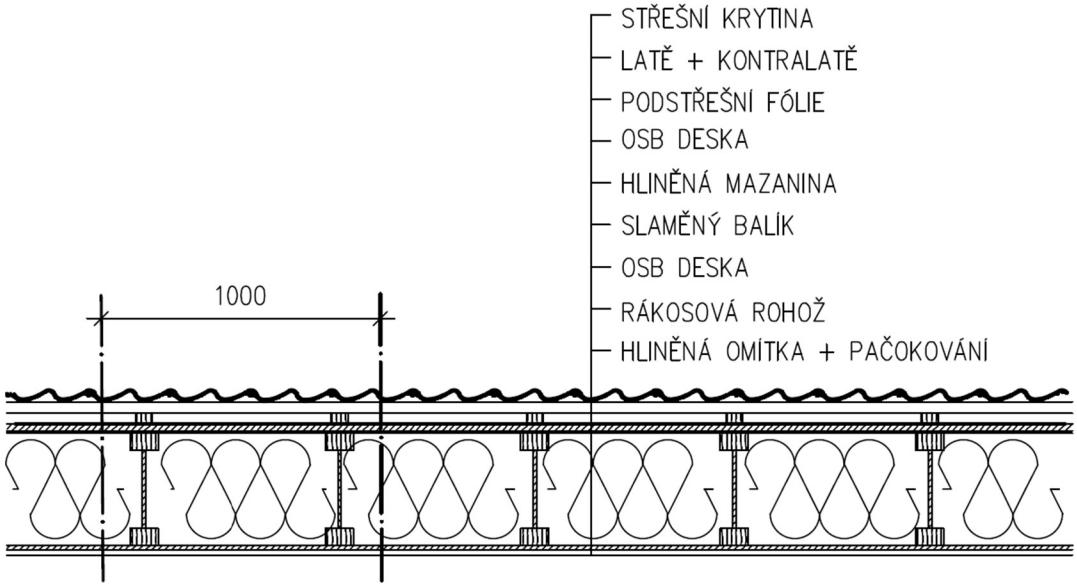
(Zdroj: s použitím 32; vlastní)

Tabulka 5 - Cena skladby obvodové stěny s použitím slámy

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 541,18
PSV	713	Izolace tepelné	293,45
	762	Konstrukce tesařské	627,14
	763	Konstrukce suché výstavby	1 395,44
	783	Dokončovací práce – nátěry	151,00
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**4 039,61**

(Zdroj: vlastní)

9.1.3 Šikmá střecha s použitím slámy



Obrázek 4 - Skladba šikmé střechy s použitím slámy
(Zdroj: s použitím 32; vlastní)

Nosný prvek skladby tvoří dřevěný I nosník výšky 500 mm, který je kladen s roztečí 700 mm. Mezi nosníky jsou umístěny slaměné balíky o rozměru 500x700x460 mm. K vnitřní straně nosníku je přibita OSB deska, na které je upevněna pomocí sponek rákosová rohož. Konečnou úpravu vnitřních povrchů tvoří nejprve jílový postřik, poté hladká hliněná omítka s vloženou jutovou tkaninou a dvojnásobné pačokování. Z vnější strany je na slaměný balík nanesena hliněná mazanina přiklopená OSB deskou a podstřešní fólií. Latě a kontralatě jsou přibíjeny v požadovaných roztečích a zakryty střešní krytinou.

U některých materiálů konstrukce, popsané v tabulce č. 6, byla změněna tloušťka vrstev tak, aby byla splněna hodnota součinitele prostupu tepla U. V tabulce č. 7 je uvedena průběžná a celková cena za výřez konstrukcí o ploše 1 m^2.

Minimální tloušťka izolantu by v této konstrukci mohla být snížena na 460 mm tak, aby konstrukce stále splňovala hodnoty pasivního domu. Tento rozměr slaměného balíku ovšem není příliš častý, proto záleží na technické proveditelnosti balíkovacího stroje.

Tabulka 6 - Skladba šikmé střechy s použitím slámy

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Hliněná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,520	0,038
Rákosová rohož	Připevněna na OSB desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
OSB deska		0,015	0,130	0,115
Slaměný balík	Rozměr: 500x700x460 mm, vkládán mezi dřevěné I nosníky	0,500	0,045	8,889
Hliněná mazanina		0,010	0,570	0,018
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Podstřešní fólie		-	-	-
Latě a kontralatě	Jehličnaté impregnované latě 40x60 mm	-	-	-
Pálená taška		-	-	-
	∑ Tloušťka	0,584	∑ R	11,687
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		11,827		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,085**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] střechy pro pasivní domy		0,100		

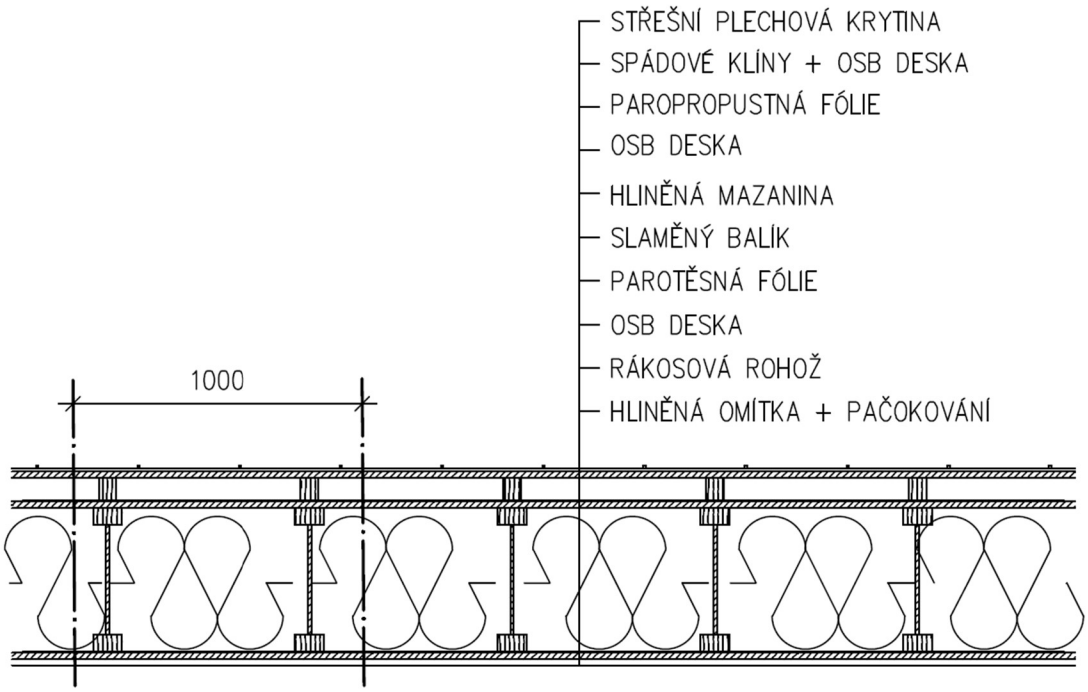
(Zdroj: s použitím 32; vlastní)

Tabulka 7 - Cena skladby šikmé střechy s použitím slámy

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 279,67
PSV	713	Izolace tepelné	211,95
	762	Konstrukce tesařské	3 632,60
	763	Konstrukce suché výstavby	1 227,44
	765	Krytina skládaná	870,48
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**7 253,54**

(Zdroj: vlastní)

9.1.4 Plochá střecha s použitím slámy



Obrázek 5 – Skladba ploché střechy s použitím slámy
(Zdroj: s použitím 33; vlastní)

Konstrukce je tvořena dřevěnými I nosníky s výškou 500 mm, vzdálenými 700 mm od sebe. Mezi nosníky jsou vkládány slaměné balíky o rozměru 500x700x460 mm. Z vnitřní strany jsou slaměné balíky přikryty parotěsnou fólií přiklopenou OSB deskou připevněnou pomocí hřebíků k I nosníkům. Na desce je připevněna pomocí sponek rákosová rohož, na kterou je nanášen jílový postřik, poté hliněná hladká omítka s jutovou tkaninou a konečná úprava ve formě pačokování. Z vnější strany je slaměný balík pokryt slabou vrstvou hliněné mazaniny, která je přikryta OSB deskou a podstřešní fólií. Spád střechy je zajištěn pomocí spádových klínů, na kterých jsou přibité OSB desky a plechová krytina.

Ve skladbě konstrukce uvedené v tabulce č. 8 byly provedeny změny v rozměrech některých vrstev tak, aby skladba ploché střechy splňovala hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní dům. V tabulce č. 9 jsou uvedeny ceny jednotlivých konstrukcí včetně ceny celkové.

Minimální tloušťka slaměného balíku by se dala snížit na 450 mm, v závislosti na splnění hodnoty konstrukce vhodné pro pasivní domy. Tento rozměr slaměného balíku nepatří mezi nejpoužívanější, proto záleží na technické proveditelnosti balíkovacího stroje

Tabulka 8 – Skladba ploché střechy s použitím slámy

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Hliněná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,520	0,038
Rákosová rohož	Připevněna na OSB desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Parotěsná fólie		-	-	-
Slaměný balík	Rozměr: 500x700x460 mm, vkládán mezi dřevěné I nosníky	0,500	0,045	11,111
Hliněná mazanina		0,010	0,0570	0,018
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Podstřešní fólie		-	-	-
Spádové klíny	Jehličnaté impregnované řezivo	-	-	-
Plechová krytina	OSB deska, pozinkovaný plech s povrchovou úpravou	-	-	-
	∑ Tloušťka	0,584	∑ R	11,687
	Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]	11,827		
	Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]	**0,085**		
	Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] střechy pro pasivní domy	0,100		

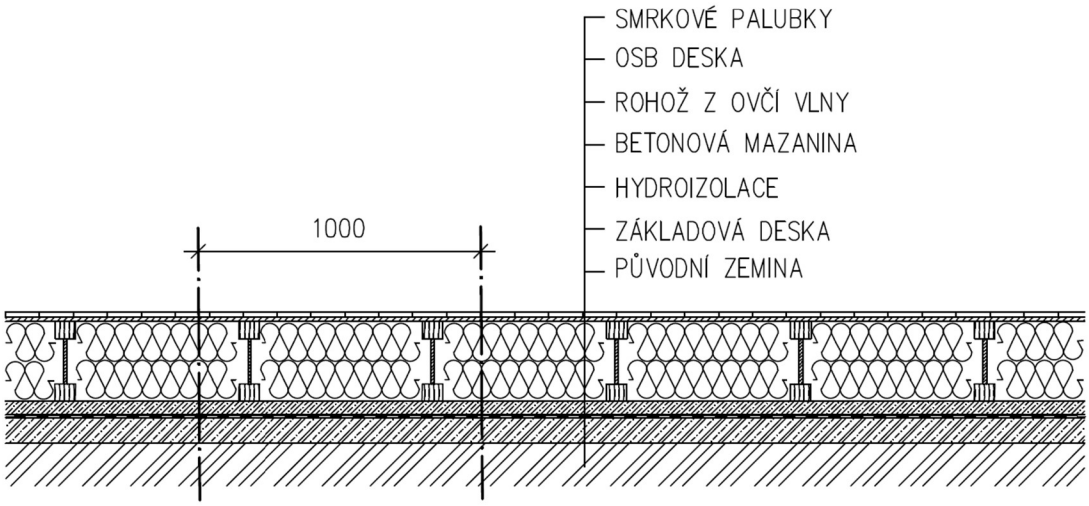
(Zdroj: s použitím 33; vlastní)

Tabulka 9 - Cena skladby ploché střechy s použitím slámy

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 463,47
PSV	713	Izolace tepelné	331,64
	762	Konstrukce tesařské	3 911,00
	763	Konstrukce suché výstavby	1 138,12
	764	Konstrukce klempířské	1 565,19
	765	Krytina skládaná	130,07
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**8 570,89**

(Zdroj: vlastní)

9.1.5 Podlaha na ŽB desce s použitím ovčí vlny



Obrázek 6 - Skladba podlahy s použitím ovčí vlny
(Zdroj: s použitím 34; vlastní)

Skladba podlahy je tvořena základovou železobetonovou deskou s hydroizolací a vrstvou betonové mazaniny o tloušťce 50 mm. Rohože z ovčí vlny budou vkládány ve dvou vrstvách mezi dřevěné I nosníky výšky 280 mm vzdáleny 600 mm od sebe. Na nosníky budou přibity OSB desky, na kterých budou hřebíky připevněné dřevěné palubky opatřeny povrchovou úpravou.

Tloušťky vrstev skladby v tabulce č. 10 byly u některých materiálů pozměněny v závislosti na splnění požadavků hodnoty součinitele prostupu tepla daný pro pasivní dům. V tabulce č. 11 jsou zaznačeny ceny jednotlivých položek a také celková cena za výřez konstrukcí o ploše 1 m^2, která nezahrnuje náklady na základovou desku a hydroizolaci.

Minimální tloušťka izolantu, za podmínky splnění požadavků pro pasivní dům, je 240 mm. Vrstva tepelné izolace by byla vkládána mezi dřevěný I nosník o výšce 240 mm. Taková konstrukce by taktéž splňovala přípustnou hodnotu součinitele prostupu tepla pasivního domu. Celková cena této konstrukce za 1 m^2 bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci by činila 3 538,24 Kč/m^2. Rozdíl oproti konstrukci v tabulce č. 10 je 161,11 Kč/m^2.

Tabulka 10 - Skladba podlahy s použitím ovčí vlny

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Smrkové palubky	Přibíjeny hřebíky, povrchová úprava palubek	0,019	0,140	0,136
OSB deska		0,015	0,130	0,115
Rohož z ovčí vlny	Isolena Block ve 2 vrstvách (tl. 140 mm), vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,280	0,0385	7,273
Betonová mazanina	Z prostého betonu C 12/15	0,050	1,230	0,041
Hydroizolace		0,006	0,200	0,030
ŽB deska		0,100	1,580	0,063
Původní zemina		-	-	-
	∑ Tloušťka	0,470	∑ R	7,658
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		7,828		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,128**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] podlahy na zemině pro pasivní domy		0,150		

(Zdroj: s použitím 34; vlastní)

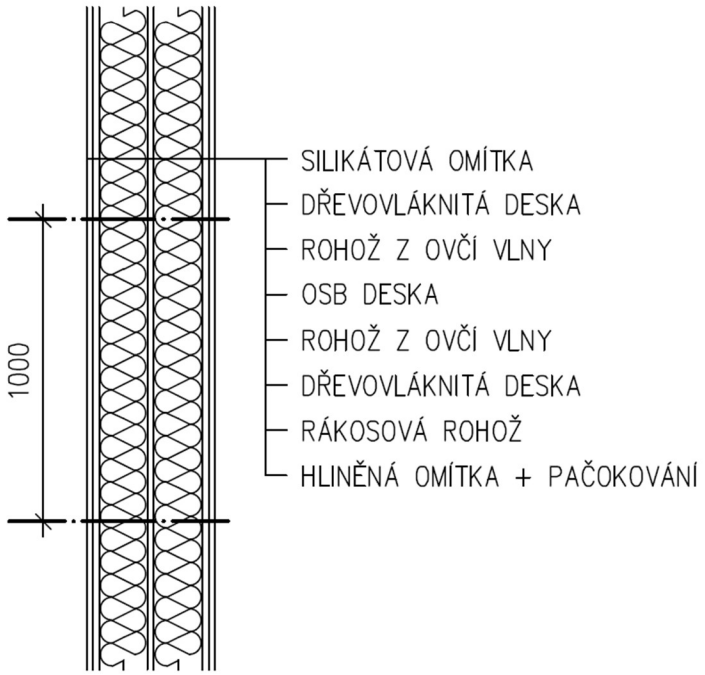
Tabulka 11 - Cena skladby podlahy s použitím ovčí vlny

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	244,76
PSV	713	Izolace tepelné	1 102,25
	762	Konstrukce tesařské	824,20
	775	Podlahy skládané	1 528,14
Celková cena za 1 m^2 *			**3 699,35**

(Zdroj: vlastní)

* Cena je stanovena bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci.

9.1.6 Obvodová nosná stěna s použitím ovčí vlny



Obrázek 7 - Skladba obvodové stěny s použitím ovčí vlny
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Obvodová stěna je tvořena z dvojitého rámu dřevěných I nosníků výšky 280 mm s roztečí 600 mm. Mezi dřevěnými nosníky je hřebíky přibitá OSB deska. Rohož z ovčí vlny je připevněna pomocí sponek mezi I nosníky. Z každé strany je konstrukce opatřena dřevovláknitou deskou. Povrchovou úpravu interiéru tvoří rákosová rohož s jílovým postřikem, hliněnou omítkou s jutovou tkaninou a pačokováním. Z vnější strany je provedena silikátová omítka.

Do konstrukce popsané v tabulce č. 12 byly doplněny a pozměněny některé vrstvy a tloušťky materiálů tak, aby splňovaly požadavek konstrukce vhodné pro pasivní dům. V tabulce č. 13 jsou uvedeny ceny položek a konečná cena za výřez 1 m^2.

Minimální tloušťka tepelné izolace s ohledem na splnění hodnoty součinitele prostupu tepla pasivního domu je snížena o 20 mm oproti konstrukci popsané v tabulce č. 12. Tato skladba by ovšem vyžadovala jiný nosný prvek nahrazující I nosník, jelikož ten se standardně nevyrábí ve výšce 140 mm.

Tabulka 12 - Skladba obvodové stěny s použitím ovčí vlny

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Hliněná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,520	0,038
Rákosová rohož	Připevněna na dřevovláknitou desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
Dřevovláknitá deska		0,022	0,050	0,440
Rohož z ovčí vlny	Isolena Optimal, pomocí sponek připevněna mezi dřevěné I nosníky	0,160	0,0385	4,156
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Rohož z ovčí vlny	Isolena Optimal, pomocí sponek připevněna mezi dřevěné I nosníky	0,160	0,0385	4,156
Dřevovláknitá deska		0,022	0,050	0,440
Vnější omítka	Silikátová omítka, silikátový penetrační nátěr, sklovláknité pletivo	0,020	0,74	0,027
	∑ Tloušťka	0,436	∑ R	9,608
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		9,778		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,102**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] obvodové stěny pro pasivní domy		0,120		

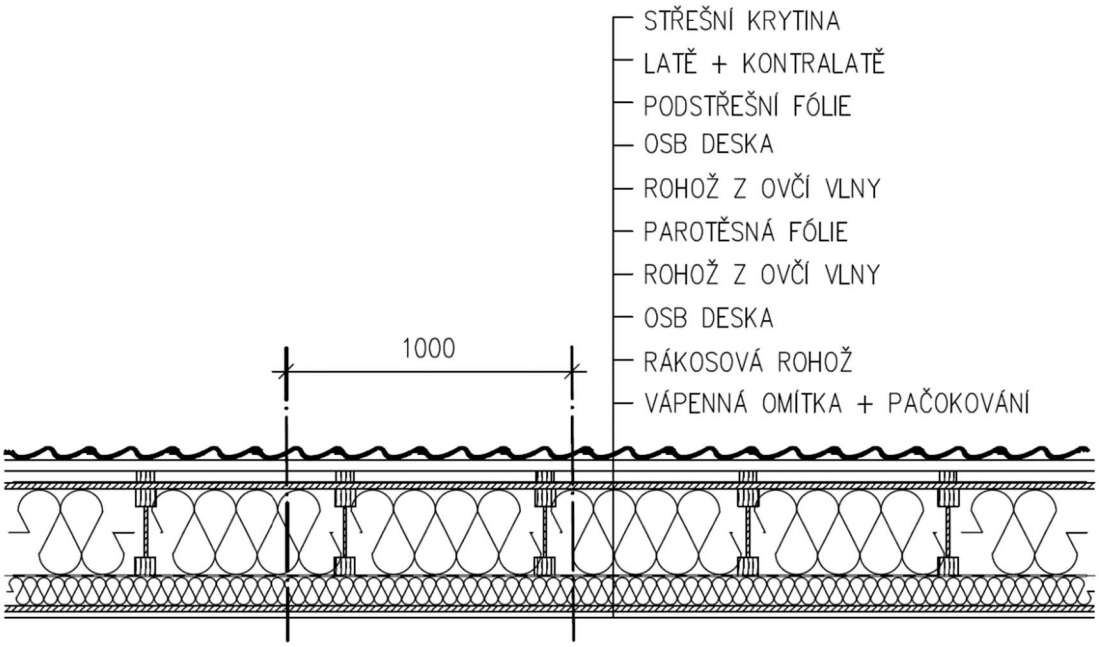
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Tabulka 13 - Cena skladby obvodové stěny s použitím ovčí vlny

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	2 029,34
PSV	713	Izolace tepelné	1 812,62
	762	Konstrukce tesařské	1 471,79
	763	Konstrukce suché výstavby	1 641,44
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**6 986,59**

(Zdroj: vlastní)

9.1.7 Šikmá střecha s použitím ovčí vlny



Obrázek 8 - Skladba šikmé střechy s použitím ovčí vlny
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Hlavní nosný rám konstrukce tvoří dřevěné I nosníky vysoké 300 mm vzdáleny 600 mm od sebe. Na nosníky je pomocí sponek připevněna rohož z ovčí vlny. Z vnitřní strany na izolaci navazuje parotěsná fólie a další vrstva ovčí rohože vkládána a připevněna mezi latě, které jsou hřebíky přibity k nosníkům kolmo. Na záklop, tvořen pomocí OSB desek, je připevněna rákosová rohož s jílovým postřikem, vnitřní vápennou omítkou a pačokováním. Z vnější strany jsou na nosníky přibíjeny OSB desky, podstřešní fólie, kontralatě a latě se střešní krytinou.

Skladba konstrukce šikmé střechy popsaná v tabulce č. 14 byla pozměněna tak, aby součinitel prostupu tepla této konstrukce byl vhodný pro pasivní dům. V tabulce č. 15 jsou zaznačeny ceny skupin položek a cena konečná.

Aby byla splněna hodnotu U dána pro pasivní dům, tloušťka vrchní teplené izolace by mohla být snížena na tloušťku 280 mm. Vrstva izolace by byla vkládána mezi I nosníky výšky 280 mm. Celková cena této konstrukce za 1 m^2 by činila 9 139,31 Kč/m^2. Rozdíl oproti konstrukci v tabulce č. 14 je 124,71 Kč/m^2.

Tabulka 14 - Skladba šikmé střechy s použitím ovčí vlny

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Vápenná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,490	0,041
Rákosová rohož	Připevněna na OSB desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Rohož z ovčí vlny	Isolena Optimal, pomocí sponek připevněna mezi latě 50x100 mm	0,100	0,0385	2,597
Parotěsná fólie		-	-	-
Rohož z ovčí vlny	Isolena Premium, pomocí sponek připevněna mezi dřevěné I nosníky	0,300	0,0385	7,792
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Podstřešní fólie		-	-	-
Latě a kontralatě	Jehličnaté impregnované latě 40x60 mm	-	-	-
Pálená taška		-	-	-
	∑ Tloušťka	0,474	∑ R	10,951
	Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]	11,091		
	Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]	**0,090**		
	Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] střechy pro pasivní domy	0,100		

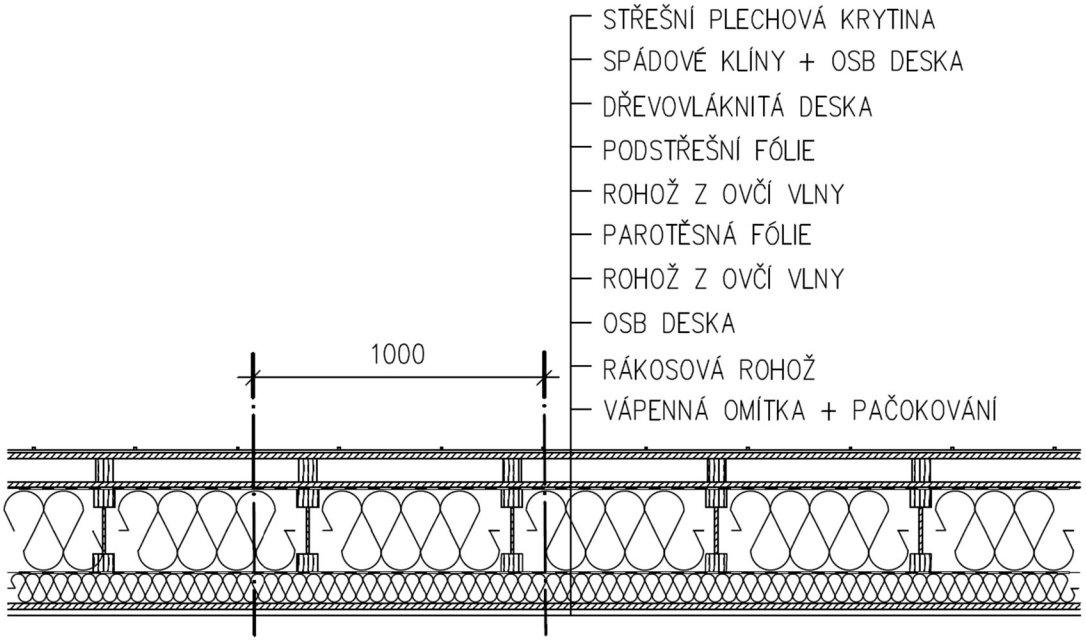
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Tabulka 15 - Cena skladby šikmé střechy s použitím ovčí vlny

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 143,45
PSV	713	Izolace tepelné	2 329,40
	762	Konstrukce tesařské	4 046,26
	763	Konstrukce suché výstavby	846,06
	765	Krytina skládaná	852,11
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**9 264,02**

(Zdroj: vlastní)

9.1.8 Plochá střecha s použitím ovčí vlny



Obrázek 9 - Skladba ploché střechy s použitím ovčí vlny
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Skladba je tvořena rámem z dřevěných I nosníků s roztečí 600 mm, mezi které je vkládána rohož z ovčí vlny o tloušťce 280 mm. Směrem do interiéru je na nosníky připevněná parotěsná fólie. Latě o rozměru 50x100 mm jsou kolmo přibity k nosníkům a mezi ně je vložena druhá vrstva tepelné izolace z ovčí vlny o tloušťce 100 mm. Záklop stropu je tvořen OSB deskou, na kterou je sponkami připevněna rákosová rohož s následnou úpravou v podobě jílového postřiku, vápenné hladké omítky s vloženou jutovou tkaninou a dvojitým pačokováním. Z vnější strany je na I nosník připevněna podstřešní fólie překrytá dřevovláknitou deskou. Spád střechy je zajištěn spádovými klíny, na kterých je přibita OSB deska a plechová krytina.

Ke změně tlouštěk některých materiálů ve skladbě ploché střechy, která je popsaná v tabulce č. 16, došlo z důvodu splnění podmínky součinitele prostupu tepla pro pasivní dům. V následující tabulce č. 17 je poznačená cena výřezu této konstrukce o ploše 1 m^2

Pokud by se tloušťka ovčí rohože snížila na 250 mm, taková konstrukce by stále splňovala hodnotu U pro pasivní dům. Avšak dřevěný I nosník by se musel nahradit jiným nosným prvkem, jelikož standardně se nosník ve výšce 250 mm nevyrábí.

Tabulka 16 - Skladba ploché střechy s použitím ovčí vlny

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Vápenná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,490	0,041
Rákosová rohož	Připevněna na OSB desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Rohož z ovčí vlny	Isolena Optimal, vkládána mezi latě 50x100 mm	0,100	0,0385	2,597
Parotěsná fólie		-	-	-
Rohož z ovčí vlny	Isolena Premium, vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,280	0,0385	7,273
Podstřešní fólie		-	-	-
Dřevovláknitá deska		0,016	0,047	0,340
Spádové klíny	Jehličnaté impregnované řezivo	-	-	-
Plechová krytina	OSB deska, pozinkovaný plech s povrchovou úpravou	-	-	-
	∑ Tloušťka	0,470	∑ R	10,602
	Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]	10,742		
	Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]	**0,093**		
	Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] střechy pro pasivní domy	0,100		

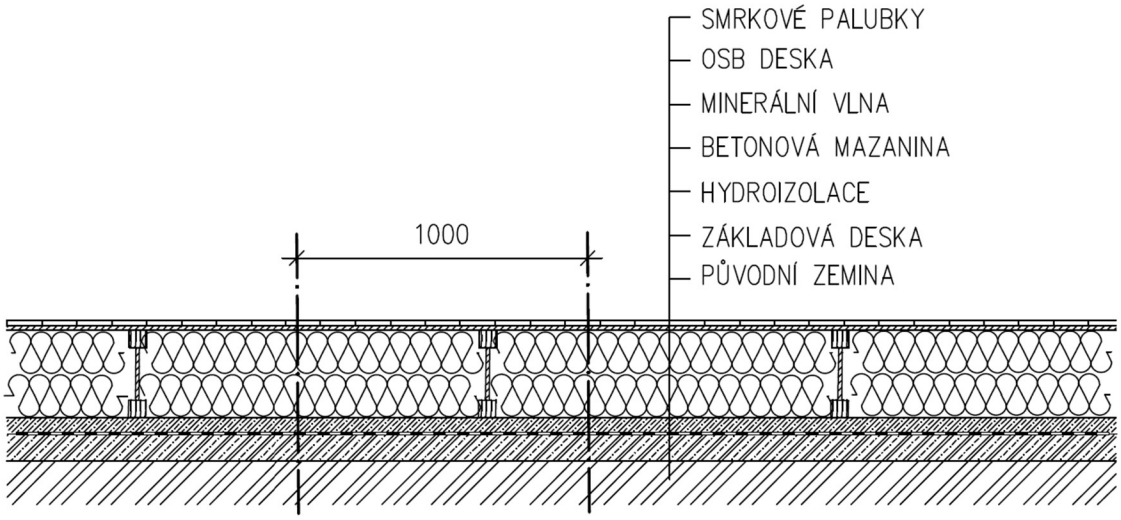
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Tabulka 17 - Cena skladby ploché střechy s použitím ovčí vlny

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 143,45
PSV	713	Izolace tepelné	2 194,83
	762	Konstrukce tesařské	5 025,59
	763	Konstrukce suché výstavby	834,00
	764	Konstrukce klempířské	1 565,19
	765	Krytina skládaná	130,07
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**10 924,53**

(Zdroj: vlastní)

9.1.9 Podlaha na ŽB desce s použitím minerální vlny



Obrázek 10 - Skladba podlahy s použitím minerální vlny
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Na železobetonové základové desce je provedena hydroizolace a následuje betonová mazanina o tloušťce 50 mm. Další vrstvou je minerální izolace, která je vložena mezi dřevěné I nosníky vytvářející rám s roztečí 1200 mm. Na nosníky jsou přibity OSB desky a dřevěné palubky s povrchovou úpravou.

Skladba podlahy v tabulce č. 18 s použitím minerální vlny vznikla na základě konstrukce podlahy izolované ovčí vlnou, která je popsána v tabulce č. 10. Ke změně došlo u tlouštěk některých vrstev tak, aby byla splněna podmínka součinitele prostupu tepla U daná pro pasivní dům. V následující tabulce č. 19 jsou zaznačeny ceny jednotlivých skupin položek a celková cena za 1 m^2, která je uvedená bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci.

Minimální tloušťka tepelné izolace, s ohledem na splnění podmínky konstrukce vhodné pro pasivní domy, je 220 mm. V takovém případě by musel být navržen jiný nosný prvek, jelikož dřevěný I nosník se standardně ve výšce 220 mm nevyrábí.

Tabulka 18 - Skladba podlahy s použitím minerální vlny

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Smrkové palubky	Přibíjeny hřebíky, povrchová úprava palubek	0,019	0,140	0,136
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Minerální vlna	vkládána ve 2 vrstvách mezi dřevěné I nosníky	0,300	0,035	8,571
Betonová mazanina	Z prostého betonu C 12/15	0,050	1,230	0,041
Hydroizolace		0,005	0,200	0,025
ŽB deska		0,100	1,580	0,063
Původní zemina		-	-	-
	∑ Tloušťka	0,496	∑ R	9,005
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		9,175		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,109**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] podlahy na zemině pro pasivní domy		0,150		

(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

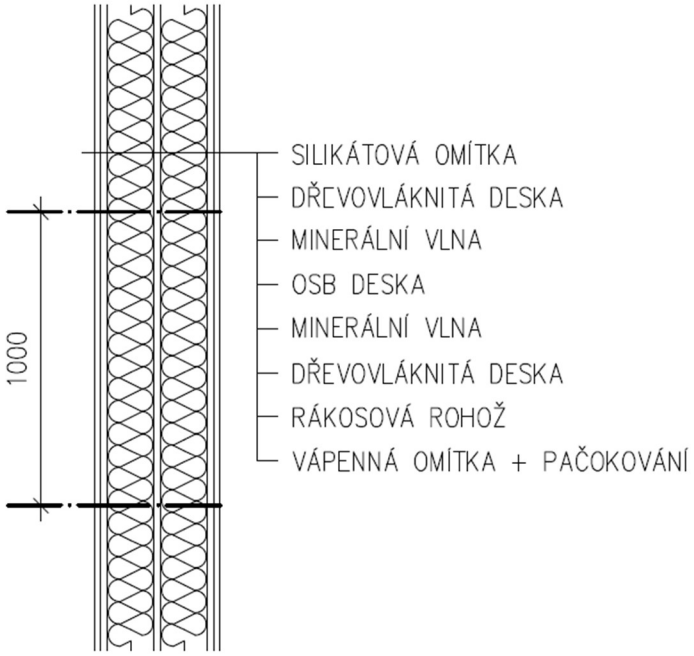
Tabulka 19 - Cena skladby podlahy s použitím minerální vlny

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	244,76
PSV	713	Izolace tepelné	892,00
	762	Konstrukce tesařské	838,20
	775	Podlahy skládané	1 528,14
Celková cena za 1 m^2 *			**3 503,10**

(Zdroj: vlastní)

* Cena je stanovena bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci.

9.1.10 Obvodová nosná stěna s použitím minerální vlny



Obrázek 11 - Skladba obvodové stěny s použitím minerální vlny
(Zdroj: s použitím 36; vlastní)

Konstrukce je tvořena z dvojitého roštu z dřevěných I nosníků, které jsou vysoké 160 mm a vzdáleny od sebe 600 mm. Mezi nosníky je vkládána minerální izolace o stejné tloušťce, které jsou navzájem odděleny OSB deskou. Z obou stran jsou na nosníky přibity dřevovláknité desky. Vnitřní povrchovou vrstvu tvoří sponkami připevněná rákosová rohož, jílový postřik, vápenná omítka a dvojité pačokování. Z vnější strany na dřevovláknitou desku navazuje silikátová omítka.

Ve skladbě obvodové stěny v tabulce č. 20 došlo k výměně materiálů některých vrstev v důsledku využití co nejvíce přírodních materiálů. Tloušťky některých vrstev byly pozměněny tak, aby skladba splňovala požadavky pro pasivní dům. Hodnoty v tabulce č. 21 znázorňují průběžné ceny za skupiny položek a také celkovou cenu za výřez o ploše 1 m^2.

S ohledem na splnění požadavku na pasivní dům by minerální izolace mohla být snížena na 140 mm u obou vrstev. Ovšem musel by se nahradit dřevěný I nosník jiným nosným prvkem, jelikož se v tomto rozměru standardně nevyrábí.

Tabulka 20 - Skladba obvodové stěny s použitím minerální vlny

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Vápenná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,490	0,041
Rákosová rohož	Připevněna na dřevovláknitou desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
Dřevovláknitá deska		0,022	0,05	0,440
Minerální vlna	Vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,160	0,038	4,211
OSB deska		0,015	0,130	0,115
Minerální vlna	Vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,160	0,038	4,211
Dřevovláknitá deska		0,022	0,05	0,440
Vnější omítka	Silikátová omítka, silikátový penetrační nátěr, sklovláknité pletivo	0,020	0,74	0,027
	∑ Tloušťka	0,429	∑ R	9,666
	Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]	9,836		
	Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]	**0,102**		
	Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] obvodové stěny pro pasivní domy	0,120		

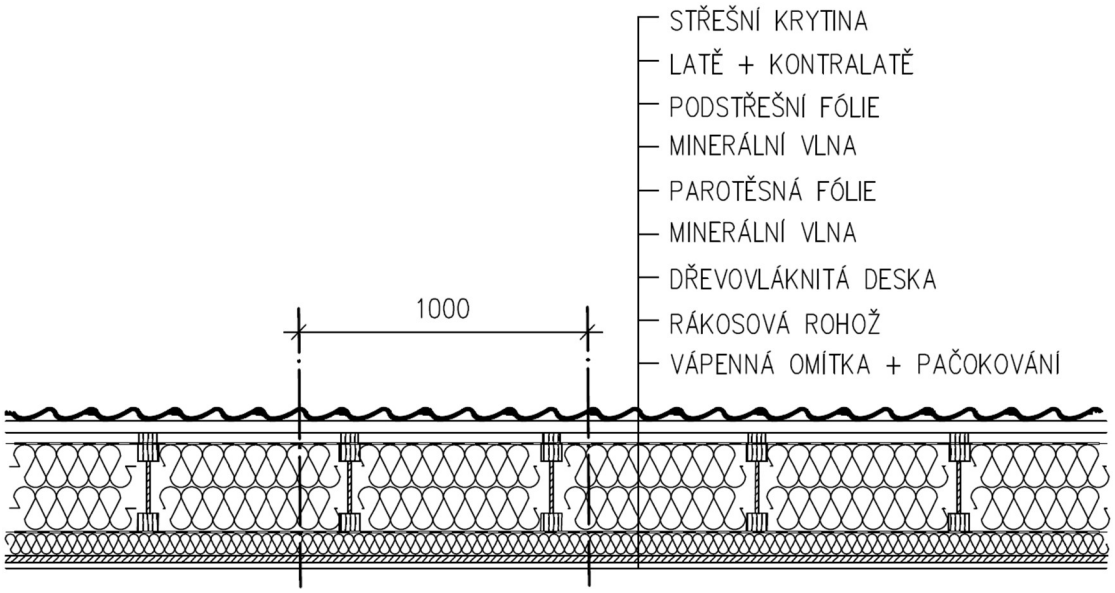
(Zdroj: s použitím 36; vlastní)

Tabulka 21 - Cena skladby obvodové stěny s použitím minerální vlny

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 841,72
PSV	713	Izolace tepelné	1 344,25
	762	Konstrukce tesařské	1 530,83
	763	Konstrukce suché výstavby	1 641,44
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**6 389,64**

(Zdroj: vlastní)

9.1.11 Šikmá střecha s použitím minerální vlny



Obrázek 12 - Skladba šikmé střechy s použitím minerální vlny
(Zdroj: s použitím 37; vlastní)

Skladba šikmé střechy obsahuje dvě vrstvy minerální izolace tloušťky 280 mm, která je vložena mezi dřevěné I nosníky s roztečí 600 mm. Do interiéru na tepelnou izolaci navazuje parotěsná fólie a druhá vrstva minerální vlny, která je vkládána mezi hranoly rozměru 60x80 mm přibité na nosníky kolmo. Základ je zhotoven z dřevovláknité desky s připevněnou rákosovou rohoží. Následuje jílový postřik, hladká vápenná omítka a dvojnásobné pačokování. Z vnější strany je na nosníky přibitá podstřešní fólie, kontralatě a latě se střešní krytinou.

Ve skladbě šikmé střechy v tabulce č. 22 byla do konstrukce přidána další vrstva minerální izolace s ohledem na splnění hodnoty součinitele prostupu tepla pasivního domu. V tabulce č. 23 jsou uvedené ceny položek včetně ceny konečné za výřez 1 m^2.

U této konstrukce by mohlo dojít ke snížení druhé vrstvy tepelné izolace na 260 mm, tak aby konstrukce stále splňovala maximální hodnotu součinitele prostupu tepla danou pro pasivní domy. V této konstrukci by musel být změněn nosný prvek, jelikož dřevěný I nosník se standardně v takové výšce nevyrábí.

Tabulka 22 - Skladba šikmé střechy s použitím minerální vlny

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Vápenná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,490	0,041
Rákosová rohož	Připevněna na dřevovláknitou desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
Dřevovláknitá deska		0,022	0,05	0,440
Minerální vlna	Vkládána mezi hranoly 60x80 mm	0,080	0,037	2,162
Parotěsná fólie		-	-	-
Minerální vlna	Vkládána ve 2 vrstvách mezi dřevěné I nosníky	0,28	0,037	7,568
Podstřešní fólie		-	-	-
Latě a kontralatě	Jehličnaté impregnované latě 40x60 mm	-	-	-
Pálená taška		-	-	-
	∑ Tloušťka	0,412	∑ R	10,392
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		10,532		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,095**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] střechy pro pasivní domy		0,100		

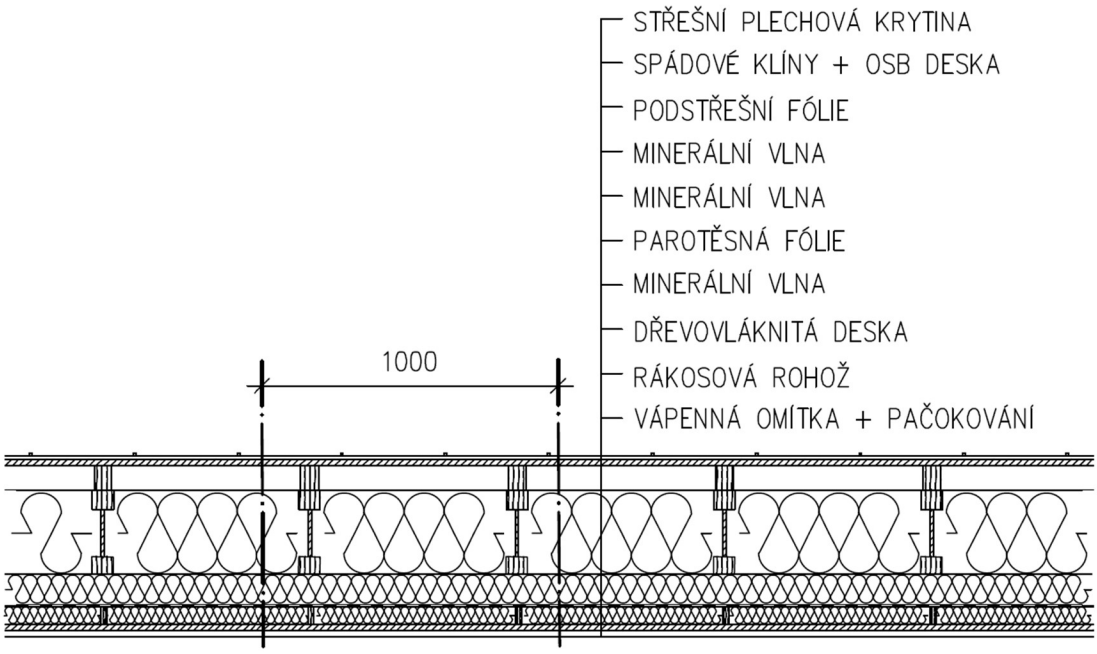
(Zdroj: s použitím 37; vlastní)

Tabulka 23 - Cena skladby šikmé střechy s použitím minerální vlny

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1143,45
PSV	713	Izolace tepelné	1 047,04
	762	Konstrukce tesařské	3 240,07
	763	Konstrukce suché výstavby	846,06
	765	Krytina skládaná	852,11
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**7 160,13**

(Zdroj: vlastní)

9.1.12 Plochá střecha s použitím minerální vlny



Obrázek 13 - Skladba ploché střechy s použitím minerální izolace
(Zdroj: s použitím 38; vlastní)

Vnitřní povrch je tvořen vápennou omítkou s pačokováním, která je nanesená na záklopu z dřevovláknité desky s připevněnou rákosovou rohoží a jílovým postřikem. První vrstva minerální izolace je vložená mezi latě 40x60. Následuje parotěsná fólie a druhá vrstva minerální vlny tloušťky 100 mm, která je uložena mezi latě přibité k dřevěným I nosníkům. I nosníky výšky 240 mm jsou umístěny 600 mm od sebe. Na nosníky je umístěna podstřešní fólie spolu se spádovými klíny zajišťující požadující sklon střechy. OSB deska, na které je uložena plechová krytina, je přibita na spádové klíny.

Ve skladbě ploché střechy v tabulce č. 24 došlo k výměně typu některých vrstev tak, aby byly v konstrukci použity převážně přírodní materiály. V tabulce č. 25 jsou zaznačeny ceny položek a cena celková za plochu 1 m^2.

S ohledem na snížení ceny a tloušťky konstrukce by mohla být poslední vrstva teplené izolace snížena na 200 mm. Minerální izolace by byla vkládána mezi dřevěné I nosníky výšky 200 mm. Tato konstrukce by přesto splňovala požadavek na pasivní dům. Celková cena této konstrukce za 1 m^2 by činila 9 898,43 Kč/m^2. Rozdíl oproti konstrukci v tabulce č. 24 je 395,64 Kč/m^2.

Tabulka 24 - Skladba ploché střechy s použitím minerální vlny

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Vápenná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,490	0,041
Rákosová rohož	Připevněna na dřevovláknitou desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
Dřevovláknitá deska		0,022	0,05	0,440
Minerální vlna	Vkládána mezi latě 40x60 mm	0,060	0,038	1,579
Parotěsná fólie		-	-	-
Minerální vlna	Vkládána mezi latě 50x100 mm	0,100	0,038	2,632
Minerální vlna	Vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,240	0,038	6,316
Podstřešní fólie		-	-	-
Spádové klíny	Jehličnaté impregnované řezivo	-	-	-
Plechová krytina	OSB deska, pozinkovaný plech s povrchovou úpravou	-	-	-
	∑ Tloušťka	0,452	∑ R	11,189
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		11,329		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,088**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] střechy pro pasivní domy		0,100		

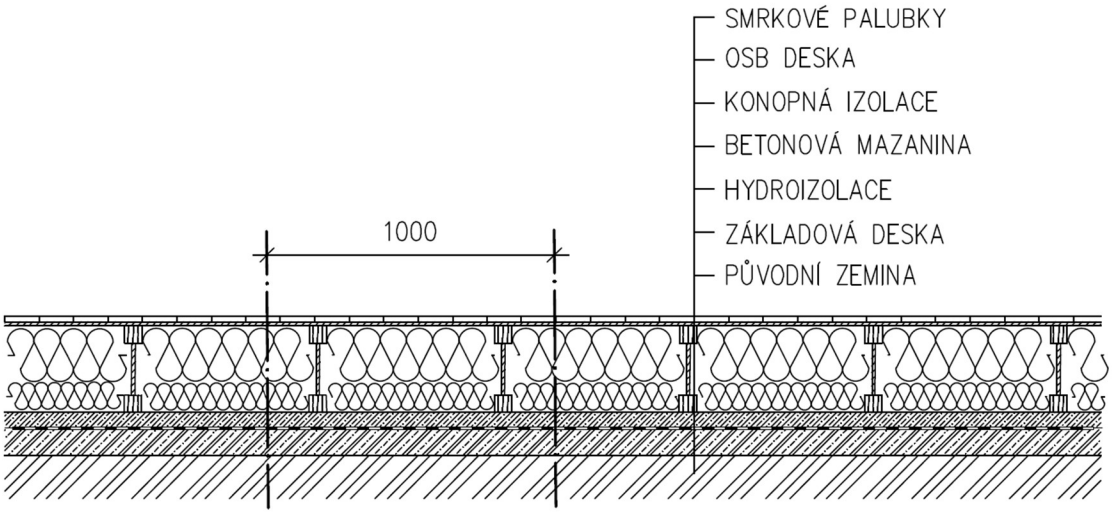
(Zdroj: s použitím 38; vlastní)

Tabulka 25 - Cena skladby ploché střechy s použitím minerální vlny

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 143,45
PSV	713	Izolace tepelné	2 597,69
	762	Konstrukce tesařské	3 996,21
	763	Konstrukce suché výstavby	830,06
	764	Konstrukce klempířské	1 565,19
	765	Krytina skládaná	130,07
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**10 294,07**

(Zdroj: vlastní)

9.1.13 Podlaha na ŽB desce s použitím konopné izolace



Obrázek 14 - Skladba podlahy s použitím konopné izolace
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Na základové železobetonové desce je provedena hydroizolace a betonová mazanina o tloušťce 50 mm. Konopná tepelná izolace je ve dvou vrstvách vložená mezi dřevěné I nosníky výšky 280 mm vzdálených od sebe 600 mm. Na nosníky je hřebíky přibitá OSB deska a dřevěné palubky s povrchovou úpravou.

Skladba podlahy v tabulce č. 26 je navržená na způsob podlahy s použitím ovčí vlny. Došlo ke změně tloušťky izolantu tak, aby byla konstrukce proveditelná a zároveň splňovala požadavky pro použití konstrukce do pasivního domu. V tabulce č. 27 jsou zaznamenány ceny jednotlivých položek a také cena celková, která je uvedená bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci.

Minimální rozměr tepelné izolace, v závislosti na splnění součinitele prostupu tepla pro podlahu v pasivním domě, je 250 mm. V této konstrukci by musel být nahrazen dřevěný I nosník, který se v této výšce standardně nenachází.

Tabulka 26 - Skladba podlahy s použitím konopné izolace

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Smrkové palubky	Přibíjeny hřebíky, povrchová úprava palubek	0,019	0,140	0,136
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Konopná izolace	Vkládána ve 2 vrstvách (tl. 180 mm a 100 mm) mezi dřevěné I nosníky	0,280	0,040	7,000
Betonová mazanina	Z prostého betonu C 12/15	0,050	1,230	0,041
Hydroizolace		0,005	0,200	0,025
ŽB deska		0,100	1,580	0,063
Původní zemina		-	-	-
	∑ Tloušťka	0,476	∑ R	7,434
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		7,604		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,132**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] podlahy na zemině pro pasivní domy		0,150		

(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

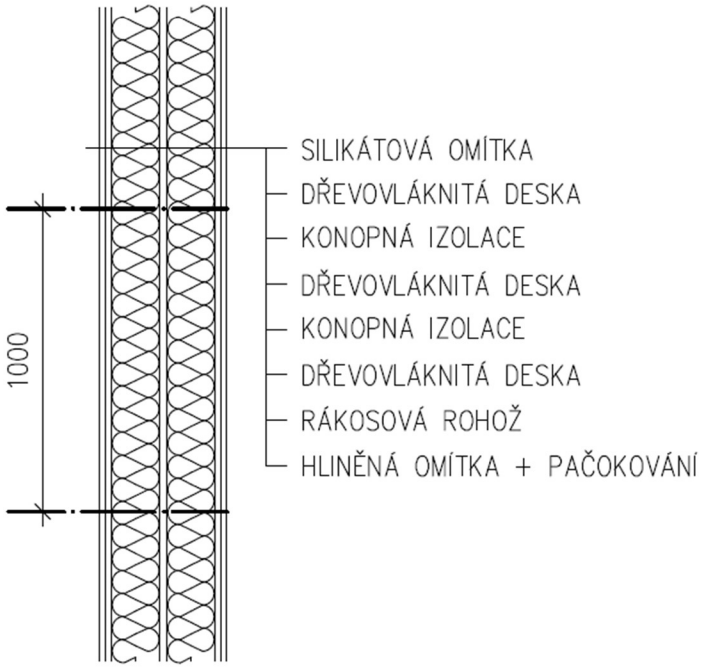
Tabulka 27 - Cena skladby podlahy s použitím konopné izolace

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	244,76
PSV	713	Izolace tepelné	873,38
	762	Konstrukce tesařské	824,20
	775	Podlahy skládané	1 528,14
Celková cena za 1 m^2 *			**3 470,48**

(Zdroj: vlastní)

* Cena je stanovena bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci.

9.1.14 Obvodová nosná stěna s použitím konopné izolace



Obrázek 15 - Skladba obvodové stěny s použitím konopné izolace
(Zdroj: s použitím 39; vlastní)

Dvojitý rám konstrukce je tvořen dřevěnými I nosníky, které jsou od sebe vzdáleny 580 mm. Mezi I nosníky je vložena konopná izolace. Oba rámy jsou odděleny dřevovláknitou deskou přibíjenou hřebíky. Tepelná izolace je z interiéru zaklopena dřevovláknitou deskou s rákosovou rohoží, jílovým postřikem, hliněnou omítkou s vloženou jutovou tkaninou a dvojitým pačokováním. Z vnější strany navazuje na tepelnou izolaci taktéž dřevovláknitá deska, která nese silikátovou omítku.

U skladby obvodové stěny v tabulce č. 28 došlo k záměně některých vrstev za alternativní přírodní materiály. V této konstrukci byla změněna tloušťka vrstev tak, aby konstrukce splňovala součinitel prostupu tepla stanovený pro pasivní domy. V tabulce č. 29 jsou uvedeny průběžné ceny této konstrukce a cena celková za 1 m^2.

Minimální tloušťka izolantu by mohla být snížena na 140 mm u obou vrstev. Tato konstrukce by stále splňovala možnost použití v pasivním domě. Muselo by dojít k náhradě dřevěného I nosníku, který se v takových rozměrech standardně nevyrábí.

Tabulka 28 - Skladba obvodové stěny s použitím konopné izolace

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Hliněná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,520	0,038
Rákosová rohož	Připevněna na dřevovláknitou desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
Dřevovláknitá deska		0,022	0,050	0,440
Konopná izolace	Vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,160	0,040	4,000
Dřevovláknitá deska		0,022	0,050	0,440
Konopná izolace	Vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,160	0,040	4,000
Dřevovláknitá deska		0,022	0,05	0,440
Vnější omítka	Silikátová omítka, silikátový penetrační nátěr, sklovláknité pletivo	0,020	0,74	0,027
	∑ Tloušťka	0,436	∑ R	9,567
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		9,737		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,103**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] obvodové stěny pro pasivní domy		0,120		

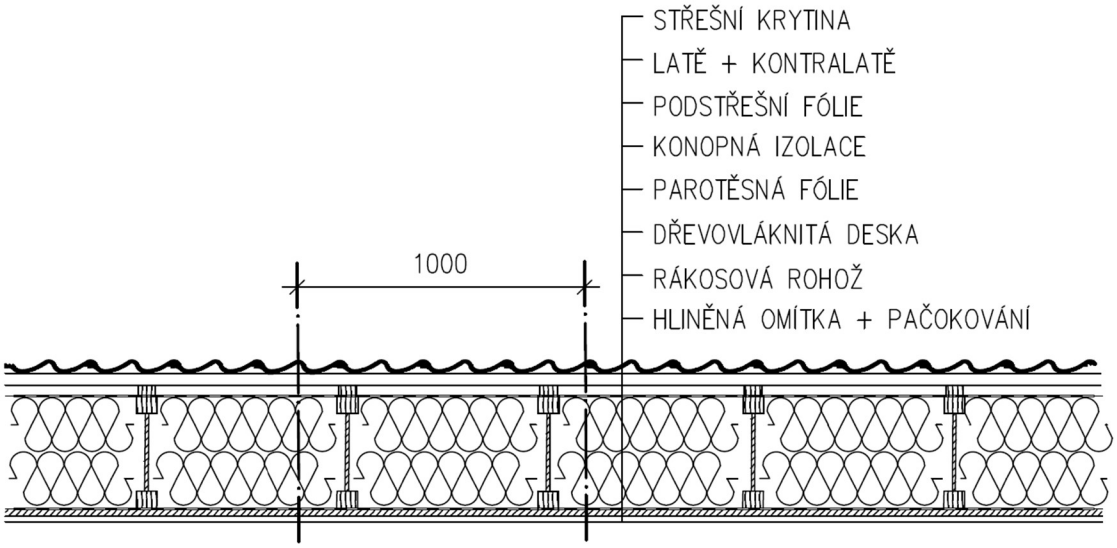
(Zdroj: s použitím 39; vlastní)

Tabulka 29 - Cena skladby obvodové stěny s použitím konopné izolace

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	2 029,34
PSV	713	Izolace tepelné	1 145,56
	762	Konstrukce tesařské	1 367,67
	763	Konstrukce suché výstavby	1 641,44
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**6 215,41**

(Zdroj: vlastní)

9.1.15 Šikmá střecha s použitím konopné izolace



Obrázek 16 - Skladba šikmé střechy s použitím konopné izolace
(Zdroj: s použitím 39; vlastní)

Tepelná konopná izolace je ve dvou vrstvách vkládána mezi dřevěné I nosníky, které jsou uloženy po 600 mm. Do interiéru na izolaci navazuje parotěsná fólie a dřevovláknitá deska, která je přibíjena k nosníkům. Pomocí sponek je na desku připevněna rákosová rohož opatřená jílovým postřikem. Následuje hliněná omítka s jutovou tkaninou a dvojnásobné pačokování. Vnější stranu tepelné izolace překrývá podstřešní fólie, kontralatě přibíjeny na I nosníky a latě se střešní krytinou.

Ve skladbě, popsané v tabulce č. 30, došlo ke změně tlouštěk některých vrstev tak, aby bylo konstrukci možné použít v pasivním domě. V následující tabulce č. 31 jsou uvedeny průběžné ceny položek a cena konečná, která je uvedená za výřez konstrukcí o ploše 1 m^2.

S ohledem na dodržení podmínky součinitele prostupu tepla U by vrstva konopné izolace mohla být snížena na 380 mm. Jednalo by se o minimální rozměr tepelného izolantu s dodržením požadavků pro pasivní dům. V takovém případě by musel být dosavadní I nosník zaměněn za jiný nosný prvek, jelikož se v tomto rozměru standardně nevyrábí.

Tabulka 30 - Skladba šikmé střechy s použitím konopné izolace

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Hliněná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,520	0,038
Rákosová rohož	Připevněna na dřevovláknitou desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
Dřevovláknitá deska		0,022	0,05	0,440
Parotěsná fólie		-	-	-
Konopná izolace	Vkládána ve 2 vrstvách (tl. 200 mm) mezi dřevěné I nosníky	0,400	0,040	10,000
Podstřešní fólie		-	-	-
Latě a kontralatě	Jehličnaté impregnované latě 40x60 mm	-	-	-
Pálená taška		-	-	-
	∑ Tloušťka	0,452	∑ R	10,660
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		10,800		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,093**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] střechy pro pasivní domy		0,100		

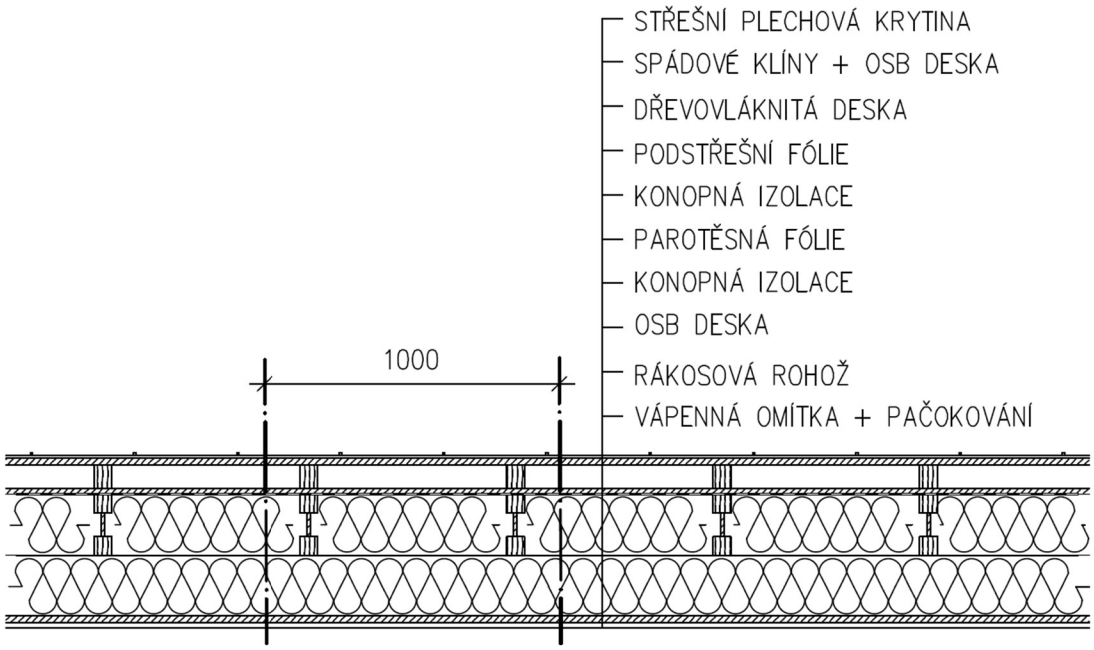
(Zdroj: s použitím 39; vlastní)

Tabulka 31 - Cena skladby šikmé střechy s použitím konopné izolace

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 362,47
PSV	713	Izolace tepelné	1 682,77
	762	Konstrukce tesařské	2 765,89
	763	Konstrukce suché výstavby	928,74
	765	Krytina skládaná	852,11
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**7 623,38**

(Zdroj: vlastní)

9.1.16 Plochá střecha s použitím konopné izolace



Obrázek 17 - Skladba ploché střechy s použitím konopné izolace
(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Dvojitý rám s vloženou parotěsnou fólií je tvořen z dřevěných I nosníků vzdálených 600 mm a kladených kolmo na sebe. Mezi nosníky je vložená tepelná izolace z konopí o tloušťce 200 mm. Z vnitřní strany na izolant navazuje OSB deska přibíjená k nosníku. Následuje rákosová rohož připevněná na desku pomocí sponek, poté jílový postřik, vápenná omítka s jutovou tkaninou a pačokování. Vnější stranu tepelné izolace pokrývá podstřešní fólie a dřevovláknitá deska. Spád střechy zajišťují spádové klíny, na kterých jsou přibíjeny OSB desky a plechová krytina.

Skladba ploché střechy v tabulce č. 32 je navržena na základě ploché střechy s využitím ovčí vlny. Došlo ke změně tlouštěk vrstev a vytvoření na sebe kolmého dvojitého roštu. V tabulce č. 33 jsou zaznačeny průběžné ceny za skupiny položek a také cena celková.

S ohledem na splnění požadavku součinitele prostupu tepla daného pro pasivní domy by mohly být obě vrstvy tepelné izolace sníženy na 190 mm. Takový rozměr izolace se ovšem standardně nevyrábí.

Tabulka 32 - Skladba ploché střechy s použitím konopné izolace

Položka (zevnitř ven)	Specifikace	Tloušťka [m]	Součinitel tepelné vodivosti [W/m.K]	Odpor R [m^2.K/W]
Omítka a výmalba	Vápenná omítka hladká, jílový postřik, jutová tkanina, pačokování	0,020	0,490	0,041
Rákosová rohož	Připevněna na OSB desku pomocí sponek	0,010	0,055	0,182
OSB deska		0,022	0,130	0,169
Konopná izolace	Vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,200	0,040	5,000
Parotěsná fólie		-	-	-
Konopná izolace	Vkládána mezi dřevěné I nosníky	0,200	0,040	5,000
Podstřešní fólie		-	-	-
Dřevovláknitá deska		0,016	0,047	0,340
Spádové klíny	Jehličnaté impregnované řezivo	-	-	-
Plechová krytina	OSB deska, pozinkovaný plech s povrchovou úpravou	-	-	-
	∑ Tloušťka	0,468	∑ R	10,732
Tepelný odpor konstrukce R_t [m^2.K/W]		10,872		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K]		**0,092**		
Součinitel prostupu tepla U [W/m^2.K] střechy pro pasivní domy		0,100		

(Zdroj: s použitím 35; vlastní)

Tabulka 33 - Cena skladby ploché střechy s použitím konopné izolace

Kód položky		Položka	Cena [Kč/m^2]
HSV	6	Úpravy povrchů, podlahy a osazování výplní	1 143,45
PSV	713	Izolace tepelné	1 735,78
	762	Konstrukce tesařské	3 680,53
	763	Konstrukce suché výstavby	1 610,78
	764	Konstrukce klempířské	1 565,19
	765	Krytina skládaná	130,07
	784	Dokončovací práce – malby a tapety	31,40
Celková cena za 1 m^2			**9 897,20**

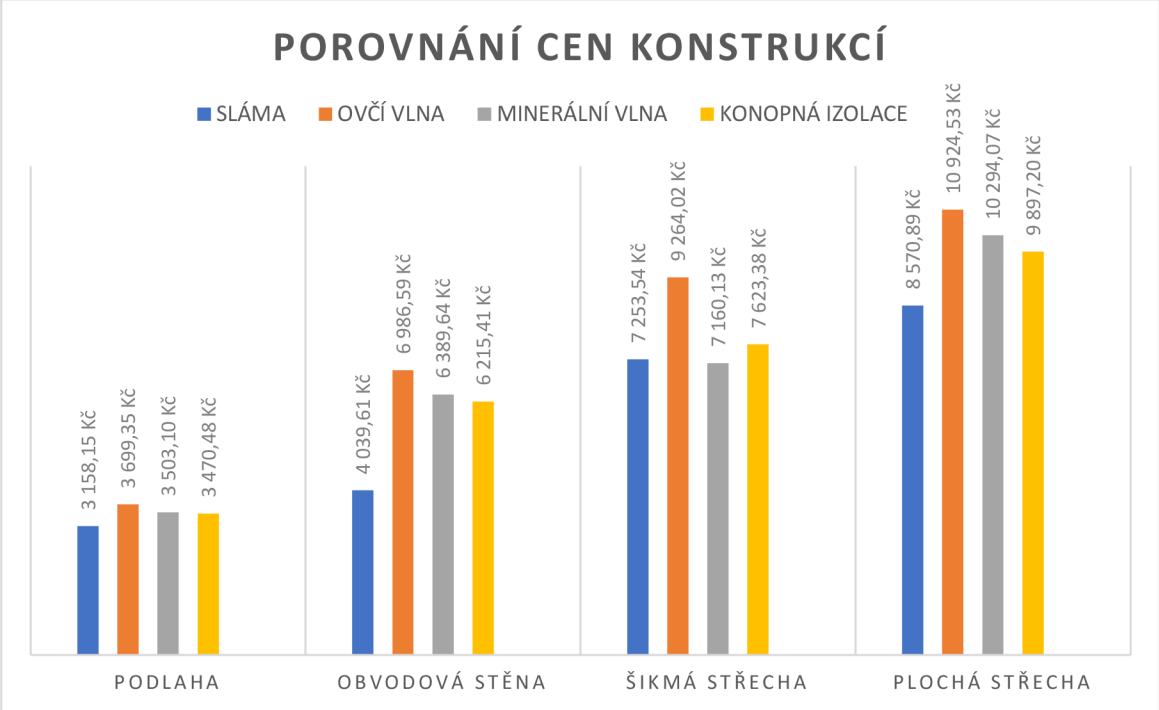
(Zdroj: vlastní)

9.2 Porovnání ceny konstrukcí

Tabulka 34 - Porovnání cen konstrukcí na 1 m^2

	Celková cena konstrukce [Kč/m^2]			
Materiál	Podlaha	Obvodová stěna	Šikmá střecha	Plochá střecha
Sláma	3 158,15 Kč	4 039,61 Kč	7 253,54 Kč	8 570,89 Kč
Ovčí vlna	3 699,35 Kč	6 986,59 Kč	9 264,02 Kč	10 924,53 Kč
Minerální vlna	3 503,10 Kč	6 389,64 Kč	7 160,13 Kč	10 294,07 Kč
Konopí	3 470,48 Kč	6 215,41 Kč	7 623,38 Kč	9 897,20 Kč

(Zdroj: vlastní)



Graf 1 - Porovnání cen konstrukcí na 1 m^2

(Zdroj: vlastní)

Tabulka č. 34 a graf č. 1 ukazuje porovnání cen v Kč/m^2 výše zmíněných skladeb konstrukcí. Cena podlahy byla provedena bez nákladů na základovou desku a hydroizolaci. Nejnižší cena byla zjištěna u konstrukce podlahy, kde byl použit jako tepelný izolant slaměný balík. Druhá cenově nejnižší byla konstrukce podlahy s použitím teplené izolace z konopí. Naopak nejdražší byla podlaha s tepelnou izolací z ovčí vlny. Tato konstrukce se od nejlevnější lišila o 541,20 Kč/m^2.

Jako nejlevnější obvodová stěna byla zjištěna konstrukce s použitím slámy, která se od zbývajících třech posuzovaných konstrukcí výrazně lišila. Jako druhá nejlevnější je obvodová stěna s využitím konopné tepelné izolace. Nejvyšší cena za 1 m^2 byla zjištěna

u skladby s tepelnou izolací z ovčí vlny. V porovnání s nejlevnější variantou, a to obvodovou stěnou se slaměnými balíky, vyšla tato o 2 946,98 Kč/m^2 dražší.

U konstrukce šikmé střechy vyšla nejlevnější skladba s použitím minerální vlny. Jako druhá nejlevnější se ukázala skladba šikmé střechy s tepelnou izolací v podobě slaměných balíků. Stejně jako ve dvou předchozích případech vyšla nejdražší konstrukce šikmé střechy s ovčí vlnou. Od šikmé střechy s minerální izolací, tedy nejlevnější variantou, se cena liší o 2 103,89 Kč/m^2.

U poslední konstrukce ploché střechy byla zjištěna jako nejlevnější varianta střecha se slaměnými balíky. Jako druhá nejlevnější konstrukce vyšla plochá střecha s tepelnou izolací z konopí. Nejdražší skladba vyšla opět s využitím ovčí vlny, která se liší od nejlevnější varianty o 2 353,64 Kč/m^2.

Největší skok v ceně je zřetelný u skladeb obvodové stěny, kdy se nejlevnější a následná dražší konstrukce liší více než o 2 000 Kč/m^2. Naopak nejmenší odlišnosti v cenách jsou u konstrukcí podlah, kde rozdíly cen nejsou tak výrazné.

Z hlediska ceny se jako nejlepší varianta rozhodně jeví veškeré konstrukce s využitím slaměných balíků. Právě tyto skladby vyšly ve třech ze čtyř variant konstrukcí nejlevněji. Ovšem musíme zohlednit další parametry jako například tloušťku konstrukce nebo hodnotu součinitele prostupu tepla U. Naopak nejhůře dopadly všechny konstrukce, ve kterých byla použita ovčí vlna. Tyto skladby měly nejvyšší cenu, která se lišila v řádech tisíců Kč/m^2.

10 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo analyzovat přírodní materiály použité ve výstavbě energeticky úsporných budov a porovnat náklady z nich vytvořených konstrukcí. Jako hlavní materiály izolantů použitých v konstrukcích podlahy, obvodové stěny, šikmé a ploché střechy jsem zvolila slámu, ovčí vlnu, minerální vlnu a konopí. U těchto konstrukcí jsem jednotlivě vypočítala součinitel prostupu tepla U, který jsem následně porovnala s hodnotou součinitele prostupu tepla danou pro pasivní domy. U všech výše popsaných skladeb konstrukcí jsem zjišťovala minimální tloušťku tepelné izolace, která by splňovala podmínky součinitele prostupu tepla U vyhovující pasivnímu domu. V následující fázi jsem výřez těchto konstrukcí o ploše 1 m^2 nacenila pomocí rozpočtového programu Kros 4. Následně jsem tyto celkové ceny uvedené za 1 m^2 u konstrukcí s rozdílnými tepelnými izolanty posoudila. S ohledem na cenu se jako nejekonomičtější varianty jevily všechny konstrukce obsahující tepelnou izolaci v podobě slaměných balíků. V některých případech konstrukcí se slaměnou izolací byly ceny rozdílné i v řádech tisíců Kč/m^2. Naopak nejdražší variantou byly konstrukce obsahující tepelnou izolaci v podobě rohože z ovčí vlny.

Ukázalo se, že tyto materiály jsou dostačující alternativní variantou k tepelným izolacím uměle vyrobených. Dokáží jim konkurovat jak z hlediska součinitele prostupu tepla, tak i z hlediska nákladovosti. Soudě podle výsledků tak můžeme předpokládat, že je otázkou času, kdy se tyto materiály dostanou více do širšího povědomí a stanou se tak běžnou součástí výstavby domů.

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] HUDEC, Mojmír, Blanka JOHANISOVÁ a Tomáš MANSBART. *Pasivní domy z přírodních materiálů*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4243-4.

[2] VODIČKOVÁ, Erika. *Renovujeme, stavíme, zařizujeme*. Přeložil Markéta TEUCHNEROVÁ. Bratislava: Jaga, 2008. Home. ISBN (Brož.). ISSN 1335-9177.

[3] KUTHAN,Jiří. *Nízkoenergetický, pasivní, nulový dům? Pojďme se v tom zorientovat* [online]. 2021 [cit. 17.05.2022]. Dostupné z: https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/pasivni-domy/5057-nizkoenergeticky-pasivni-nulovy-dum-pojdme-se-zorientovat.

[4] NAGY, Eugen. *Nízkoenergetický a energeticky pasivní dům*. Bratislava: Jaga group, 2009. Home. ISBN 978-80-8076-077-9.

[5] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.

[6] Martin Matuš *Nízkoenergetická výstavba v ČR a zahraničí*. Brno, 2015. 69 s., 20 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Zdeněk Krejza, Ph.D.

[7] KUBÍČEK,Jaroslav. *První nulová dřevostavba rodinného domu s krytým bazeném z plně ekologických materiálů v ČR* [online]. 2011 [cit. 1. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.pasivnidomy.cz/prvni-nulova-drevostavba-rodinneho-domu-s-krytym-bazenem-z-plne-ekologickych-materialu-v-cr/t592.

[8] POJAR, Petr. *Pasivní dům není líný, nulový nulou a aktivní výkonným sportovcem* [online]. 2020 [cit. 30. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.ceskestavby.cz/clanky/pasivni-dum-neni-liny-nulovy-nulou-a-aktivni-vykonnym-sportovcem-28814.html.

[9] PREGIZER, Dieter. *Zásady pro stavbu pasivního domu*. Praha: Grada, 2009. Stavitel. ISBN 978-80-247-2431-7.

[10] HRUBÝ, Libor. *Umístění, tvar a rozvržení místností pasivního domu* [online]. 2016 [cit.17. 05. 2022]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/13877-umisteni-tvar-a-rozvrzeni-mistnosti-pasivniho-domu

[11] RUBINOVÁ, Olga. *Pasivní domy a trvale udržitelná výstavba*. V Brně: Mendelova univerzita, 2014. ISBN 978-80-7375-964-3.

[12] HRUBÝ, Libor. *Pasivní domy – promyšlený návrh domu rozhoduje o kvalitě celé stavby* [online]. 2020 [cit.1. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.drevostavitel.cz/clanek/pasivni-domy-slunce-a-pasivni-dum.

[13] CENTRUM PASIVNÍHO DOMU. *Kvalita vnitřního prostředí* [online]. 2013 [cit. 26. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.pasivnidomy.cz/data/files/3583.pdf.

[14] HRUBÝ, Libor. *Pasivní domy – effektivní větrání je základem pro zdravý domov* [online]. 2020 [cit. 25. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.drevostavitel.cz/clanek/pasivni-domy-efektivni-vetrani.

[15] CENTRUM PASIVNÍHO DOMU. *Izolace* [online]. 2020 [cit. 26. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.pasivnidomy.cz/izolace/t4027.

[16] VACEK, Miloslav. *Vývoj a vlastnosti cihel HELUZ vyplněných polystyrenem* [online]. 2015 [cit. 26. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/vyvoj-a-vlastnosti-cihel-heluz-vyplnenych-polystyrenem_42723.html.

[17] HEJHÁLEK, Jiří. *Tepelná izolace. Přehled, materiály a použití* [online]. 2021 [cit. 25. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-izolace-velky-prehled.

[18] STAVÍMBYDLÍM.cz. *Součinitel prostupu tepla – co to je a jak se vypočítá?* [online]. 2018 [cit. 28. 03. 2022]. Dostupné z: https://stavimbydlim.cz/soucinitel-prostupu-tepla-co-to-je-a-jak-se-vypocita/

[19] VAVŘIČKA, Roman. *Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla* [online]. 2016 [cit. 27. 03. 2022]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Pro%20III-IV/UN.pdf.

[20] ESTAV.cz. *Pasivní dům - jaké hodnoty se měří?* [online]. 2016 [cit. 03.04.2022]. Dostupné z: https://www.estav.cz/cz/2317.pasivni-dum-jake-hodnoty-se-meri.

[21] TYWONIAK, Jan. *Střešní okna pro pasivní domy* [online]. 2018 [cit. 25. 03. 2022]. Dostupné z: https://stavba.tzb-info.cz/stresni-okna/17325-stresni-okna-pro-pasivni-domy.

[22] POJAR, Petr. *Představujeme solární trubicové kolektory s účinností 77,7%* [online]. 2021 [cit. 24. 02. 2022]. Dostupné z: https://www.ceskestavby.cz/clanky/predstavujeme-solarni-trubicove-kolektory-s-ucinnosti-777-29226.html.

[23] eon.cz. *Co je solární energie a jak ji doma využít?* [online]. 2022 [cit. 04. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/solarni-energie/co-je-solarni-energie-a-jak-ji-doma-vyuzit.

[24] RDNOBLES. *Solární panely* [online]. 2021 [cit. 17. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.rdnobles.cz/solarni-panely

[25] eon.cz. *Co je to virtuální baterie a jak funguje?* [online]. 2022 [cit. 04. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.eon.cz/radce/zelena-energie/solarni-energie/co-je-to-virtualni-baterie-a-jak-funguje/

[26] VYLADĚNÉ DOMY. *Pasivní domy* [online]. 2015 [cit. 10. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.vyladenedomy.cz/uvaly/assets/img/19-08-25-PasivniDomy-003.pdf

[27] ASOCIACE VÝROBCŮ MINERÁLNÍ IZOLACE. *Co je minerální izolace* [online]. 2021 [cit. 10. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.avmi.cz/co-je-mineralni-izolace

[28] tzbinfo. *Domy s téměř nulovou spotřebou energie* [online]. 2022 [cit. 10. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/docu/clanky/0237/023799_cz-por-nzeb-ii.pdf.

[29] časopis stavebnictví. *Přísnější požadavky na výstavbu nových budov od 1. ledna 2022* [online]. 2021 [cit. 11. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-prisnejsi-pozadavky-na-vystavbu-novych-budov-od-1.-ledna-2022.html

[30] ČEJKA, Michal. *Strašák nZEB – jak se budou stavět novostavby od 1. ledna 2022?* [online]. 2021 [cit. 24. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.drevostavitel.cz/clanek/strasak-nzeb

[31] WÜNSCHE, Martin. *Slaměný dům s nosnou konstrukcí z lepeného lamelového dřeva* [online]. 2015 [cit. 29. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.imaterialy.cz/rubriky/technologie/slameny-dum-s-nosnou-konstrukci-z-lepeneho-lameloveho-dreva_42550.html

[32] SLAMÁK.INFO. *Základy a podlahy* [online]. 2017 [cit. 29. 03. 2022]. Dostupné z: https://www.slamak.info/l/zaklady-a-podlahy/

[33] CHYBÍK, Josef. *Sláma jako tepelná izolace střech* [online]. 2015 [cit. 17. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zateplovani-strech/20163-slama-jako-tepelna-izolace-strech-a.html#.YoTWW6hBw2y.

[34] GAJDA, Jakub. *Podlaha bez polystyrenu a betonu* [online]. 2018 [cit. 19. 04. 2022]. Dostupné z: http://www.prirodnibydleni.cz/podlaha-bez-polystyrenu/.

[35] NEŠŤÁK, Pavel. *Stavební katalog firmy Isolena* [elektronická pošta]. Message to: info@isolena.cz. 10. 03. 2022 14:05 [cit. 21. 03. 2022].

[36] ESTAV.cz. *Skladby obvodového pláště dřevostavby* [online]. 2016 [cit. 12. 03 .2022]. Dostupné z: https://www.estav.cz/cz/3464.skladby-obvodoveho-plaste-drevostavby.

[37] Zelené domky. *Střecha a podlaha* [online]. 2022 [cit. 14. 04. 2022]. Dostupné z: https://www.zelenedomky.cz/jak-stavime/strecha-a-podlaha/

[38] Dřevostavby Milotice. *Skladba* [online]. 2020 [cit. 24. 03. 2022]. Dostupné z: https://drevostavbymilotice.eu/17-2/skladba/.

[39] VLČEK, Marek. *Hlína, konopí a rákos – znovuobjevené materiály pro zdravé bydlení* [online]. (nedatováno) [cit. 10. 04. 2022]. Dostupné z: http://www.rakosovestrechy.cz/zdravebydleni.html#priklady.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

A	plocha obvodového pláště
Bq	becquerel, jednotka intenzity záření zdroje radioaktivního záření
CO	oxid uhelnatý
CO_2	oxid uhličitý
d	tloušťka materiálu
dB	decibel, jednotka hladiny intenzity zvuku
K	kelvin, jednotka termodynamické aktivity
kWh	kilowatthodina, jednotka energie
LVL	vrstvené lepené dřevo
NO_x	oxid dusíku
nZEB	budovy s téměř nulovou spotřebou energie (nearly zero-energy buildings)
OSB	dřevotřísková deska (Oriented strand board)
O_3	ozón
R	tepelný odpor
SO_x	oxid síry
U	součinitel prostupu tepla
V	objem obestavěného prostoru
W	watt, jednotka výkonu
λ	součinitel vodivosti tepla, jednotka W/m.K

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 - Porovnání cen konstrukcí na 1 m^2 72

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Porovnání požadavků nZEB II 27

Obrázek 2 - Skladba podlahy s použitím slámy 29

Obrázek 3 - Skladba obvodové stěny s použitím slámy 31

Obrázek 4 - Skladba šikmé střechy s použitím slámy 33

Obrázek 5 – Skladba ploché střechy s použitím slámy 36

Obrázek 6 - Skladba podlahy s použitím ovčí vlny 39

Obrázek 7 - Skladba obvodové stěny s použitím ovčí vlny 41

Obrázek 8 - Skladba šikmé střechy s použitím ovčí vlny 44

Obrázek 9 - Skladba ploché střechy s použitím ovčí vlny 47

Obrázek 10 - Skladba podlahy s použitím minerální vlny 50

Obrázek 11 - Skladba obvodové stěny s použitím minerální vlny 52

Obrázek 12 - Skladba šikmé střechy s použitím minerální vlny 55

Obrázek 13 - Skladba ploché střechy s použitím minerální izolace 58

Obrázek 14 - Skladba podlahy s použitím konopné izolace 61

Obrázek 15 - Skladba obvodové stěny s použitím konopné izolace 63

Obrázek 16 - Skladba šikmé střechy s použitím konopné izolace 66

Obrázek 17 - Skladba ploché střechy s použitím konopné izolace 69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Porovnání hodnost součinitele prostupu tepla U 20

Tabulka 2 - Skladba podlahy s použitím slámy 30

Tabulka 3 - Cena skladby podlahy s použitím slámy 30

Tabulka 4 - Skladba obvodové stěny s použitím slámy 32

Tabulka 5 - Cena skladby obvodové stěny s použitím slámy 32

Tabulka 6 - Skladba šikmé střechy s použitím slámy 34

Tabulka 7 - Cena skladby šikmé střechy s použitím slámy 35

Tabulka 8 – Skladba ploché střechy s použitím slámy 37

Tabulka 9 - Cena skladby ploché střechy s použitím slámy 38

Tabulka 10 - Skladba podlahy s použitím ovčí vlny 40

Tabulka 11 - Cena skladby podlahy s použitím ovčí vlny 40

Tabulka 12 - Skladba obvodové stěny s použitím ovčí vlny 42

Tabulka 13 - Cena skladby obvodové stěny s použitím ovčí vlny 43

Tabulka 14 - Skladba šikmé střechy s použitím ovčí vlny 45

Tabulka 15 - Cena skladby šikmé střechy s použitím ovčí vlny 46

Tabulka 16 - Skladba ploché střechy s použitím ovčí vlny 48

Tabulka 17 - Cena skladby ploché střechy s použitím ovčí vlny 49

Tabulka 18 - Skladba podlahy s použitím minerální vlny 51

Tabulka 19 - Cena skladby podlahy s použitím minerální vlny 51

Tabulka 20 - Skladba obvodové stěny s použitím minerální vlny 53

Tabulka 21 - Cena skladby obvodové stěny s použitím minerální vlny 54

Tabulka 22 - Skladba šikmé střechy s použitím minerální vlny 56

Tabulka 23 - Cena skladby šikmé střechy s použitím minerální vlny 57

Tabulka 24 - Skladba ploché střechy s použitím minerální vlny 59

Tabulka 25 - Cena skladby ploché střechy s použitím minerální vlny 60

Tabulka 26 - Skladba podlahy s použitím konopné izolace 62
Tabulka 27 - Cena skladby podlahy s použitím konopné izolace 62
Tabulka 28 - Skladba obvodové stěny s použitím konopné izolace 64
Tabulka 29 - Cena skladby obvodové stěny s použitím konopné izolace 65
Tabulka 30 - Skladba šikmé střechy s použitím konopné izolace 67
Tabulka 31 - Cena skladby šikmé střechy s použitím konopné izolace 68
Tabulka 32 - Skladba ploché střechy s použitím konopné izolace 70
Tabulka 33 - Cena skladby ploché střechy s použitím konopné izolace 71
Tabulka 34 - Porovnání cen konstrukcí na 1 m^2 72

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 01 – Podlaha s použitím slámy

Příloha 02 – Obvodová stěna s použitím slámy

Příloha 03 – Šikmá střecha s použitím slámy

Příloha 04 – Plochá střecha s použitím slámy

Příloha 05 – Podlaha s použitím ovčí vlny

Příloha 06 – Obvodová stěna s použitím ovčí vlny

Příloha 07 – Šikmá střecha s použitím ovčí vlny

Příloha 08 – Plochá střecha s použitím ovčí vlny

Příloha 09 – Podlaha s použitím minerální vlny

Příloha 10 – Obvodová stěna s použitím minerální vlny

Příloha 11 – Šikmá střecha s použitím minerální vlny

Příloha 12 – Plochá střecha s použitím minerální vlny

Příloha 13 – Podlaha s použitím konopné izolace

Příloha 14 – Obvodová stěna s použitím konopné izolace

Příloha 15 – Šikmá střecha s použitím konopné izolace

Příloha 16 – Plochá střecha s použitím konopné izolace