

Česká zemědělská univerzita v Praze
Technická fakulta



Tepelně technické vlastnosti dřevostaveb

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Pavel Kic, DrSc.

Diplomant: Bc. Josef Kapek

2015 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Kapek Josef

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Tepelně technické vlastnosti dřevostaveb

Anglický název

Thermal properties of timber constructions

Cíle práce

Cílem diplomové práce je provést zhodnocení tepelně technických vlastností dřevostaveb. Zaměřit se především na posouzení předpokládané spotřeby energie a dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí ve srovnání s jinými druhy konstrukcí.

Metodika

Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření provést rozbor možností využití různých druhů materiálů pro konstrukce budov, uvést princip výpočtu tepelné bilance pro zimní a letní období a navrhnout vhodné způsoby zlepšení tepelně technických vlastností budov.

Osnova práce

1. Úvod
2. Použité konstrukce dřevostaveb
3. Vlastnosti stavebních materiálů dřevostaveb
4. Výpočet zimní a letní tepelné bilance budovy
5. Porovnání energetické spotřeby odlišných konstrukcí
5. Ekonomické zhodnocení
6. Závěr a doporučení pro praxi

Rozsah textové části

50 až 60 stran textu

Klíčová slova

Konstrukce; stavební materiály; energie; tepelná izolace; pohoda prostředí

Doporučené zdroje informací

Čermák, J. et al: Výstavba lehkých stájí pro skot. SZN, Praha, 1978, 256 s.
Brož, V.: Dřevěné konstrukce v zemědělské výstavbě. SZN, Praha, 1979, 247 s.
Dolby, C.M. et al: Rural constructions in timber. SUAS, Lund, 1988, 467 s.
Hujňák, J.: Stáje s použitím dřevěných lepených konstrukcí. IVVMZe ČR, Praha, 1993, 50 s.
Nový, R. et al: Technika prostředí. ČVUT, Praha, 2000, 265 s.
Kic, P.-Brož, V.: Zařízení pro větrání a klimatizaci stájí. IVV Mze ČR, 2000, 71 s.
Daniels, K.: Technika budov. Jaga, Bratislava, 2003, 519 s.
Dahlsveen, T.-Petráš, D.-Hirš, J.: Energetický audit budov. Bratislava, 2003, 295 s.
Széklyová, M.-Ferstl, K.-Nový, R.: Větrání a klimatizace. JAGA, Bratislava 2006, 359 s.
Treuová, L.-Počinková, M.: Vytápění. Computer press, Brno 2011. 151 s.
Počinková, M.-Čuprová, D.-Rubinová, O.: Úsporný dům. Computer press, Brno 2012. 184 s.
Časopisy: Vytápění, větrání, instalace.

Vedoucí práce

Kic Pavel, prof. Ing., DrSc.

Termín zadání

listopad 2013

Termín odevzdání

duben 2015


doc. Ing. Miroslav Příkryl, CSc.

Vedoucí katedry




prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Čestné prohlášení autora DP

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci na téma "Tepelně technické vlastnosti dřevostaveb" vypracoval samostatně pod vedením prof. Ing. Pavla Kice, DrSc. a je mým autorským dílem. Všechny prameny a publikace jsem uvedl v seznamu použité literatury.

V Praze dne 4. 4. 2015

Podpis

Poděkování

Děkuji tímto vedoucímu diplomové práce panu prof. Ing. Pavlu Kicovi, DrSc. za odborné konzultace a za vedení při psaní této diplomové práce.

Abstrakt: Tato diplomová práce je zpracována na téma „Tepelně technické vlastnosti dřevostaveb“. Cílem této diplomové práce bylo u vybraných dřevostaveb porovnání předpokládané spotřeby energie v závislosti na jejich tepelně technických vlastnostech. V práci byly rozebrány jednotlivé druhy dřevostaveb, definovány hlavní tepelně technické vlastnosti včetně nejpoužívanějších izolačních materiálů. Dále je v této diplomové práci uveden postup výpočtu tepelné stability místnosti, druhy staveb podle energetické náročnosti a tři různé druhy dřevostaveb, na kterých bylo provedeno měření teploty, relativní vlhkosti a teploty rosného bodu v interiéru. V závěrečné části bylo provedeno zhodnocení ekonomického efektu z pohledu návratnosti vynaložených investic pro jednotlivé druhy energetických staveb.

Klíčová slova: Konstrukce; energie; tepelná izolace; pohoda prostředí; dřevostavba; součinitel prostupu tepla

Thermal properties of timber constructions

Summary: This master thesis was written on the theme of “Thermal technical properties of timber buildings”. The aim of this thesis is to compare presumed energy consumption of the selected wooden structures depending on its thermal technical properties. In this work I have focused on defining different kinds of wooden structures, the main thermal technical properties, including the most commonly used isolation materials. Furthermore, in this thesis is indicated process how to calculate the thermal stability of the room, types of buildings according to their energy intensity and three different types of wooden structures, on which such measurements as temperature, humidity and dew point in the interior were taken. In the final part I have evaluated financial effect of different types of thermal insulation in terms of return on investment for different types of energy intensity in buildings.

Key words: construction; energy; thermal insulation; comfortable environment; timber construction; heat transfer coefficient

Cíl práce a metodika

Cílem této diplomové práce je zhodnocení tepelně technických vlastností dřevostaveb. Zaměřit se především na posouzení předpokládané spotřeby energie a dodržení potřebných provozních a hygienických parametrů pohody prostředí ve srovnání s jinými druhy konstrukcí.

Na základě poznatků z literatury i vlastních úvah a měření provést rozbor možností využití různých druhů materiálů pro konstrukce budov, uvést princip výpočtu tepelné stability pro zimní a letní období a navrhnout vhodné způsoby zlepšení tepelně technických vlastností budov.

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Použité konstrukce dřevostaveb	3
2.1 Dřevo jako jedinečný stavební materiál	3
2.2 Základní pojem „dřevostavba“	4
2.2.1 Současné dřevostavby jejich výhody a přednosti.....	5
2.3 Základní druhy dřevostaveb	6
2.3.1 Skeletový systém z trámů.....	6
2.3.2 Montovaný systém ze sendvičových panelů	7
2.3.3 Sloupková (rámová) konstrukce z fošen a hranolů	8
2.3.4 Panelová konstrukce z masivu	9
2.3.5 Roubenky a sruby.....	10
2.4 Konstrukce dřevostaveb	12
2.4.1 Difúzně uzavřené konstrukce	12
2.4.2 Difúzně otevřené konstrukce.....	13
3. Tepelné vlastnosti stavebních materiálů	14
3.1. Šíření tepla materiály	14
3.2. Tepelně fyzikální veličiny	15
3.3. Tepelně technické veličiny	18
3.4. Tepelně izolační materiály	19
3.4.1 Pěnové materiály	21
3.4.2 Minerální vláknité materiály	24
3.4.3 Rostlinné materiály	25
4. Tepelná stabilita budovy.....	27
4.1. Tepelná pohoda prostředí	27
4.2. Tepelná bilance	27

4.3. Výpočet tepelné stability místnosti v zimním období.....	28
4.4. Tepelné mosty a tepelné ztráty.....	30
4.5. Výpočet tepelné stability místnosti v letním období.....	32
4.6. Tepelné zisky.....	32
4.7. Měření termovizní kamerou.....	33
5. Porovnání energetické spotřeby odlišných konstrukcí.....	34
5.1. Energetická náročnost budov.....	34
5.1.1. Energeticky standardní dům.....	35
5.1.2. Energeticky úsporný dům.....	36
5.1.3. Nízkoenergetický dům.....	36
5.1.4. Pasivní dům.....	37
5.1.5. Nulový dům a dům s energetickým přebytkem.....	38
5.2. Dřevostavba A.....	39
5.2.1. Popis.....	39
5.3. Dřevostavba B.....	41
5.3.1. Popis.....	41
5.4. Dřevostavba C.....	44
5.4.1. Popis.....	44
5.5. Měření dřevostaveb A, B, C.....	45
6. Ekonomické zhodnocení.....	50
6.1. Ekonomická návratnost.....	50
6.2. Program Nová zelená úsporám.....	54
6.3. Marketingový průzkum.....	57
7. Závěr.....	59
8. Seznam použité literatury.....	60
9. Seznam veličin a zkratk.....	62
10. Seznam obrázků, tabulek a grafů.....	64

PŘÍLOHY

Příloha 1 – Dřevostavba A	I
Příloha 2 – Dřevostavba B	VI
Příloha 3 – Dřevostavba C	X
Příloha 4 – Měření dřevostaveb A, B, C	XIV
Příloha 5 – Statistické výpočty	XVIII
Příloha 6 – Dotazník.....	XXVI

1. Úvod

Stavění s použitím dřeva, jako základního konstrukčního materiálu, má v českých zemích dlouhou tradici. Jeho vynikající konstrukční vlastnosti i relativní hojnost na našem území, činila jeho použití ekonomickým i ekologickým. Tuto tradici přerušil na dlouhá léta tzv. Ohňový patent vydaný roku 1751 Marií Terezií, jehož důsledkem bylo na dlouhou dobu omezení množství nově postavených budov na bázi dřeva. V polovině minulého století zasadil tehdejší režim dřevostavbám další ránu, když byly centrálně nařízeny úsporné postupy při používání dřeva ve stavebnictví. Spotřeba klesla až o 90%. Renaissance dřevostaveb u nás nastala, spolu s příchodem nových technologií, po roce 1989. Výrobci dřevostaveb dokazují, že použitím nových technologií mohou dřevostavby nahradit stavby zděné nebo betonové. Množství domů stavěných s využitím konstrukčních systémů na bázi dřeva každým rokem narůstá. Znovu se objevuje půvab dřeva jako lehkého a pevného konstrukčního materiálu.

Každý dům postavený na bázi dřeva, ať už jde o masivní stavby, nebo moderní lehké sendvičové systémy, je už před tím, než začne sloužit svému účelu energeticky úspornou stavbou. Světem hýbou snahy o snížení nákladů na vytápění, energeticky úsporné domy, pasivní domy. Stavby, jejichž součástí je dřevěná konstrukce vyplněná izolací a doplněná dalšími funkčními vrstvami, mají dokonalé předpoklady pro splnění nízkoenergetického či pasivního standardu.

Tato diplomová práce popisuje různé druhy dřevostaveb, jejich výhody a nevýhody, včetně nejdůležitějších tepelně technických vlastností a jejich výpočtů. Dále jsou zde popsány nejpoužívanější druhy stavebních izolací, důležité pojmy jako je tepelná pohoda prostředí, tepelné zisky, tepelné ztráty a energetické druhy staveb.

Moderní dřevostavby umožňují vysoce efektivně dosáhnout skvělých vlastností tepelně technických i akustických, stejně jako vynikající požární odolnosti u jednotlivých konstrukčních celků. Díky těmto vlastnostem je dosažena velmi nízká provozní spotřeba energie oproti zděným nebo betonovým konstrukcím. Je dobře známé, že dřevěné materiály mají nízkou schopnost akumulace tepla, použitím vhodného vytápění lze však změnit i tento nedostatek v jejich prospěch a úspory energie tak ještě narostou. Chytrě navržená dřevostavba umožňuje ekonomicky využít zastavěnou plochu, zanechává minimální ekologickou stopu a zároveň umožňuje dosažení maximálního komfortu pro své uživatele. V současné době za neustálého zdražování energií mají nízkoenergetické a pasivní domy stále větší význam.

Pro potřeby této diplomové práce byly získány podklady z mezinárodního veletrhu dřevěných staveb, konstrukcí a materiálů DŘEVOSTAVBY 2015 ke třem různým druhům dřevostaveb, na kterých bylo provedeno měření teploty, relativní vlhkosti a teploty rosného bodu v interiéru. Prvním projektem je dřevostavba z CLT panelů rodinného domu pasivního standardu s difúzně otevřenou konstrukcí. Druhým projektem je skeletová dřevostavba s difúzně uzavřenou konstrukcí nízkoenergetického standardu a třetím projektem je největší srub svého druhu ve střední Evropě.

Závěrečnou část práce tvoří ekonomické zhodnocení, které může dopomoci při rozhodování o nejvhodněji zvoleném standardu domu. Při zavedení určitých zateplovacích opatření lze dosáhnout kladného nebo záporného ekonomického efektu. Sílu ekonomického efektu ovlivňuje hned několik faktorů, z nichž největší váhu mají investiční náklady a jejich návratnost. Ta závisí na množství ušetřené energie na vytápění a tedy úspoře peněz. Další možnosti úspor či dosažení vyššího standardu mohou být dotace, které lze na novostavbu či při rekonstrukci zateplení budovy získat.

2. Použité konstrukce dřevostaveb

2.1 Dřevo jako jedinečný stavební materiál

Podobně jako kámen doprovází dřevo člověka při výstavbě svého obydlí už od počátku své existence. Až do konce 18. století bylo dřevo jediným možným používaným konstrukčním materiálem. Na rozdíl od jiných stavebních materiálů je dřevo obnovitelným a recyklovatelným zdrojem s minimálními energetickými nároky. Dřevo lze využít i po několikanásobné recyklaci k výrobě dalších materiálů. V případě, že se dřevu v konstrukci zajistí potřebné podmínky, přetrvává po velmi dlouhou dobu. Jako příklad mohu uvést chrámový komplex Hórijúdzi (Horyuji), který leží ve městě Ikaruga v Japonsku, kde se nacházejí jedny z nejstarších dřevěných budov na světě. Buddhistické chrámy byly postaveny v roce 607. Dále třeba dřevěné piloty, na kterých byla vybudována šikmá věž v Pise. Pozice dřeva se udržela nejen pro svůj příjemný a teplý přírodní charakter, ale především pro své univerzální fyzikální vlastnosti, snadnému zpracování, a možnosti uplatnění se v moderních technologiích. Zdokonalování a vývoji konstrukcí staveb s použitím dřeva je věnována velká pozornost. Výrobní technologie a stavební systémy se neustále zdokonalují. [1]

Každý člověk má k dispozici přibližně 1 m³ dorůstajícího dřeva ročně. Na každou tříčlennou rodinu vyroste v Evropě během 80 let 240 m³ kulatiny. Ze 140 m³ užitkového dřeva lze postavit rodinný dům s kvalitní izolací a 80 let ho vytápět, dalších 100 m³ zbývá na nábytek, vybavení pro volný čas, hudební nástroje, výrobu lodí, administrativní objekty, stáje, průmyslové haly. [2]

Kromě jeho širokého využití se do popředí dostávají další pojmy - ekonomie a ekologie. To platí zejména o stavbách z masivního dřeva (roubené domy, sruby), kdy tento biomateriál představuje výhodnou a dobře zvolenou investici. Při správné údržbě jsou tyto masivní stavby velmi vhodné i v souvislosti s optimálním vnitřním klimatem. Dřevěné stěny nepřetržitě uvolňují molekuly kyslíku a filtrují tak vzduch. Každá dřevostavba dokáže zpracovat až 80% škodlivin a navíc vytváří elektrostaticky neutrální prostředí (nevíří se prach). Dále funguje jako výborná tepelná izolace a dovede vyrovnávat relativní vlhkost vzduchu. Dodnes se jako stavební materiál využívá zejména v USA, kde se z něho stále staví více než 70% staveb. V Kanadě je pak podíl dřevostaveb ještě vyšší. V Evropě zejména v severských státech podíl dosahuje k 60% z celkové výstavby. Současný stav staveb pro bydlení ze dřeva v České

republike se v posledních sedmi letech zvýšil dvojnásobně a to na současných 8% podílu na trhu. Lze předpokládat, že tento trend se bude nadále zvyšovat. [1,2]

Obr. 1 – Výhled na polární záři



Zdroj: <http://www.discover-the-world.co.uk/>

2.2 Základní pojem „dřevostavba“

Pojem dřevostavba není v dnešní době zcela správný. Mnohdy se do této skupiny zařazují i stavby, které běžné dřevo v konstrukci vůbec neobsahují. Lepší výraz, který se pro tyto stavby dnes používá, je spíše „stavba s materiály na bázi dřeva“ nebo „konstrukční systémy na bázi dřeva“. Je to především proto, že mnoho stavebních výrobků používaných v dřevostavbách je vyrobeno z dřevního odpadu, z různých modifikací dřeva nebo inženýrských produktů využívající kombinaci dřeva a jiného materiálu. Pod pojmem dřevostavba se rozumí stavební dílo, pro jehož nosnou konstrukci a i další doprovodné konstrukce je použito dřevo spolu s materiály na jeho bázi, a která je pak podle účelu a konkrétní potřeby doplněna a kompletována dalšími prvky a technologiemi. Dřevostavbou v dnešní době nejsou jen stavby, kde je rostlé dřevo přímo příznáno, ale i objekty, které jsou postaveny ze sendvičových konstrukcí, kde dřevěná konstrukce není. Mnohdy bychom ani na první pohled nepoznali, že se o dřevostavbu jedná. [1]

2.2.1 Současné dřevostavby jejich výhody a přednosti

Dřevo je ekologický, obnovitelný a snadno dostupný materiál. Je zárukou příjemného prostředí, dlouhé životnosti a vynikajících tepelně-izolačních vlastností. Při zpracování dřeva vzniká výrazně menší zátěž pro životní prostředí, než u jiných stavebních materiálů. Hlavní výhody a přednosti dřevostaveb jsou uvedeny v následujících odrážkách.

- **Doba výstavby** - Dřevostavby lze postavit mnohem rychleji než „klasické“ zděné stavby. Realizace některých druhů dřevostaveb jsou pouhé 3 měsíce.
 - klient dostává za své vynaložené finance rychleji konečný produkt a začne ho dříve používat
 - kratší doba, po kterou je třeba stavbě věnovat. Klient tak vydá nižší provozní náklady. Úspora ve vztahu k hypotečnímu úvěru (klient splácí dům během několika málo týdnů, ve kterém bydlí).
- **„Suchý“ způsob výstavby** – dřevostavby umožňují zcela vyloučit tzv. mokré proces výstavby a s nimi související technologické přestávky. Tento způsob výstavby umožňuje stavět i za nízkých teplot čímž lze prodloužit stavební sezónu. Zabudované množství vody ve stavbě je minimální.
- **Životnost** dřevostaveb je srovnatelná se stavbami zděnými, jsou velmi odolné.
- **Vyšší kvalita vnitřního prostředí**, tzn. příznivější rozložení teplot v prostoru, vyšší povrchové teploty a možnost kontroly kvality vzduchu v místnostech.
- **Štíhlá konstrukce obvodové stěny** dřevostavby poskytuje při stejném obestavěném prostoru o 10 – 15 m² podlahové plochy více než u zděné technologie. Získá se tak jedna obytná místnost navíc.
- Dřevostavby vykazují **požární odolnost** požadovanou přísnými českými normami. Dřevěné prvky udrží déle statickou pevnost do okamžiku zhroucení než betonové, či ocelové konstrukce, které se hroučí naprosto náhle, neočekávaně a prakticky naráz. Každá dřevostavba podle normy musí splňovat minimálně 30 minut neprohořlavosti stěny.
- **Dřevostavba se nedá poznat na první pohled.** Na vnější straně dřevostavby se používají omítky, obklady nebo fasádní desky. Vzhled domu závisí na použitém venkovním materiálu, který mnohdy ani nesouvisí s dřevostavbou.
- **Recyklovatelnost.** Většina materiálů lze znova použít. Navíc je dřevo obnovitelným materiálem a využití dřevní hmoty je tak bezodpadové. [1]

2.3 Základní druhy dřevostaveb

2.3.1 Skeletový systém z trámů

Charakteristické je pro skeletové dřevostavby nosná konstrukce vytvořená z dřevěných tyčových prvků (z lepeného dřeva). Na našem území se skeletové konstrukce používaly zejména při stavbě průmyslových objektů. Použitým materiálem byl většinou železobeton, nebo ocel. V dnešní době se skeletová konstrukce používá i pro bytovou výstavbu v oblasti dřevostaveb. Nosnými prvky dřevostavby architekti nejsou omezení dělit vnitřní otevřený prostor a mohou tak vytvářet rozlehlé plochy v rámci obvodového pláště. Nosnou funkci tvoří přímo skelet. Samotné stěny nejsou nosné a plní roli pouze ochrannou a výplňovou. Tato vlastnost umožňuje na domě rozsáhlé zasklené plochy. Ve vnitřním prostoru místnosti se obvykle nechávají viditelné dřevěné trámy. Mezi trámy se vkládá izolace a z exteriéru se položí obklad ze dřeva nebo i jiných materiálů. [3]

Výhody:

- zvláštní atmosféra díky viditelným trámům
- vhodné pro vícepodlažní stavbu
- snadno lze měnit dispozici a polohy otvorů v průběhu stavby
- velká odolnost vůči vysokému zatížení
- jednodušší možnost přístavby.

Nevýhody

- vyšší cena než u sendvičových konstrukcí
- vysoké požadavky na lidskou a profesní kvalitu
- trámy mohou překážet při zařizování interiérů domů. [3,4]

Obr. 2 – Skeletový systém dřevostavby



Zdroj: <http://www.tess-drevostavby.cz/cs/nabidka/vysvetlivka-1>

2.3.2 Montovaný systém ze sendvičových panelů

Pro tento druh dřevostavby je typické, že stěny, stropy i střešní desky jsou vyrobeny ve výrobním závodě. Následně jsou hotové výrobky převezeny na stavbu, kde se během pár dnů smontují. Panely připomínají sendvič - nosné systémové panely jsou tvořeny dvěma deskami na bázi dřeva, kde vnitřní vrstvu tvoří tepelné izolace z minerálních vláken nebo pěnového polystyrenu. Vše zpevňuje rám z masivu. V případě potřeby je možné i dodatečně na stavbě vyříznout otvor pro okno nebo dveře. Rozšířenou alternativu tvoří sendvičové lepené panely z OSB desek (dřevoštěpkových desek). U těchto lepených panelů chybí rám z hranolů a jako izolace bývá používán polystyren. [3,4]

Výhody:

- nižší ceny oproti jiným druhům konstrukcí (začínající od milionu korun)
- rychlost výstavby
- možnost stavby po celý rok, nemá vliv na výkyvy počasí a teplot.

Nevýhody:

- omezenost nabídky (jen typové domy)
- komplikace a vyšší náklady na dopravu velkých stavebních dílů
- nutnost jeřábu na stavbě
- vyšší stěnová průzvučnost
- nutnost rozebrání celé stěny z důvodu poškození vodou. [3,4]

Obr. 3 – Montovaný systém ze sendvičových panelů



Zdroj: <http://www.haas-fertigbau.cz/vzorove-domy-a-reference/nove-zahajene-stavby/>

2.3.3 Sloupková (rámová) konstrukce z fošen a hranolů

U tohoto systému je ve srovnání se sendvičovou konstrukcí dřevostaveb mnohem variabilnější a dává větší prostor pro kreativitu projektantům. Nosná konstrukce dřevostavby se skládá z dřevěné tyčové kostry a z pláště. Hlavní funkcí pláště je stabilizace kostry usazené zpravidla v obdélníkovém rámu. Plášť je tvořen z desek na bázi dřeva a přenáší vodorovné zatížení (např. vítr), zatímco tyčový skelet vyrovnává zatížení svislé (např. střecha, stropy).

Stavba probíhá tak, že se fošny nebo hranoly, které jsou nařezány na míru, postaví pomocí hřebíků a plechových spojek. Do husté dřevěné sítě se vloží izolační materiál a na závěr se obloží stěny. Plášť bývá tvořen překližkou, dřevovláknitými deskami nebo sádkartonem. Dřevěná konstrukce je ukryta ve stěnách. [3,4]

Výhody:

- možnost vytvoření složitých tvarů
- dům je na pohled k nerozeznání od zděného
- rychlost výstavby
- snadný transport díky kompaktnějším dílům
- není potřeba těžkých strojů
- realizace nízkoenergetických i pasivních domů.

Nevýhody:

- se stavbou souvisí vyšší pracnost než u sendvičového typu
- vysoké požadavky na lidskou a profesní kvalitu. [3,4]

Obr. 4 – Sloupková konstrukce z fošen



Zdroj: <http://www.h-box.cz/novinky/sloupkova-konstrukce/>

2.3.4 Panelová konstrukce z masivu

Dřevostavby s použitím panelů z masivu je nejnovější stavební technologií používanou u montovaných dřevostaveb. Panely z masivního dřeva jsou vyrobeny ve výrobním závodě, jako i u jiných montovaných staveb. Z těchto panelů jsou konstruovány masivní bloky, které vytvářejí nosné konstrukce stěn a stropů. Tento technologický postup tak kombinuje levné a rychle stavěné montované sendvičové dřevostavby s výhodami masivní roubenky. Technologie se nejčastěji využívá u moderních tvarů domů. Charakteristické jsou pro tuto stavbu masivní průřezy zhotoveny z řeziva tvořící nosné stěny. Tyto stěny se pak vzájemným skládáním, vrstvením nebo lepením vytváří různé tvary objektu. Výsledkem je stěna, která je tvořena jen masivním dřevem. Z bezpečnostních důvodů je na zdi dodána tepelně-izolační vrstva. Nejčastěji se používá dřevovláknitá izolace, která se na stěny upevňuje zvenčí. [3,4]

Výhody:

- zcela přírodní materiál konstrukcí
- velká prostorová tuhost objektů
- vhodné i pro vícepodlažní domy, pasivní domy
- bezproblémová vyrovnanost tepelných rozdílů stěny
- snazší dosažení moderního vzhledu a lepších izolačních vlastností oproti roubenkám nebo srubům
- rychlost výstavby.

Nevýhody:

- vysoká cena (použití masivního dřeva)
- vyšší náklady za transport a použití jeřábu na stavbě
- vysoké nároky na řemeslnickou práci. [3,4]

Obr. 5 – Panelová konstrukce z masivu



Zdroj: <http://bydleni.idnes.cz/montovane-drevostavby-z-masivu-moderni-obdoba-roubenek>

2.3.5 Roubenky a sruby

Roubenky a sruby představují nejstarší typ konstrukce dřevostaveb. Srubové dřevostavby se nacházejí zejména v horských oblastech. Novodobé stavby mohou mít i moderní vzhled, oproti tradičním venkovským tvarům těchto staveb. Atmosféra srubu je zcela jedinečná a neopakovatelná. Celé zdi se skládají z masivních opracovaných, vodorovně kladených dřevěných prvků obvykle trámů, či kulatiny. Tepelná izolace se vkládá mezi zdvojené zdi, nebo se obvodové zdi vůbec neizolují. Pro vzhled roubenek je charakteristický roh stěn s rybinovým spojem trámů. Oproti tomu srub je v rozích spojen sedlovým spojem, přes který se dřevěné prvky částečně přecházejí. Klíčové je pro tuto konstrukci dřevostaveb dělení vnitřního prostoru, kde stěny vytváří tuhou kostru. Úpravy interiéru se provádí vždy přírodními materiály, zatímco veškeré instalace se vedou vnitřkem stěn, kde jsou izolovány. Vnější stěny jsou pak natírány lazurou vybraného odstínu proti hnilobě a škůdcům. [3,4]

Výhody:

- zvláštní atmosféra díky dřevěným stěnám
- odolnost vůči vlhkosti
- účinnější akustické vlastnosti než u montovaných dřevostaveb
- stěny lépe vyrovnávají tepelné rozdíly než u montovaných dřevostaveb.

Nevýhody:

- vyšší cena (použití velkého množství masivního dřeva)
- nutnost údržby stěn, (zdi se při vysychání a vlhnutí dřeva více pohybují)
- nejsou vhodné jako vícepodlažní stavby. [3,4]

Obr. 6 – Srub



Zdroj: <http://www.srubybernat.cz/sruby-1.html>

Obr. 7 – Roubenka



Zdroj: <http://matejkaeng.cz/roubenka/roubenka-4/>

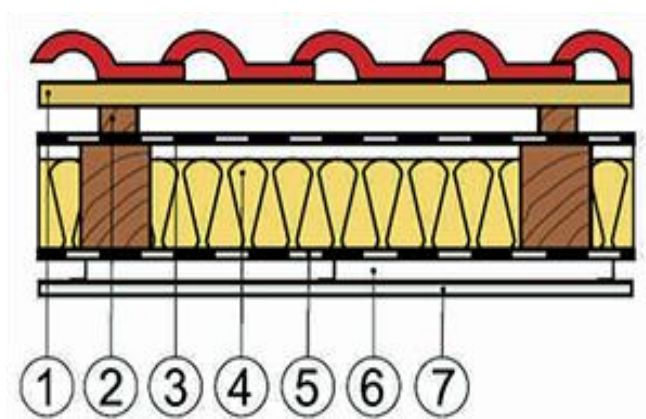
2.4 Konstrukce dřevostaveb

V současné době se obvodové konstrukce dřevostaveb rozdělují z hlediska propustnosti vodních par na difúzně uzavřené (DUK) a difúzně otevřené (DOK). Hlavním rozdílem mezi těmito konstrukcemi je ten, že při skladbě difúzně uzavřené konstrukce se vkládá parotěsná fólie, nebo jiný neprodyšný materiál.

2.4.1 Difúzně uzavřené konstrukce

Dřevostavby se opatřují z interiérové strany tzv. „neprodyšnými“ materiály obvykle parotěsnými fóliemi. Parotěsná fólie se umísťuje mezi dřevěný rám a vnitřní konstrukční OSB desku nebo sádrovláknitou desku. Podmínkou funkční difúzně uzavřené konstrukce musí být neporušená a nepropustná folie. Její hlavní funkcí je zamezení pronikání vlhkosti z interiéru do tepelné izolace. Teplý vzduch v místnosti může obsahovat podstatně více vlhkosti než studený vzduch venku. Proto bez použití parotěsné zábrany dochází ke kondenzaci vlhkosti v izolaci. Důsledkem zkondenzované vlhkosti je zhoršování izolačních parametrů tepelné izolace. Následně vlhne dřevo, tvoří se plísně a vlhké skvrny na stropěch a stěnách. Je tedy podstatně ohrožena životnost dřevostavby. Podstatnou nevýhodou tohoto systému je vznik přebytečné vlhkosti uvnitř interiéru, které se musí korigovat řízeným větráním. Problém nastává v koutech nebo místech za nábytkem, kde ani řízené větrání nedokáže zcela zabránit osídlení vnitřních prostorů mikroorganismy. [5]

Obr. 8 – Skladba difúzně uzavřené konstrukce střechy



1. laťování
2. kontralať
3. paropropustná reflexní fólie
4. tepelná izolace střechy
5. parotěsná fólie
6. vzduchová mezera vytvořená pomocí latí
7. vnitřní obklad (sádrokarton)

Zdroj: www.gutta.cz

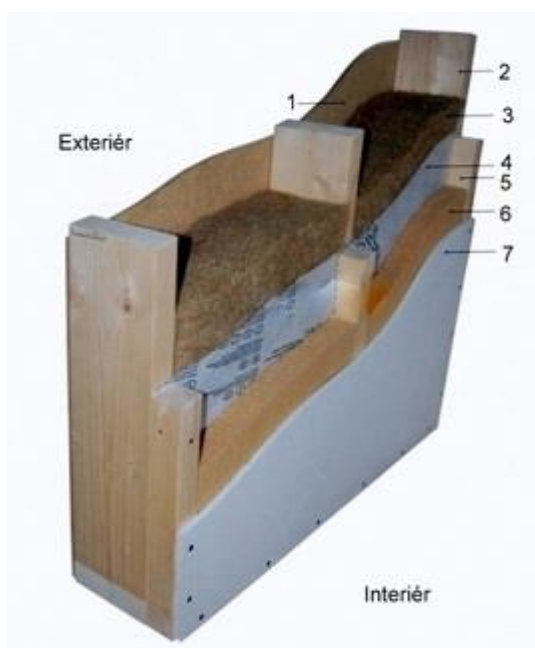
2.4.2 Difúzně otevřené konstrukce

Princip difúzně otevřené konstrukce spočívá v prostupu plynů molekulárním přenosem. Parotěsné zábrany, které tento proces znemožňují, nejsou v konstrukcích používány. Tento typ konstrukcí je používán zejména pro obvodové pláště a pláště podkroví. Difúzně otevřená konstrukce umožní obvodovému i střešnímu plášti obousměrný přenos molekul plynů a vodní páry. Vyvážená vlhkost výrazně přispívá k vyšší kvalitě ovzduší v interiéru. Nerozmnožují se tak mikroorganismy a nedochází k plísním. [5, 6]

Plyny se prostorem šíří prouděním:

- rozdílem tlaků - objemový tok,
- difúzí - molekulární tok.

Obr. 9 – Difúzně otevřená konstrukce



1. difúzně otevřená deska
2. rámová konstrukce
3. izolace
4. vzduchotěsná fólie
5. instalační předstěna
6. izolace
7. konstrukční deska

Zdroj: <http://www.drevostavitel.cz/>

3. Tepelné vlastnosti stavebních materiálů

Mezi nejdůležitější tepelné vlastnosti stavebních materiálů patří tepelná vodivost, tepelná kapacita a teplotní délková a objemová roztažnost. Tyto vlastnosti v mnohých případech rozhodují o použití materiálů do dané konstrukce. Dále v této kapitole jsou obsaženy způsoby vedení tepla, tepelně technické vlastnosti stavebních materiálů a různé používané druhy izolací.

3.1. Šíření tepla materiály

Šíření tepla je jedním ze způsobů předávání energie. Teplo předává vždy těleso s vyšší teplotou tělesu s nižší teplotou. Teplo se může šířit třemi možnými způsoby a to vedením, prouděním nebo sáláním (zářením). Způsob šíření tepla v materiálu je závislý na pórovitosti, objemové hmotnosti, struktuře, teplotě, vlhkosti a také jestli se jedná o kov nebo nekov. [7]

Vedení tepla je jeden ze způsobů šíření tepla v tělesech, při kterém si jednotlivé molekuly vzájemně předávají část své pohybové energie tak, že do sebe narážejí sousední částice těles. Vedení tepla je nejčastější způsob šíření tepla v pevných tělesech. Podle rychlosti vedení tepla se pevné látky dělí na tepelné vodiče a tepelné izolanty. Vedení tepla v konstrukci se zamezuje používáním materiálů s vysokým obsahem vzduchových dutinek o co nejmenších rozměrech. Jedná se tedy právě o tepelné izolanty. [7]

Proudění tepla je jeden ze způsobů šíření tepla v kapalinách a plynech, při kterém se přemísťují přímo částice s větší energií. Množství energie přenášené prouděním je závislé na rychlosti proudění a tepelné kapacitě dané látky. Proudění tepla ve srovnání s vedením tepla může být rychlejší. Samovolné tepelné proudění stoupá vzhůru, protože teplejší části kapalin a plynů mají menší hustotu. Proudění z exteriéru do interiéru se minimalizuje z důvodu tepelných ztrát. [7]

Sálání tepla je jeden ze způsobů šíření tepla, při kterém těleso s teplotou vyšší než okolí vyzařuje teplo a každé těleso s teplotou nižší než okolí teplo pohlcuje. Množství vyzařovaného a přijímaného tepla závisí na rozdílu teplot tělesa a okolí a na barvě povrchu tělesa. Světlá tělesa vyzařují a přijímají méně tepla oproti tmavým tělesům, které vyzařují a přijímají více tepla. Sálání je závislé na schopnosti tělesa vyzařovat. Sálání se nejlépe šíří ve vakuu. Svou podstatou je to jeden z druhů elektromagnetického záření. [7]

3.2. Tepelně fyzikální veličiny

Součinitel tepelné vodivosti je skalární veličina definována jako schopnost stejnorodého, izotropního materiálu při dané střední teplotě vést teplo. Je využívána jako důležité kritérium pro porovnávání kvality tepelných izolací. Čím je hodnota nižší, tím je kvalita tepelné izolace vyšší a teplo uniká přes takový materiál pomaleji. Součinitel tepelné vodivosti je materiálová konstanta zjištěna experimentálně.

$$\lambda = \frac{\vec{q}}{-grad \theta} \quad (1)$$

- kde λ je součinitel tepelné vodivosti [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$], \vec{q} je vektor hustoty ustáleného tepelného toku [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$] a $grad \theta$ je gradient teploty [$\text{K}\cdot\text{m}^{-1}$]. [8]

Rozdělení stavebních materiálů podle součinitele tepelné vodivosti:

- vysoce tepelně izolační materiály $\lambda = 0,03 - 0,10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
(objemová hmotnost do $500 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- materiály s dobrými tepelně izolačními vlastnostmi $\lambda = 0,10 - 0,30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
(objemová hmotnost do $800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- materiály se středními tepelně izolačními vlastnostmi $\lambda = 0,30 - 0,60 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
(objemová hmotnost do $1600 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- materiály s běžnými tepelně izolačními vlastnostmi $\lambda = 0,60 - 1,25 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
(objemová hmotnost do $2400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- hutné anorganické materiály $\lambda = 1,25 - 3,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
(objemová hmotnost $> 2400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- ostatní hutné ortotropní materiály $\lambda > 3,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. [9]

Měření součinitele tepelné vodivosti lze provádět přímou metodou a to buď tzv. stacionární metodou (měření probíhá za stálého tepelného výkonu), nebo nestacionární metodou (tepelný výkon se během měření mění). Dále pak metodou nepřímou, které jsou založeny na měření jiné fyzikální veličiny, z níž lze tepelná vodivost odvodit. Pro měření stacionární metodou se používá - metoda Poensgenova, Poensgen-Eriksonova metoda, Bockova metoda. Pro měření nestacionární metodou se používá přístroj Shotherm Showa Denko, nebo přístroj ISOMET 104. [8]

Tab. 1 – Součinitelé tepelné vodivosti pro dřevěné materiály

<i>Materiál</i>	<i>Součinitel tepelné vodivosti λ [W·m⁻¹·K⁻¹]</i>
Dřevo tvrdé, tepelný tok - kolmo k vláknům	0,22
rovnoběžně s vlákny	0,49
Dřevo měkké, tepelný tok - kolmo k vláknům	0,18
rovnoběžně s vlákny	0,41
Dřevotřískové desky	0,11
Dřevovláknité desky	0,046
Desky z dřevitého odpadu s cementem	0,11 - 0,35
Desky dřevovláknité, lisované	0,075 - 0,170

Zdroj: ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov, ČNI Praha 1995

Součinitel difuze vodní páry je normovanou veličinou. Vodní pára postupuje difúzí směrem z interiéru do exteriéru. Stěna to vodní páře umožňuje tím víc, čím je vyšší její součinitel difuze vodní páry. Součinitel difuze vodní páry závisí na teplotě a barometrickém tlaku. [8]

Tab. 2 – Součinitelé difuze pro dřevěné materiály

<i>Materiál</i>	<i>Součinitel difuze vodní páry $\delta_n \cdot 10^{-9}$ [s]</i>
Dřevo tvrdé, tepelný tok - kolmo k vláknům	0,0012
rovnoběžně s vlákny	0,042
Dřevo měkké, tepelný tok - kolmo k vláknům	0,0012
rovnoběžně s vlákny	0,042
Dřevotřískové desky	0,015
Dřevovláknité desky	0,038
Desky z dřevitého odpadu s cementem	0,31
Desky dřevovláknité, lisované	0,015

Zdroj: ČSN 73 0540-3: Tepelná ochrana budov, ČNI Praha 1995

Měrná tepelná kapacita je normovanou veličinou, kterou lze najít v tabulkách. Vyjadřuje množství tepla, které je nutno dodat 1kg látky, aby se zahřál o 1 °C. Tato veličina je také velice závislá na vlhkosti a teplotě. K určování hodnot měrného tepla se využívá kalorimetrická rovnice a po její úpravě se získá vztah:

$$c = \frac{E}{m \cdot \Delta t} \quad (2)$$

- kde c je měrná tepelná kapacita [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$], E je teplo v [Joule], m je hmotnost [kg] a Δt je rozdíl počáteční a koncové teploty [K]. [8]

Tab. 3 – Měrná tepelná kapacita pro dřevěné materiály

Materiál	Měrná tepelná kapacita c [$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]
Dřevo tvrdé, tepelný tok - kolmo k vláknům	2 510
rovnoběžně s vlákny	2 510
Dřevo měkké, tepelný tok - kolmo k vláknům	2 510
rovnoběžně s vlákny	2 510
Dřevotřískové desky	1 500
Dřevovláknité desky	1 380
Desky z dřevitého odpadu s cementem	1 580
Desky dřevovláknité, lisované	1 630

Zdroj: RAŽNJEVIČ, K.: *Termodynamické tabulky*, ALFA Bratislava, 1984

Tepelná roztažnost pevných látek nastává, jestliže při změně teploty dochází ke změnám rozměrů těles. Teplotní roztažnost se dále dělí na délkovou tepelnou roztažnost, nebo objemovou tepelnou roztažnost. [8]

Délková roztažnost je fyzikální jev, při kterém se délka tělesa zahřátého o určitou teplotu roztáhne v daném směru o určitou délku. U stavebních materiálů obvykle převládá jeden rozměr a posuzuje se podle změny Δl .

$$\Delta l = l - l_1 = l_1 \cdot \alpha \cdot \Delta t \quad (3)$$

- kde Δl je délková roztažnost [m], l je délka materiálu [m], α je teplotní součinitel délkové roztažnosti [K^{-1}] a Δt je rozdíl teploty [K]. [8]

Objemová roztažnost je fyzikální jev, při kterém se se změnou rozměrů těles mění také jejich objem. Objemová roztažnost u dřeva je nižší než u betonu a kovů. Pro pevné látky s izotropní strukturou lze vzhledem k malé hodnotě délkové roztažnosti α volit vztah:

$$\alpha \cong 3 \cdot \beta \quad (4)$$

- kde α je teplotní součinitel délkové roztažnosti [K^{-1}], β je součinitel teplotní objemové roztažnosti [K^{-1}], které závisí na druhu vyrobené látky a na teplotě. [8]

3.3. Tepelně technické veličiny

Tepelně technické vlastnosti materiálů se počítají na základě změřených hodnot tepelně-fyzikálních veličin.

Tepelná jímavost materiálů vyjadřuje schopnost materiálu přijímat, nebo uvolňovat teplo. Čím větší je tepelná jímavost materiálu, tím méně materiál přijímá, respektive uvolňuje teplo. Nízká hodnota znamená, že materiál rychleji přijme teplo, ale také ho rychleji uvolní.

$$b = \lambda \cdot c \cdot \rho_v \quad (5)$$

- kde b je tepelná jímavost [$W^2 \cdot s \cdot m^{-4} \cdot K^{-2}$], λ je součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$], c je měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$], ρ_v je objemová hmotnost [$kg \cdot m^{-3}$].

Součinitel teplotní vodivosti je schopnost materiálu o určité vlhkosti vyrovnávat rozdílné teploty při neustáleném vedení tepla. Čím vyšší je součinitel teplotní vodivosti, tím rychleji probíhá vyrovnávání teplot.

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho_v} \quad (6)$$

- kde a je součinitel teplotní vodivosti [$m^2 \cdot s^{-2}$], λ je součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$], c je měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$], ρ_v objemová hmotnost [$kg \cdot m^{-3}$]. [8]

Tepelný odpor vrstvy materiálu vyjadřuje tepelně izolační vlastnosti materiálu o určité tloušťce. Udává míru odporu proti pronikání tepla. Čím je tepelný odpor materiálu vyšší, tím pomaleji teplo prochází. Cílem je tedy, aby tepelný odpor kolem budovy (podlaha na terénu, obvodové stěny i střecha) byl co nejvyšší.

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad (7)$$

- kde R je tepelný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$], d je tloušťka materiálu [m] a λ je součinitel tepelné vodivosti [$\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$]. [8]

Odpor konstrukce při prostupu tepla se vypočte jako celkový tepelný odpor bránící výměně tepla mezi prostředím oddělenými od sebe a to stavební konstrukcí o tepelném odporu R s přilehlými mezními vzduchovými vrstvami.

$$R_T = R_{si} + R + R_{se} \quad (8)$$

- kde R_T je odpor konstrukce při prostupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$], R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$], R je odpor konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$], R_{se} je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]. [8]

Součinitel prostupu tepla je měrnou jednotkou pro stanovení tepelných ztrát stavebního dílce. Udává množství tepla, které unikne za časovou jednotku jedním m^2 stavebního dílce při teplotním rozdílu vzduchu v interiéru a exteriéru 1 Kelvin.

$$U_T = \frac{1}{R_T} \quad (9)$$

- kde U_T je součinitel prostupu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$] a R_T je odpor konstrukce při prostupu tepla [$\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$]. [8]

3.4. Tepelně izolační materiály

Hlavním úkolem tepelných izolací je vytvořit bariéru, která zabrání vniknutí, či úniku tepla a to všemi částmi stavby (stěnami, podlahou, stropem, střechou). Aby přinesly očekávaný efekt a dobře fungovaly, je nutné vybrat správný typ, nešetřit, ale také zbytečně neplýtvat a především dbát na přesné a pečlivé provedení. Účelem tepelných izolací je udržet v domě teplo, na druhé straně jejich prostřednictvím se brání přehřívání interiéru v letním období.

Tepelně izolační materiály mohou fungovat i jako izolace akustické. Mezi nejdůležitější vlastnosti tepelných izolací patří zejména součinitel tepelné vodivosti, uváděný v jednotkách $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Čím je součinitel nižší, tím vyšší je účinnost tepelné izolace. Dalšími důležitými vlastnostmi jsou součinitel difuze vodní páry, který nám udává propustnost materiálu vodní parou dále pak pevnost, objemová hmotnost, tepelná stabilita, hořlavost, nasákavost, cena, toxicita, zpracovatelnost a cena. Tyto vlastnosti nám určují vhodnost použití tepelné izolace pro každý konkrétní příklad. Vlastnosti se liší nejen podle druhu materiálu, ale mohou existovat i nepatrné odchylky u různých výrobců. Tepelné izolace jsou materiály s tepelnou vodivostí λ do $0,20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. [10]

Tab. 4 – Tepelně izolační materiály

<i>Materiál</i>	<i>Součinitel tepelné vodivosti λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]</i>
Pěnový polyuretan	0,018-0,035
Extrudovaný polystyren	0,030-0,035
Pěnový polystyren	0,040-0,045
Skelná a čedičová vlna	0,035-0,076
Celulóza	0,037-0,080
Konopí	0,040
Pěnové sklo	0,040-0,060
Cebuna	0,050-0,150
Perlit	0,060
Desky z dřevité vlny a cementu	0,110-0,400
Keramzit	0,090-0,110
Vermikulit	0,071
Křemelina	0,150-0,240

Zdroj: *Tepelné izolace domů a bytů* [10]

3.4.1 Pěnové materiály

Pěnový polyuretan

Nejúčinnější tepelnou izolací s vynikajícími tepelně-vlhkostními parametry je pěnový polyuretan, značený PUR. Ve stavebnictví se používá zejména tvrdá polyuretanová pěna. Tento izolační materiál se používá při montáži a utěsňování okenních rámců. Objemové hmotnosti 35 - 120 kg⁻³, s pevností v tlaku 0,1 až 3 MPa a součinitelem tepelné vodivosti je 0,02 - 0,035 W·m⁻¹·K⁻¹. Difuzní faktor je v rozmezí 30 - 100. Teplotní stálost PUR je od -50°C do 130°C. PUR je odolný proti kyselinám, organickým rozpouštědlům, louhům, olejům, plísním a bakteriím. Pěnový polyuretan je nenasákavý. Vodu přijímá pouze do povrchových otevřených pórů. Dalším možným použitím tohoto materiálu jsou na šikmé střechy jako tepelná izolace, která zároveň může plnit funkci pojistné hydroizolace. Dále se tato tepelná izolace používá na místech s vysokým výskytem vlhkosti (tepelná izolace základů, suterénů, teplovodů apod.). [10]

Obr. 10 – Stríkaná PUR pěna



Zdroj: <http://www.ji-ba.cz/>

Extrudovaný polystyren

Tento typ polystyrenu, značený XPS, má nižší součinitel tepelné vodivosti 0,03 až 0,035 W·m⁻¹·K⁻¹ než pěnový polystyren. Dodávaný je nejčastěji ve formě desek s polodrážkou. Díky jeho uzavřeným pórům je nenasákavý bez tendence smršťování do nenaplněného stavu. Bohužel nesnáší teploty nad +75°C a organická rozpouštědla. Lze proto předpokládat, že bude nahrazován pěnovým polyuretanem, který má lepší fyzikální vlastnosti a je přibližně na stejné cenové úrovni. Extrudovaný polystyren lze použít ve vlhkém prostředí i v trvale vlhkých

místech. Zde působí jako tepelná izolace, a také jako účinná součást hydroizolace. Dále se používá na izolaci stěn, podlah a do střech. Teplota v místě tepelné izolace ovšem nesmí přesahovat +75°C. Tento typ izolace je nevhodný tam, kde se plně nevyužije jeho vlastností. Pokud se ve stavební konstrukci plně nevyužijí jeho technické vlastnosti, je vhodné tento typ izolace nahradit jiným ekonomicky výhodnějším materiálem. [10]

Obr. 11 – XPS desky



Zdroj: <http://www.zatepleni-stavebniny.cz>

Pěnový polystyren

Pěnový polystyren, značený EPS, je v České republice nejrozšířenějším tepelně-izolačním materiálem. Základní surovinou pro výrobu EPS je zpěňovatelný polystyren, který vzniká suspenzní polymerací styrenu. Objemová hmotnost se obvykle pohybuje v rozmezí od $12 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ do $35 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje dle objemové hmotnosti od $0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ do $0,045 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Materiál je snadno rozpustný organickými rozpouštědly, které se mohou uvolňovat např. z asfaltových krytin. Nedoporučuje se tam, kde teploty mohou vystoupit nad 70°C. Pěnový polystyren je vhodný jako tepelná izolace pro fasády, podlahy, dvouplášťové střechy, rozvody chladících a topných médií do teplot +70°C, využití v různých sendvičových deskách nebo panelech, podlahy a ploché střechy. Mezi výhody patří nízká cena, dobré mechanické vlastnosti, zdravotní nezávadnost a lze ho jednoduše recyklovat. Nevýhodou pěnového polystyrenu je tendence vrácení se do původního

nenapěněného stavu. Čím vyšší je teplota tohoto materiálu, tím je tato vlastnost výraznější.
[10,11]

Obr. 12 – EPS desky



Zdroj: www.isover.cz

Pěnové sklo

Pěnové sklo je ekologický a znovu 100% recyklovatelný druh tepelné izolace. Tento materiál se vyrábí jak z nového skla, tak z recyklace skla starého. Uhlíkový prach, který se mění za tepla na oxid uhličitý, zajišťuje zpěnění skelné hmoty. Broušením a řezáním se dále docílí finálních rozměrů bloků. Pěnové sklo má uzavřené póry, je tedy nenasákavý, parotěsný a vodotěsný. Nedochozí k průchodu chladu do konstrukce stavby. Vnitřní teplotu objektu tak neovlivňuje venkovní klima. Materiál není pružný, odolný vůči jiným materiálům, je nehořlavý a snáší teploty až do +430°C. Pevnost v tlaku 0,7 MPa až 1,06 MPa při objemové hmotnosti 120 kg·m⁻³ až 180 kg·m⁻³. Součinitel tepelné vodivosti je, 0,04 - 0,06 W·m⁻¹·K⁻¹. Pěnové sklo se používá zejména na zatížené plochy jako je izolace základových desek (funguje zároveň jako drenáž), izolace bazénů, saun, komínů ale i náročných střeš. Další výhodou pěnového skla je úspora spotřeby energie na vytápění oproti polystyrenovým konstrukcím s nižšími náklady na její realizaci. [10]

Obr. 13 – Pěnové sklo



Zdroj: <http://www.chytre-bydleni.cz>

3.4.2 Minerální vláknité materiály

Minerální (skelná) vata

Minerální vata je nejpoužívanější ekologicky nezávadná tepelná izolace. Vyrábí se tavením hornin z čediče nebo křemene. Podle výchozích surovin se dále jedná o kamennou nebo skelnou vlnu. Dodává se v deskách nebo rolích. Vlna je odolná proti ohni, má vysoký bod tání a je paropropustná. Využitelné jsou výrobky z minerální a skelné vlny pro izolaci střeš, stěn, rozvodů potrubí v topných kanálech. Nedoporučuje se skelnou vatu používat u skladeb podlah (pod tíhou konstrukcí dochází ke stlačení a změny výšky podlahy) a v místech se zvýšeným nebo trvalým výskytem vlhkosti. Skelná vata je nasáková a mohou se tak tvořit plísně a jiné mikroorganismy. Objemová hmotnost se pohybuje od $60 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ do $400 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a součinitel tepelné vodivosti je $0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ až $0,076 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Tento materiál není příliš pevný, jeho pevnost v tlaku při 10% stlačení se pohybuje od 0,01 MPa do 0,07 MPa. [11]

Obr. 14 – Rohože a desky z minerální vaty



Zdroj: www.rockwool.cz

3.4.3 Rostlinné materiály

Konopí

Tepelná izolace z konopného vlákna je dalším příkladem ekologického materiálu, který lze nahradit syntetickým polystyrenem. Konopí je rychle rostoucí rostlina, která roste rychleji než dřevo. Z vláken konopí jsou vyráběny konstrukční desky, které se používají zejména u difúzně otevřených konstrukcí. Dále se konopí využívá jako vodorovná izolace stropů a podhledů, izolace podlah. Velkou předností je odolnost proti vlhkosti a kapilární vlastnosti při odvádění vody. V konstrukci funguje jako savý papír – vlhkost pohltí a rozšíří, aniž by byly konstrukce mokré. Tento přírodní materiál zajišťuje dobré mikroklima uvnitř místnosti s přirozenou ochranou proti plísním, hnilobám a škůdcům. Součinitel tepelné vodivosti je podobný jako u minerální vlny $0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Měrná tepelná kapacita $2100 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. V letních měsících se tudíž nepřehřívá a účinkuje současně jako tepelně-akumulační materiál.

[11]

Obr. 15 – Canabest



Zdroj: <http://www.ekostavivo.cz>

Celulóza

Tato tepelná izolace se vyrábí z recyklovaného novinového papíru. Při její výrobě je důležitý takový postup, který co nejméně porušuje buničitá vlákna, jinak by měla hmota větší objemovou hmotnost a nižší tepelně-izolační účinek. Lze ji použít v rozmezí -50°C až $+105^{\circ}\text{C}$. Její součinitel tepelné vodivosti je od $0,037 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ do $0,08 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ v suchém stavu při objemové hmotnosti je v rozmezí od $26 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ až $50 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Celulóza je velmi nasákavým materiálem, proto musí být používán pouze v suchém prostředí. Při použití na obvodové konstrukce musí být důsledně provedena parozábrana a materiál musí být dokonale odvětrán a chráněn před povětrnostními vlivy. Nevýhodou celulózy je velmi nízká únosnost v tlaku. Izolace je aplikována foukáním. Je možné ji foukat i do obtížně dostupných dutin. Celulóza se používá zejména pro zateplení podkroví, trámových stropů a stěn. Nevhodným materiálem je použití celulózy jako tepelná izolace podlah a na všech vlhkých místech bez možnosti vyschnutí. [10]

Obr. 16 – Celulóza



Zdroj: <http://www.enroll.cz>

4. Tepelná stabilita budovy

Při hodnocení tepelné stability se zpravidla uvažují dvě extrémní období v roce, a to období zimní a letní. Místnost je tepelně stabilní tehdy, pokud zůstane její tepelný stav v daném časovém průběhu v dovoleném rozmezí. Hodnocení tepelné stability místnosti je typickým příkladem neustálého teplotního stavu, neboť zkoumá chování vnitřního prostoru v případě, kdy je místnost v letním období osluněna a dochází k nárůstu teploty vnitřního vzduchu. Zimní tepelná stabilita se zkoumá rovněž za neustálého teplotního stavu. [9]

4.1. Tepelná pohoda prostředí

Člověk na základě svých biologických pochodů neustále produkuje teplo, které odevzdává do svého okolí. Tepelnou rovnováhou se nazývá stav, kdy prostředí odebírá tělu tolik tepla, kolik ho právě vyprodukuje. Teplo, které člověk vydává do okolí, závisí na teplotním spádu, tj. na rozdílu teplot mezi povrchem těla a teplotou okolí. Předpokladem je vyrovnaný stav toku tepla mezi člověkem a prostředím bez viditelného pocení, nebo naopak bez pocitu chladu a bez použití ochranných termoregulačních procesů lidského těla. Teplota se posuzuje vždy jako součtová hodnota místnosti. Pro obytné místnosti se považuje za optimální teplotu 20°C. Při běžně používaných materiálech zajistí součtovou hodnotu rovnu nebo vyšší 38°C. [9,10]

$$t_M = t_i + t_p \geq 38^\circ\text{C} \quad (10)$$

- kde t_M je tepelná pohoda [°C], t_i je teplota vzduchu v interiéru [°C], a t_p je průměrná teplota všech povrchů místnosti [°C].

4.2. Tepelná bilance

Nástrojem pro zařazení budovy do určité kategorie slouží výpočet tepelné bilance. Výpočet potřeby množství tepla na vytápění se počítá pro každý měsíc zvlášť. Tepelné ztráty a tepelné zisky se vypočítají s uvažováním průměrných měsíčních okrajových podmínek. Roční potřeba tepla na vytápění je pak součtem měsíčních hodnot. Hodnoty z roční potřeby tepla na vytápění se dále odvozují na měrnou jednotku budovy (m² podlahové plochy vytápěného prostoru). Výsledkem výpočtu tepelné bilance je množství tepla, která musí otopná soustava dodat do prostoru zóny, aby bylo dosaženo předepsané teploty. Měrná hodnota se dále využívá jako kritérium pro klasifikaci energetické náročnosti budovy.

$$Q_h = Q_i - \eta \cdot (Q_s + Q_i) \quad (11)$$

- kde Q_h je potřeba tepla na vytápění [kWh], Q_j je celková tepelná ztráta budovy (vytápěného prostoru) [kWh], η je stupeň využití tepelných zisků, Q_s jsou solární zisky [kWh] a Q_i jsou vnitřní tepelné zisky [kWh]. [13]

4.3. Výpočet tepelné stability místnosti v zimním období

Výpočet zimní tepelné bilance budovy se zabývá chováním místnosti v době přerušení vytápění místnosti. Zimní tepelná stabilita se zkoumá za neustálého teplotního stavu. Předpokladem je konstantní teplota venkovního vzduchu a v čase proměnná klesající teplota vnitřního vzduchu. Výpočet vychází z energetické bilance prostoru a zahrnuje tepelné ztráty místnosti prostupem a infiltrací. Dále zahrnuje i tepelné zisky z chladnoucích konstrukcí nebo zisky z jiných zdrojů tepla (nábytek, chladnoucí otopná tělesa). Hodnotícím kritériem je pokles teploty s nejvyšší hodnotou průměrného součinitele prostupu tepla. Obvykle to bývá místnost s nejvyšším podílem prosklených ploch. Pokles výsledné teploty v místnosti v průběhu otopné přestávky se stanoví:

$$\Delta\theta_v(t) = \theta_v - \theta_v(t) \quad (12)$$

- kde θ_v je výsledná teplota místnosti na počátku chladnutí místnosti [°C] a $\theta_v(t)$ je výsledná teplota místnosti proměnná v průběhu chladnutí. [12]

Výsledná teplota místnosti:

$$\theta_v(t) = \theta_{ai}(t) + 650 \cdot V_{LV} \cdot \frac{\theta_{ai}(t) - \theta_e}{\sum(A \cdot h_{si})} \quad (13)$$

- kde $\theta_{ai}(t)$ je teplota vnitřního vzduchu v době chladnutí [°C], V_{LV} je objemový tok vzduchu proudícího do místnosti [$m^3 \cdot s^{-1}$], θ_e je návrhová venkovní teplota v zimním období [°C], $\sum(A \cdot h_{si})$ je součet násobků ploch vnitřních povrchů všech konstrukcí tvořící místnost a součinitelů přestupů tepla na vnitřní straně těchto konstrukcí [$W \cdot K^{-1}$]. [12]

Z hlediska hodnocení tepelné stability a stanovení součinitele chladnutí se konstrukce rozdělují:

- symetricky chladnoucí konstrukce, které rozdělují prostory, jejichž teploty se na počátku chladnutí neliší více jak o 5°C
- asymetricky chladnoucí konstrukce, které rozdělují prostory, jejichž teploty se na počátku chladnutí liší o více jak 5°C (např. vnitřní konstrukce, oddělující prostory s výrazně rozdílnými teplotami)
- konstrukce polonekonečné, které jsou v kontaktu se zemínou, u kterých dochází v průběhu chladnutí k poklesu teploty pouze na vnitřní straně konstrukce. [12]

Kritická místnost musí na konci doby vykazovat pokles výsledné teploty

$$\Delta\theta_v(t) \leq \Delta\theta_{v,N}(t) \quad (14)$$

- kde $\Delta\theta_v(t)$ je výsledná teplota místnosti proměnná v průběhu chladnutí [°C], $\Delta\theta_{v,N}(t)$ je normou požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti [°C]. [12]

Tab. 5 – Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty místnosti v zimním období

Druh místnosti	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\Delta Q_{v,N}(t)$ [°C]
S pobytem lidí po přerušení vytápění	
- při vytápění radiátory, sálavými panely a teplovzdušně	3
- při vytápění kamny a podlahovém vytápění	4
Bez pobytu lidí po přerušení vytápění	
- Při přerušení vytápění otopnou přestávkou	
a) budova masivní	6
b) budova lehká	8
- při skladování potravin	$\theta_i - 8$
- při nebezpečí zamrznutí vody	$\theta_i - 1$

Zdroj: Stavební fyzika II Stavební tepelná technika

4.4. Tepelné mosty a tepelné ztráty

Tepelné mosty jsou místa s nejintenzivnějším tepelným tokem. V těchto místech uniká zvýšené množství tepelné energie z vytápěného objektu do okolí a vznikají tepelné ztráty. Vzhledem ke snížení povrchové teploty v objektu se sníží i hodnota teploty rosného bodu. Kondenzací vzniká vodní pára a mohou se tak začít rozmnožovat plísně. [12]

Rozlišují se dva základní typy tepelných mostů:

- **tepelné ztráty prouděním** jsou tepelné mosty způsobeny netěsnostmi v plášti dělicí konstrukce, kdy je tepelný únik způsoben přímo odvětráváním vnitřního vzduchu do exteriéru
- **tepelné ztráty vedením** jsou tepelné mosty vzniklé nesprávně navrženou skladbou dělicí konstrukce.

Podle směru prostupu tepla konstrukcí se rozlišuje vedení:

- **jednorozměrné**, které se týká prostupu tepla v ploše
- **dvourozměrné**, ke kterému dochází v místě styku dvou dělicích konstrukcí
- **třírozměrné**, ke kterému dochází v rozích, tedy styku tří dělicích konstrukcí. [12]

Tab. 6 – Podíl tepelných ztrát v procentech

Typ konstrukce	Rodinný dům (%)	Obytný dům (%)
Okna a venkovní dveře	30 - 40	40 - 50
Stěny	20 - 25	30 - 40
Střecha	15 - 20	5 - 8
Podlaha	5 - 10	4 - 6

Zdroj: <http://www.tzb-energ.cz/uspory-energie.html>

K rizikovým faktorům patří především ukončení zateplovacího systému u základových konstrukcí, u pozednice, nadpraží okenního otvoru a parapetu. Též patří k rizikovým faktorům i geometrická změna konstrukce. Z toho vyplývá, že se tepelná energie šíří konstrukcemi prakticky cestou nejmenšího odporu a její množství je přímo úměrné teplotnímu spádu. Uniká-li energie z vnitřního prostoru do více směrů, bude v tomto místě největší úbytek. Zde

tudíž hrozí největší riziko snížení povrchové teploty pod hodnotu teploty rosného bodu. Tepelným ztrátám nelze zcela zamezit, ale dají se různými způsoby výrazně snížit. [12]

Obr. 17 – Tepelné ztráty v procentech



Zdroj: www.drevoastavby.cz

Obr. 18 – Optimální teploty v interiéru



Zdroj: www.drevoastavby.cz

4.5. Výpočet tepelné stability místnosti v letním období

Letní tepelná stabilita místnosti je stále problémem, protože u objektů s vysokým podílem prosklených ploch dochází v letním období v obvodovém plášti k nebezpečí přehřívání vnitřního prostoru. Výpočtové posouzení letní tepelné stability se provádí pro tzv. kritickou místnost (prostor s předpokládanou nejvyšší tepelnou zátěží). Tímto prostorem jsou obvykle místnosti s největšími přímo osluněnými prosklenými plochami, orientovanými na východ, jih, západ, jihovýchod a jihozápad. Hodnocení letní tepelné stability místnosti se provádí bez uvážení vlivu vnitřních tepelných zisků. Ve výpočtu se uvažuje s proměnlivou intenzitou větrání. U budov musí být splněna podmínka pro nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti. Při určování kritérií na hodnocení tepelné stability obytných budov v letním období se vychází z podmínky tepelné pohody.

$$\theta_{ai,max} \leq 27^{\circ}C \quad (15)$$

- kde $\theta_{ai,max}$ je nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti [$^{\circ}C$].

Limitujícím prvkem jsou průsvitné konstrukce. Jejich plocha orientace a případné clonění mají rozhodující vliv na nárůst teploty vnitřního vzduchu při oslunění místnosti. [12]

Faktory ovlivňující letní stabilitu místnosti:

- snížení tepelného toku neprůsvitnými obalovými konstrukcemi s vhodnou barvou na jejich vnějším povrchu (světlé barvy)
- návrh obalových konstrukcí formou dvouplášťových konstrukcí s provětrávanou vzduchovou mezerou
- návrh obalových konstrukcí se zvýšenou akumulací schopností
- návrh akumulčních prvků uvnitř budovy (stropní konstrukce z masivu). [12]

4.6. Tepelné zisky

Základní rozdělení tepelných zisků:

- zisky z metabolického tepla
- zisky z elektrických spotřebičů a umělého osvětlení
- pasivní solární zisky.

Všechny tyto druhy tepelných zisků jsou proměnlivé. Nejproměnlivějším jsou pasivní solární zisky, které jsou tvořeny sáláním slunce. Čím větší část fasády bude prosklená, tím větší budou tepelné zisky budovy. Množství slunečního záření dopadajícího na sklo, závisí na orientaci okna a jeho zastínění (markýzy, rolety, záclony). Dalším proměnlivým zdrojem zisků může být způsob regulace otopné soustavy. Energie z elektrických spotřebičů a umělého osvětlení a metabolické teplo působí v interiéru budovy. Vyjadřovány jsou ve formě množství tepla na jednotku podlahové plochy. Orientační hodnota pro osobu pobývajících v budově je $5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ podlahové plochy. Pro výpočet se uplatňuje celková plocha zaskleného prvku a energetická propustnost slunečního záření, korekční činitel rámu, stínění a clonění. [13]

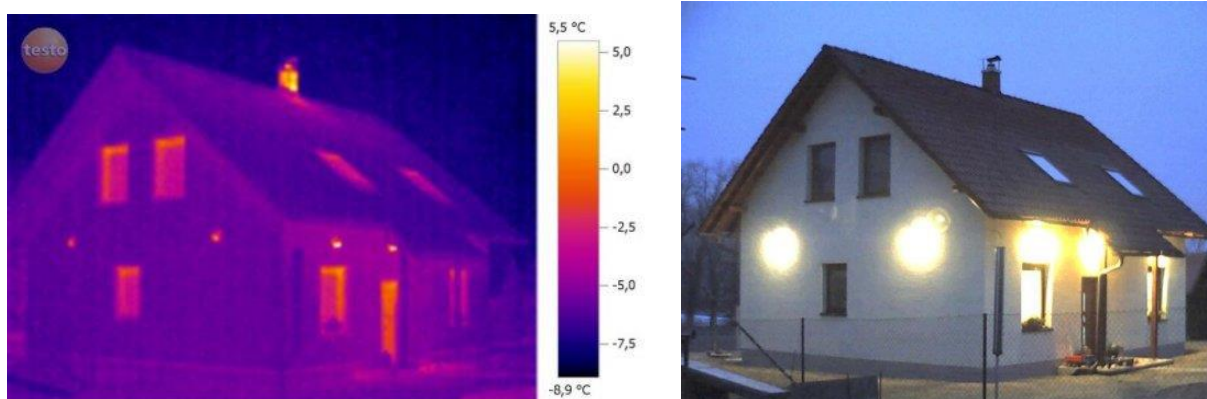
Velikost pasivních solárních zisků závisí na:

- množství dopadajícího slunečního záření na prosklenou plochu
- schopnost prosklených ploch propouštět energii slunečního záření do interiéru
- velikost osluněné plochy (redukce v důsledku stínění terénem, okolní zástavba). [13]

4.7. Měření termovizní kamerou

Pro ověření tepelně-izolačních vlastností stavebních objektů se využívá termovizní kamera. Termovizní kamera funguje na principu infračerveného záření a měří se s ní povrchové teploty stavebních konstrukcí. Termovizní systém zaznamenává tepelnou energii bezkontaktním měřicím systémem a převádí ji na elektronické signály pomocí citlivého infračerveného detektoru. Výsledkem je barevný obraz tepelného pole, sloužící k odhalení míst v objektu, ve kterých dochází vlivem tepelných mostů k tepelným ztrátám. Po změření se zpracuje odborný posudek s vyhodnocením posuzovaných hodnot a doporučením k případným opatřením. [14]

Obr. 19 – Termovizní snímek dřevostavby



Zdroj: <http://www.woodsystem.cz/drevostavby-termovizni-mereni>

5. Porovnání energetické spotřeby odlišných konstrukcí

V této kapitole je vysvětleno, jaké existují druhy domů v závislosti na energetické náročnosti určené podle měrné spotřeby energie pro vytápění. Dále jsou zde představeny a charakterizovány tři různé typy dřevostaveb, na kterých bylo provedeno měření teploty, relativní vlhkosti a teplotu rosného bodu v interiéru.

5.1. Energetická náročnost budov

Zcela zásadní z hlediska trvale udržitelné výstavby je omezení energeticky náročných staveb výstavbou energeticky úsporných, nízkoenergetických, pasivních nebo nulových domů. Investice do produktů a výrobků, které mají nižší spotřebu energie, je přínosem k ochraně životního prostředí a budoucím vynaloženým výdajům za spotřebu energie. [15]

Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující výslednou energetičnost stavby jsou:

- součinitel prostupu tepla obvodových konstrukcí
- tvar budovy
- plocha prosklených otvorů a jejich součinitel prostupu tepla
- energetická náročnost vytápění a větrání.

V souvislosti s růstem cen energií, výrobou a vývojem izolačních materiálů se součinitel prostupu tepla obvodových konstrukcí postupně snižuje. Nižší hodnotou součinitele prostupu tepla nastává větší těsnost obvodového pláště. Větší těsnost vede k potřebě nasazení nuceného větrání spolu se zpětným získáváním tepla tzv. rekuperací. Dalším velmi významným faktorem je tvar budovy. Nejvhodnějším tvarem budovy je kvádr nebo krychle bez zbytečných výstupků, vikýřů nebo jiných členitých tvarů z důvodu pozdějšího výpočtu energetické náročnosti. Pokud jsou budovy členité, jsou tím ve výpočtech znevýhodněny a dohnáním na potřebné hodnoty se musí počítat s vyššími investičními náklady. Umístováním prosklených ploch u obytných místností se snažit minimalizovat severní a západní stranu. Klíčovým faktorem je zejména volba různě efektivních systémů vytápění/větrání, které ovlivňují výslednou energetickou náročnost budovy. Ztráty větráním u běžných domů činí 20% z celkových tepelných ztrát, u nízkoenergetických budov 50% tepelných ztrát a u pasivních domů může působit až 70% všech tepelných ztrát. [15]

Průkaz energetické náročnosti budovy

Z evropské směrnice 2002/91/ES je zaváděn průkaz energetické náročnosti budovy. Každá nová budova nebo rekonstruovaná budova, jejíž podlahová plocha je větší než 1 000 m², musí tento průkaz mít. Rekonstrukcí se zde myslí zásahy do více než 25 % pláště budovy nebo změna vytápění objektu. Cílem tohoto opatření je snížení spotřeby energií a emise CO₂. [16]

Pořízení průkazu o energetické náročnosti budovy si musí všichni stavitelé a vlastníci budov k novým budovám od ledna roku 2013. Dále při prodeji, pronájmu či větší přestavbě budovy stávající. Pravidlo platí pro rodinné či bytové domy i komerční nemovitě věci. [16]

Obr. 20 – Energetický průkaz

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
[Typ budovy, místní označení] [Adresa budovy]		Hodnocení budovy		
Celková podlahová plocha: <input type="text"/> m ²		stávající	pro realizaci	dobouření
		A		
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok:		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Datum platnosti průkazu		do <input type="text"/>		
Průkaz vypracoval		[jméno a příjmení] Osvědčení č. <input type="text"/>		

Zdroj: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/prukaz-enb-povinny-od-ledna-2009/>

5.1.1. Energeticky standardní dům

Celková roční energetická náročnost domu splňující normu je 98 - 147 kWh·m⁻².

Roční potřeba energie na vytápění je do 280 kWh·m⁻².

Domy postavené zejména zděným způsobem. Standardní domy potřebují více než polovinu tepla na vytápění než u nízkoenergetického domu. Energetická náročnost vyhovující normě je třída C. Vzhledem k zpřísnujícím se normám a rostoucím cenám energií se v budoucnu tyto budovy pravděpodobně nevyhnou rekonstrukci. Náklady na vytápění ve standardních domech dosahují cca 30.000,- Kč/rok (při průměrné podlahové ploše domu 130 m²). [15]

Výhody:

- vysoká životnost
- přirozené větrání
- snadná instalace krbu
- nízké náklady pořizovací a na údržbu.

Nevýhody:

- vysoké provozní náklady

5.1.2. Energeticky úsporný dům

Celková roční energetická náročnost domu je $50 - 70 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$.

Roční spotřeba energie na vytápění je do $170 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$.

Tato kategorie není normou pevně stanovená. V této kategorii se jedná zejména o zděné novostavby, ovšem zde se již používají v nadstandartní kvalitě s lepšími tepelně-izolačními vlastnostmi. Náklady na vytápění jsou již o 30% - 40% nižší než u předchozí normou splňující kategorii, ale s neustálým růstem cen energií jsou poměrně stále velmi vysoké. V případě 40% zmíněné hodnoty je nutno nasazení nuceného větrání s rekuperací. Náklady na vytápění ve standardních domech dosahují cca 16 000,- Kč/rok (při průměrné podlahové ploše domu 130 m^2). [15]

Výhody:

- nízké pořizovací náklady
- nízké náklady na údržbu
- snadná instalace krbu
- přirozené větrání
- vysoká životnost
- akumulace zdiva.

Nevýhody:

- vysoké provozní náklady

5.1.3. Nízkoenergetický dům

Roční spotřeba tepelné energie 15 až $50 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$.

Roční spotřeba primární energie do $120 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$.

Nízkoenergetické bydlení lze dosáhnout optimalizací při volbě stavebních materiálů včetně topných technologií. V každém případě je nutno zamezit i minimálním únikům tepla z budovy, abychom nemuseli unikající teplo doplnit konvenčními zdroji. Nízkoenergetické domy používají zejména teplovzdušné systémy a sálavé vytápění. Topným zdrojem bývá

hlavně tepelné čerpadlo, kondenzační kotel nebo kombinace několika zařízení. V těchto systémech se pohybuje teplota vody obvykle mezi 35-55°C Vše musí být doplněno regulací, která dokáže upřednostnit tepelné zisky z alternativních zdrojů (tepelné čerpadlo, solární systém). Náklady na vytápění jsou již o 65% nižší než u normou splňující kategorii. Náklady na vytápění ve standardních domech dosahují cca 12 000,- Kč/rok (při průměrné podlahové ploše domu 130 m²).[15]

Výhody:

- nižší provozní náklady
- vysoký komfort bydlení
- zamezení tepelných ztrát
- ekologicky optimalizovaný způsob stavby
- malá závislost na růstu cen energií.

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady
- životnost technologií
- nucené kontinuální větrání

5.1.4. Pasivní dům

Roční spotřeba tepelné energie 5 až 15 kWh·m⁻².

Roční spotřeba primární energie do 47 kWh·m⁻².

Při stavbě pasivních domů je nutné klást důraz na kvalitu zateplení budov. Především tloušťku izolačních materiálů, kterými se zateplují obvodové stěny domu, dále na kvalitu dveří a oken. Velmi důležitá je i orientace domu ke světovým stranám, umístění oken, tvar a velikost objektu, kompaktnost a vyčlenění nevytápěných částí domu. Jelikož má pasivní dům velmi nízké tepelné ztráty, využívá především jeden tepelný zdroj na bázi řízeného větrání. Náklady na vytápění jsou již o 85% nižší, než u normou splňující kategorii. Náklady na vytápění ve standardních domech dosahují cca 5 000,- Kč/rok (při průměrné podlahové ploše domu 130 m²). [15]

Výhody:

- nižší provozní náklady
- vysoký komfort bydlení
- zamezení tepelných ztrát
- ekologicky optimalizovaný způsob stavby
- malá závislost na růstu cen energií
- skvělý poměr nákladů a užitku.

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady
- životnost technologií
- nucené kontinuální větrání
- komplikovaná realizace krbu

5.1.5. Nulový dům a dům s energetickým přebytkem

Roční spotřeba tepelné energie 0 až 5 kWh·m⁻².

Tento druh domu je zcela nezávislý na externích energetických zdrojích a není připojen na veřejnou energetickou síť. Potřebu tepla pokrývá ze 100 % jeho obyvatelé a solární systémy. Napájení topného zdroje zajišťuje fotovoltaický systém či jiný alternativní zdroj elektrické energie. Energetické zisky z fotovoltaických panelů přesahují nároky běžné spotřeby domu. Ty jsou obvykle nejen součástí střechy, ale i fasády, či zahrady domu. Stavby tohoto typu neřeší ekonomickou návratnost, hledí spíše vizionářsky, kam se budou nové technologie vyvíjet. [15]

Tab. 7 – Požadavky na roční měrnou spotřebu energie pro vytápění a součinitele prostupu tepla u obvodové stěny

Kategorie budovy	Roční měrná spotřeba tepla na vytápění [kWh·m ⁻² ·a ⁻¹]	Součinitel prostupu tepla obvodové stěny [W·m ² ·K ⁻¹]
Starší budova (postavena před rokem 1990)	150 – 300	0,4 - 0,8
Současná novostavba	80 – 140	0,3 - 0,38
Energeticky úsporný dům	50 – 70	0,18 - 0-26
Nízkoenergetický dům	≤ 50	0,13 - 0,21
Pasivní dům	≤15	0,09 - 0,15
Nulový dům	0 – 5	0,08 - 0,12
Dům s energetickým přebytkem	< 0	0,06 - 0,10

Zdroj: *Moderní dřevostavby*

5.2. Dřevostavba A

Panelová dřevostavba – difuzně otevřená konstrukce – pasivní dům

5.2.1. Popis

První měřenou budovou je rodinný pasivní dům, který se nachází v Praze Vinoři. Typ 5+kk s garáží. Jedná se o panelovou dřevostavbu s difuzně otevřenou konstrukcí. Objekt je dvoupodlažní s půdorysem ve tvaru obdélníka (6,0 x 16,0 m). Zastavěná plocha je 122 m² a užitná plocha je 137 m². Nad základovou deskou je použito pěnové sklo jako tepelná izolace o tloušťce 500 mm. Pěnové sklo zároveň působí jako drenáž, díky které nedochází k průchodu vlhkosti a chladu do konstrukce stavby. Neovlivňuje tak teplotu uvnitř budovy. Další použitou tepelnou a zvukovou izolací je Climatizer plus (foukaná celulóza). Climatizer plus je použita ve všech částech konstrukce jako je podlaha, strop, stěny, příčky, střecha. Vnitřní příčky se skládají ze sádkartonu a OSB desek pro bezproblémové upevnování jakýchkoliv předmětů. Hlavní obytná část má velkou prosklenou plochu směřovanou na jihozápad. Dřevo-hliníková okna jsou zasklená trojskly. Skla na jihozápadě mají speciální povrch pro lepší solární zisky. Okna nacházející se na severní straně se nedají otevírat. Jejich rám je zvenku překrytý izolací, pro zlepšení jejich energetických parametrů.

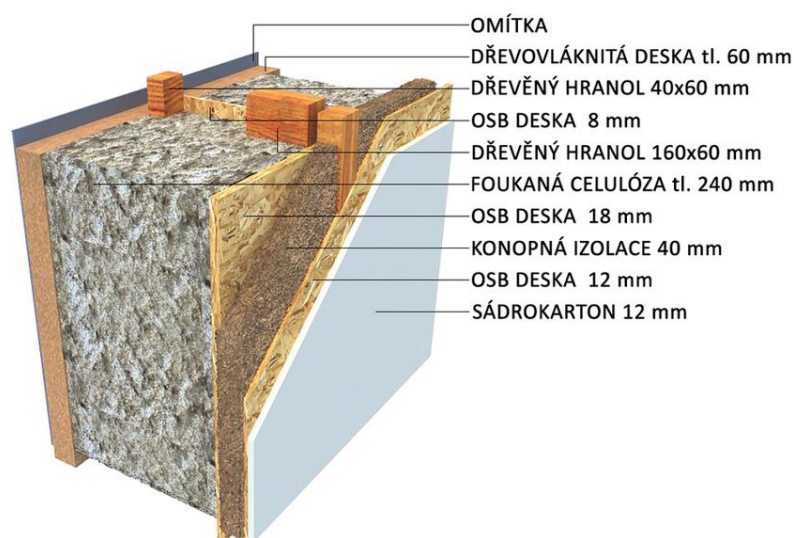
Obr. 21 – Pasivní dům, jižní strana



Zdroj: <http://www.origis.cz/ukazkova-drevostavba/fotogalerie.html>

Obvodové stěny jsou z masivních dřevěných CLT panelů. CLT je masivní panel, který se vyrábí příčným slepením jednovrstvých desek. Základní použitou dřevinou je smrk. Použitá lepidla jsou ekologická, zdravotně nezávadná a neobsahují žádný formaldehyd. Lepidlo zaručuje vzduchotěsnost panelu, bez nutnosti vkládání dodatečných těsnících fólií. Maximální rozměr panelu je 3 950 x 16 000 x 400 mm. Na základě projektu byly jednotlivé panely vyrobeny v závodě a finálně opracované byly dovezeny na stavbu. Zde se během několika dnů smontovaly a vznikla tak hrubá stavba.

Obr. 22 – Skladba CLT desky



Zdroj: <http://www.origis.cz/ukazkova-drevostavba/konstrukce-domu.html>

Dům je vytápěn tepelným čerpadlem vzduch/vzduch, který lze používat i na chlazení domu v letních měsících. Rozvody pro vytápění a větrání je rozdělené. Všechny rozvody jsou ukryté v sádrokartonovém podhledu a dá se k nim kdykoli bez problémů dostat. Použito je potrubí s vysokou akustickou schopností. Každá místnost má přívod čerstvého vzduchu, teplého vzduchu a odvod odpadního vzduchu. Úkolem rekuperační jednotky Ultima je převedení tepla odpadního vzduchu na čerstvý. S účinností 88,1% mimo jiné dokáže udržovat v domě vlhkost vzduchu. Teplou vodu ohřívá další tepelné čerpadlo vzduch/voda, které je součástí akumulární nádrže. Větrání, topení, bezpečnostní systém a osvětlení domu je řízeno počítačem, s jehož pomocí lze vše v domě ovládat a kontrolovat, a to i vzdáleně přes internet. Půdorysy, detail podlahy, včetně výpočtového programu pro měrnou potřebu tepla na vytápění a jejich výsledných hodnot jsou uvedeny v příloze 1.

Tab. 8 – Technické parametry dřevostavby A

zastavěná plocha	100,3 m ²
užitná plocha	140,6 m ²
spodní stavba	základová deska, pěnové sklo
stavební systém	panelová dřevostavba
tepelné izolace	celulóza
fasáda	dřevovláknitá deska, difuzně otevřená omítka
střešní krytina	pálená taška
okna	dřevo-hliníková, trojskla
podlahová krytina	marmoleum
vytápění	tepl vzdušné s rekuperací
Blowerdoor test	0,38 h ⁻¹
<i>Skladba obvodové stěny</i>	
difuzně otevřená omítka	5 mm
dřevovláknitá deska	60 mm
dřevěná konstrukce	Climatizer Plus - 360 mm (JZ stěna 260 mm)
OSB deska	18 mm
předstěna	Insoflex - 40 mm
OSB deska	12 mm
sádrokarton	12,5 mm
celková tloušťka stěny	507 mm
součinitel prostupu tepla	0,096 W·m ⁻² ·K ⁻¹

5.3. Dřevostavba B

Skeletová dřevostavba – difuzně uzavřená konstrukce – nízkoenergetický dům

5.3.1. Popis

Druhou měřenou budovou je rodinný nízkoenergetický dům, který se nachází v Šestajovicích (Praha východ). Typ 5+kk s garáží. Jedná se o skeletovou dřevostavbu s difuzně uzavřenou konstrukcí. Objekt je dvoupodlažní s půdorysem ve tvaru obdélníka (10,85 x 8,98 m).

Zastavěná plocha je 97,43 m² a podlahová plocha je 149,3 m². Nad základovou deskou je použit vyrovnávací podsyp Fermacell tloušťky 25 mm a tvrzený polystyren o tloušťce 2 x 60 mm sloužící jako tepelná izolace. Aby nedocházelo k průchodu vlhkosti a chladu do konstrukce stavby je použita geotextílie a hydroizolace Fatrafol tl. 1,5 mm. Pro izolaci vnitřních částí konstrukcí jako je podlaha, strop, stěny, příčky, střecha je použita sklovláknitá izolace Ursa Pureone 39. Vnitřní příčky se skládají ze sádrovláknitých fermacellových desek. Hlavní obytná část má velkou prosklenou plochu směřovanou na severovýchod. Použity jsou plastová pětikomorová okna a balkónové dveře Vekra s izolačním dvojsklem ($U_t = 1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) s venkovní i vnitřní paropropustnou fólií, celoobvodové kování s funkcí otevírání a sklápění včetně mikroventilace.

Obr. 23 – Nízkoenergetický dům, severovýchodní strana



Obvodové stěny jsou o celkové tloušťce 295mm tvořeny z KVH hranolů, tepelné izolace z pěnového polystyrenu tloušťky 100 mm, sklovláknitá izolace tloušťky 120 mm uloženu mezi nosnou konstrukcí, sádrovláknitých fermacellových desek a parozábranou. Základní použitou dřevinou je smrk. Dům je vytápěn elektrickými přímotopnými konvertory. Obsahuje nadřazený manuální termostat v obývací místnosti. Větrání se provádí dveřmi a okny bez rekuperační jednotky. Ohřev teplé vody v elektrickém bojleru. Obrázky s půdorysy této dřevostavby společně s detailem řezu základové desky a požadavky ČSN 73 0540 – 2:2011 pro tepelnou ochranu budov jsou uvedeny v příloze 2.

Obr. 24 – Skladba vnější stěny dřevostavby B



Tab. 9 – Technické parametry dřevostavby B

zastavěná plocha	97,4 m ²
užitná plocha	149,3 m ²
spodní stavba	základová deska, 2x geotextílie, hydroizolace
stavební systém	skeletová dřevostavba
tepelné izolace	EPS, XPS, sklovláknitá
fasáda	akrylátová omítka
střecha	vazníková
střešní krytina	betonové tašky
okna	plastová, dvojskla
podlahová krytina	laminátová / dlažba
vytápění	elektrické přímotopné konvertory
větrání	nucené (okny, dveřmi)
nosná konstrukce	KVH 60/120 hranoly
opláštění stěn	OSB desky, fermacellové desky
celková tloušťka obvodové stěny	295 mm
součinitel prostupu tepla	0,19 W·m ⁻² ·K ⁻¹

5.4. Dřevostavba C

Srubová dřevostavba – difúzně otevřená konstrukce – masivní dřevo

5.4.1. Popis

Třetí měřenou budovou je největší srubová konstrukce ve střední Evropě, která se nachází na Šibeničním vrchu u Mnichovic. Jedná se o multifunkční objekt (restaurace, hotelové pokoje, sportovní tělocvična), který má obdélníkový půdorys s rozměry 23 x 50 m. Zastavěná plocha je 1 150 m². Na stavbu padlo 500 m³ smrkového dřeva (obvykle na klasický srub průměrné velikosti to bývá 70 – 90 m³). Pro vytvoření obvodových zdí se použila výběrová kulatina ze zimní těžby o středovém průměru 350 mm, která je ideální z hlediska statického, tepelně-izolačního, ekonomického i z pohledu estetického. Klády dlouhé 6m tesaři upravili na výslednou délku budovy. Podélná spára mezi jednotlivými kládami je izolována 3x a je vyplněna paměťovými páskami, která svými vlastnostmi dokáže reagovat na objemovou a tvarovou změnu klád při dosedání stavby. Prostor mezi páskami je izolován pomocí nenasákavé kamenné vlny. Povrch všech klád je hoblovaný. Výška stropu je 7m, ve štítě je vysoký 10,5 m.

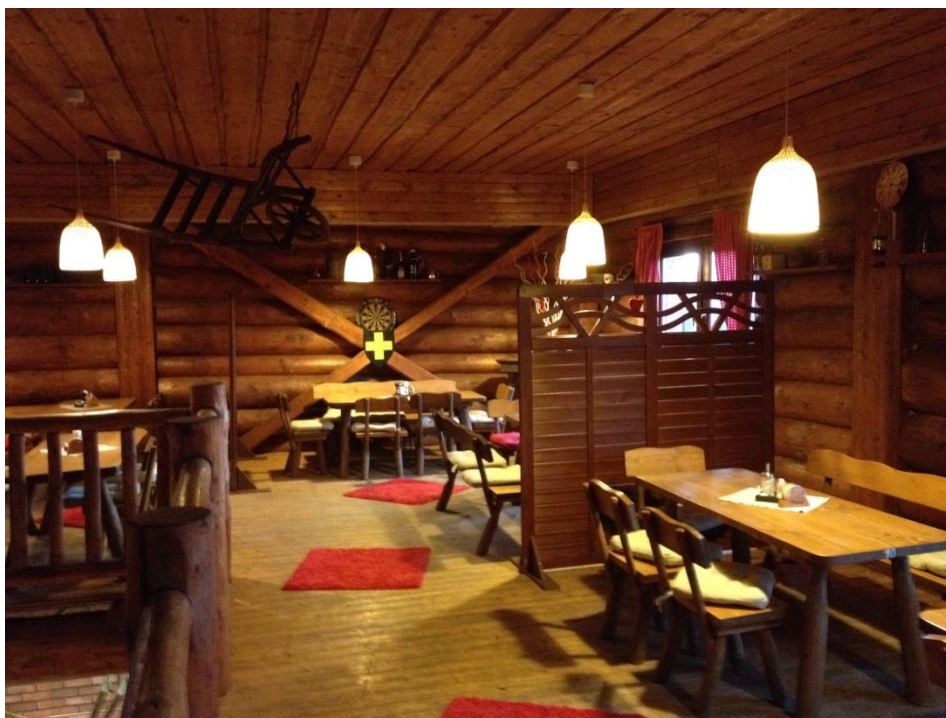
Obr. 25 – Multifunkční srubová konstrukce Šibeniční vrch



Zdroj: <http://www.moderni-sruby.cz/realizovane-sruby-a-srubove-domy.html>

Hodnota součinitele prostu tepla je $0,374 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$, což je nižší než požadovaná hodnota stanovená normou ČSN 73 0540-2 a tuto normu tedy splňuje (u venkovních plášťů stanovuje do $0,38 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$). V tomto druhu dřevostavby jsou zvoleny dva samostatné nezávislé systémy vytápění. Jako hlavní vytápěcí systém je centrální vytápění radiátory s plynovým kotlem. Větrání se provádí dveřmi a okny bez rekuperační jednotky. Ohřev teplé vody v bojleru za pomoci plynového kotle. Detail spoje u rohu obvodové konstrukce, včetně detailu umístění dveří a oken do obvodové konstrukce je uveden v příloze 3.

Obr. 26 – Interiér srubového objektu



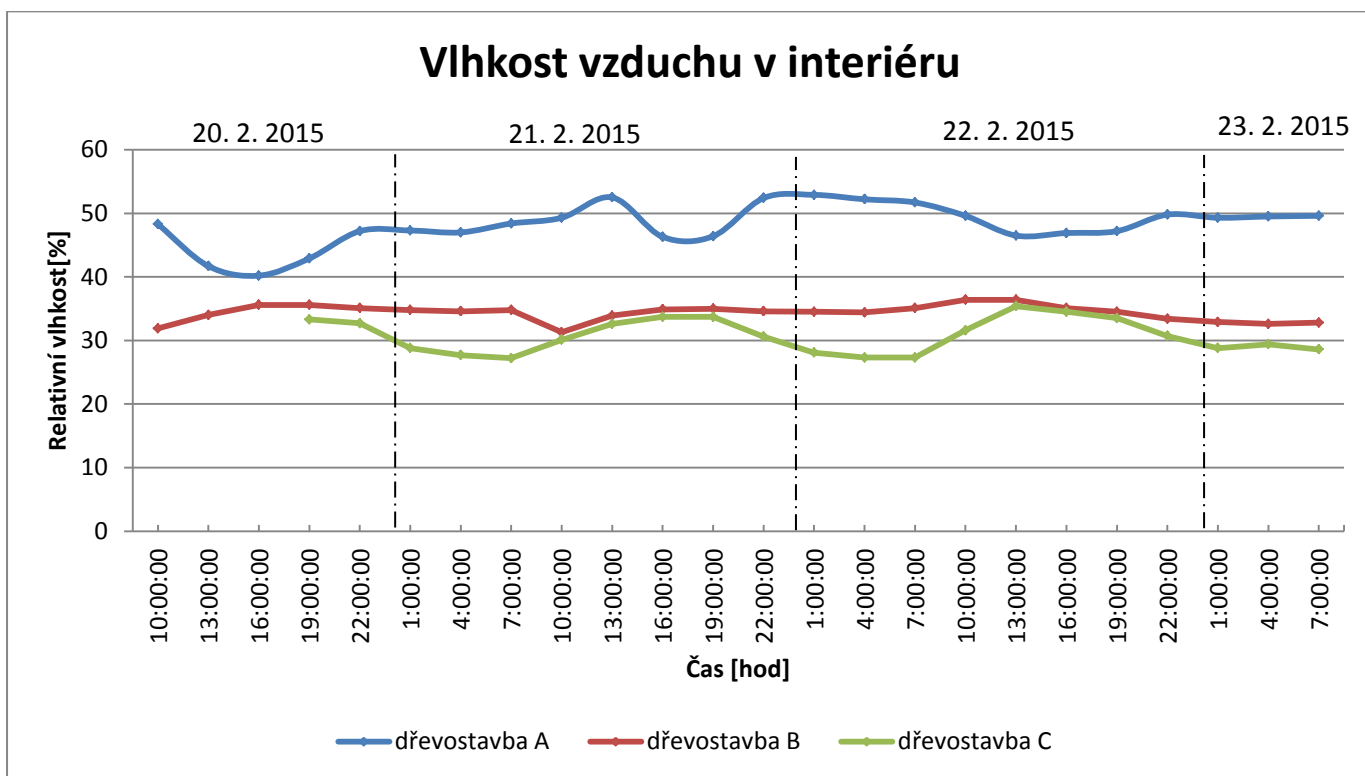
5.5. Měření dřevostaveb A, B, C

Měření teploty, relativní vlhkosti a rosného bodu proběhlo v interiéru dřevostaveb přibližně 1 metr nad podlahou v místě, kde se předpokládala konstantní teplota dne 20. 2. 2015 až 23. 2. 2015 ve Vinoři (Praha 9), Šestajovicích (Praha – východ) a Šibeničním vrchu (Mnichovice u Prahy). Použité přístroje Data Logger OMET (ZTH65) sériového čísla 0070080, 00070082 a 00070083 zaznamenávaly hodnoty každých 15 minut. Pro vyšší přehlednost jsou uvedeny do výsledných tabulek (viz příloha 5) a grafů hodnoty pouze po třech hodinách měření. Výsledné statistické hodnoty jsou již uvedeny ze všech naměřených hodnot, tedy po

15 minutách. Níže jsou uvedeny grafy porovnávající relativní vlhkost a teplotu s popsáním možných důvodů, proč byly tyto hodnoty naměřeny. Graf s porovnáním rosného bodu zaznamenaného v interiéru je uveden v příloze 4 včetně dalších tří grafů ukazující jednotlivé naměřené dřevostavby.

V prvním grafu jsou zaznamenány naměřené hodnoty pro relativní vlhkost vzduchu [%] v interiéru budovy. Hygienické normy tolerují vlhkost vzduchu v interiéru mezi 30 – 70%. Optimální vlhkost vzduchu v domácnosti je mezi 40 – 60%. Příliš vysoká vlhkost má za následek vznik plísní, zatímco příliš nízká vlhkost vzduchu má za následek vysychání sliznic. Člověk to pozná podle pálení očí, bolesti v krku nebo se mohou projevit potíže s dýcháním.

Graf č. 1 – Měřená data pro vlhkost vzduchu v interiéru budovy

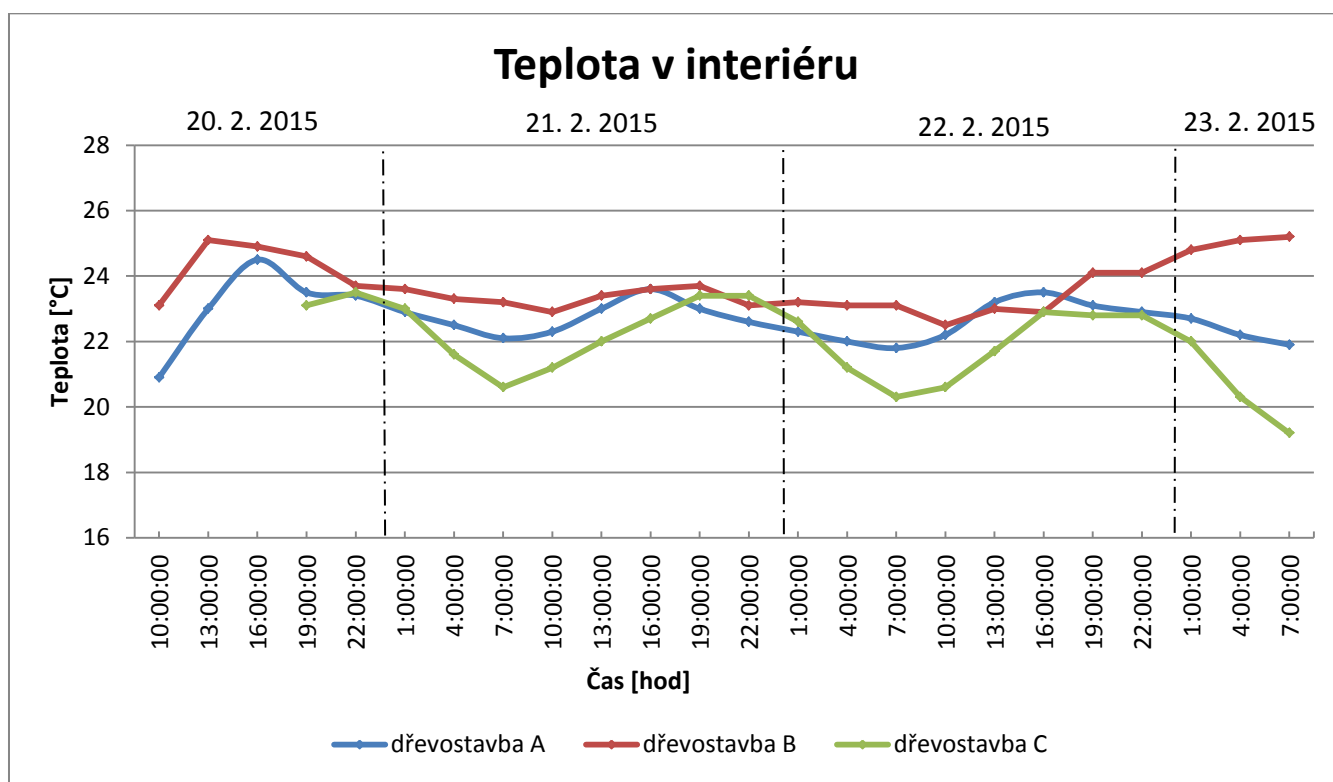


Relativní vlhkost je veličina závislá především na větrání, na zdrojích vodní páry a na činnosti obyvatel. Z naměřených hodnot vyplývá, že nejvyšší relativní vlhkost je v pasivní dřevostavbě A. Tento výsledek vznikl zejména z důvodu používání rekuperačního zařízení nastaveného na určitou hladinu způsobené lidským faktorem. Vzniklé odchylky mohou být způsobeny např. vařením, sušením prádla, otevřenými dveřmi z jiného pokoje, kde se někdo koupal, počtu vyskytujících se osob. Mezi jednotlivými dřevostavbami se relativní vlhkost liší

zejména díky různému druhu větrání a vytápění. Dále v různých parametrech oken, vstupních dveřích, použitých druzích izolací, skladbou podlahy, stářím materiálů, možnosti vnesené relativní vlhkosti jako technologická voda z mokrých procesů nebo i různým počtem vyskytujících se osob v interiéru. U dřevostavby B a C byl použit stejný druh větrání, ovšem počet vyskytujících se osob v průběhu dne byl zcela odlišný.

V druhém grafu jsou zaznamenány naměřené hodnoty pro teplotu [°C] vzduchu v interiéru budovy. Za optimální pokojovou teplotu v obývací místnosti v průběhu dne, kde pracujeme, se považuje mezi 18 – 24°C. Více o optimální teplotě je popsáno v kapitole 4.1 Tepelná pohoda prostředí.

Graf č. 2 – Měřená data pro teplotu v interiéru budovy



Teplota v interiéru je veličina závislá zejména na druhu vytápění a větrání. U teploty je nutno počítat s dalšími závislými proměnnými, ke kterým dochází během dne a to ke ztrátám tepla. Výchozím faktorem je venkovní teplota, kvůli které je nutné přizpůsobení množství vytápění a větrání uvnitř objektu. Tudíž je zde závislost na druhu a schopnosti izolace použitých tepelných izolací (odpor konstrukce při prostupu tepla, součinitel prostupu tepla) a těsnosti obvodového pláště nepropouštět teplo.

Tab. 10 – Porovnání statistických hodnot naměřených dřevostaveb

Dřevostavba	Teplota [°C]			Relativní vlhkost [%]			Rosný bod [°C]		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Aritmetický průměr	22,77	24,20	21,83	48,20	34,33	30,94	11,20	7,46	3,86
Min. hodnota	20,90	22,10	19,00	38,70	27,10	26,60	9,10	3,90	0,50
Max. hodnota	24,50	26,40	23,50	53,40	40,10	36,40	13,30	9,40	7,00
Rozdíl max. a min. hodnoty	3,60	4,30	4,50	14,70	13,00	9,80	4,20	5,50	6,50
Průměrná odchylka	0,54	0,97	1,03	2,41	1,18	2,32	0,58	0,77	1,66
Medián	22,75	23,90	22,00	48,55	34,60	31,00	11,25	7,50	4,20
Modus	22,90	23,20	22,80	49,90	35,40	33,30	11,10	7,60	5,90
Rozptyl	0,42	1,12	1,44	9,85	2,49	6,90	0,62	0,96	3,56
Směrodatná odchylka	0,65	1,06	1,20	3,14	1,58	2,63	0,79	0,98	1,89

Dalšími faktory může být i počet vyskytujících se obyvatel, které sami o sobě vydávají teplo termoregulací. Z naměřených dat vyplývá, že výsledné hodnoty u jednotlivých dřevostaveb se neliší o více než 4,5 °C a průměrná hodnota vnitřních teplot se pohybuje v optimální pokojové teplotě mezi 21 – 24 °C.

V tab. 11 a 12 jsou zaznamenány vnější a vnitřní hodnoty pro teplotu, vlhkost a teplotu rosného bodu, které byly dále využity pro provedení statistického výpočtu za pomoci Spearmanova koeficientu pořadové korelace. Pro výpočet (viz Příloha 5) byl zvolen den s nejvyšším rozdílem teplot v průběhu měřících dnů a to 21. 2. 2015. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší venkovní teplotou činil u dřevostaveb A, B 10°C a u dřevostavby C 15°C. Pro výpočet Spearmanova koeficientu pořadové korelace byly použity data z každé naměřené hodiny. Vnější hodnoty zaznamenávaly nejbližší meteorologické stanice v okolí dřevostaveb a vnitřní hodnoty byly zaznamenány přístroji Data Logger OMET (ZTH65). U měřených dřevostaveb A, B byla prokázána korelace exteriérových naměřených teplot v závislosti na teplotách naměřených v interiéru. Velmi vysoká prokázaná závislost byla nalezena pro dřevostavbu A, která mohla být způsobena především úspornými opatřeními nastavené počítačovou jednotkou pro co největší přizpůsobení vnitřní tepelné pohody prostředí.

U dřevostavby C nebyla nalezena prokazatelná závislost mezi vnější a vnitřní teplotou. Možným důvodem bylo nastavení centrálního vytápění v průběhu celého dne. Stejným způsobem byla vypočítána i vlhkost. V tomto případě však výsledky vyšly zcela opačně. U dřevostavby A, B nebyla nalezena prokazatelná závislost, kdežto u dřevostavby C prokazatelná závislost nalezena byla. Důvodem pro nalezení závislosti může být vyšší nadmořská výška, ve které se dřevostavba C nachází a s tím spojený způsob nuceného větrání, či teplota rosného bodu. Důvodem pro nenalezení závislosti vnitřní relativní vlhkosti na vnější u dřevostavby A mohl být způsoben rekuperační jednotkou, která je nastavena na určitou hladinu. Důvodem pro nenalezení závislosti dřevostavby B mohl být způsoben nedostatkem větrání v průběhu celého dne z důvodu nezabydlení stavby.

Tab. 11 – Zaznamenané vnější a vnitřní hodnoty pro teplotu

Stanice	Datum	Max. teplota [°C]			Min. teplota [°C]		
		Exteriér	Interiér A	Interiér B	Exteriér	Interiér A	Interiér B
Praha 9, Prosek 250 m n. m.	20. 2. 2015	9.5	24,5	22,1	0.8	20,9	25,2
	21. 2. 2015	8.7	23,8	22,7	-1.3	21,9	23,9
	22. 2. 2015	4.3	23,6	22,5	1.2	21,7	24,6
	23. 2. 2015	7.2	22,8	24,7	-0.4	21,8	26,4
Stanice	Datum	Exteriér	Interiér C		Exteriér	Interiér C	
Mnichovice 353 m n. m.	20. 2. 2015	1.9	23,5		-3.2	22,4	
	21. 2. 2015	10.0	23,5		-5.0	20,4	
	22. 2. 2015	4.6	23,2		-3.6	20	
	23. 2. 2015	7.2	22,5		-4.3	19	

Tab. 12 – Zaznamenané vnější a vnitřní hodnoty pro relativní vlhkost a rosný bod

Stanice	Datum	Max. rosný bod [°C]			Max. vlhkost [%]		
		Exteriér	Interiér A	Interiér B	Exteriér	Interiér A	Interiér B
Praha 9, Prosek 250 m n. m.	20. 2. 2015	3	11,5	8,8	90	48,3	40,1
	21. 2. 2015	2,1	13,3	7,7	88	53,4	35,9
	22. 2. 2015	3,8	12,7	7,9	88	53	37,2
	23. 2. 2015	3,9	11,8	8,8	92	50	35,8
Stanice	Datum	Exteriér	Interiér C		Exteriér	Interiér C	
Mnichovice 353 m n. m.	20. 2. 2015	-0,7	6,3		87	33,3	
	21. 2. 2015	-0,2	7		90	35,4	
	22. 2. 2015	0,4	6,4		91	36,4	
	23. 2. 2015	2,9	6,3		95	36,3	

6. Ekonomické zhodnocení

Tato kapitola se bude zabývat ekonomickým zhodnocením jednotlivých energetických standardů, do kterých lze zařadit i předchozí měřené dřevostavby. Při zavedení určitých zateplovacích opatření lze dosáhnout kladného nebo záporného ekonomického efektu. Výsledek zde bude uveden pomocí šetření ekonomické návratnosti za předpokladu zachování nynějších cen za energie a při předpokládaném 3 % ročním navyšování cen energií. Dále v této kapitole bude uveden program Nová zelená úsporám, který napomáhá formou dotace pro ušetření pořizovacích nákladů na dosažení vyššího energetického standardu. Nakonec zde budou uvedeny výsledky marketingového průzkumu vypovídající zájem dotazovaných respondentů o dřevostavby oproti zděným stavbám.

6.1. Ekonomická návratnost

Z hlediska vyváženosti všech aspektů architektury je domy vhodné zkombinovat s rozumným až nadstandardním vybavením. Aby bylo možné jednotlivé kategorie zařadit, je definován jako výchozí bod dům v základním standardu, který vyhovuje normovým požadavkům, s užitnou plochou 120 m² s rozpočtem na klíč 2 600 000 Kč. Pro investování do tepelné obálky budovy je třeba investora, který poskytne navyšující částku 400 000 Kč, kterou investuje do fasády, povrchových úprav, interiéru, zařizovacích předmětů a na dosažení lepších parametrů, díky kterým se dostane do vyšší kategorie energeticky úsporného domu. Pokud se z tohoto navýšení použije 100 000 Kč do zlepšení parametrů energetické náročnosti, výrazně se tím zlepší tepelně-technické vlastnosti budovy. Dosažitelná úspora na vytápění se dá očekávat cca 40%. [15]

Tab. 13 – Kalkulace nákladů pro normě odpovídající dům

NOD (normě odpovídající dům)							Úspora oproti NOD za 20 let	Úspora oproti předcházejí cí kategorii za 20 let
<ul style="list-style-type: none"> • Základní cena 2 900 000 Kč, 120 m² UP • Roční spotřeba energie na vytápění 40 000 Kč 								
<i>Energie bez navýšení</i>							0 Kč	0 Kč
Tisíce Kč	40	80	200	400	600	800		
Roky	1	2	5	10	15	20		
Cena energie pro jednotlivé roky	40	40	40	40	40	40		
<i>Průměrný roční růst energií o 3%</i>							0 Kč	0 Kč
Tisíce Kč	40	81	212	459	744	1074		
Roky	1	2	5	10	15	20		
Cena energie pro jednotlivé roky	40	41	45	52	61	70		

Tab. 14 – Kalkulace nákladů pro energeticky úsporný dům

EUD (energeticky úsporný dům)							Úspora oproti NOD za 20 let	Úspora oproti předcházejí cí kategorii za 20 let
<ul style="list-style-type: none"> • Základní cena 2 900 000 Kč + 100 000 Kč = 3 000 000 Kč • Roční spotřeba energie na vytápění 25 000 Kč 								
<i>Energie bez navýšení</i>							200 000 Kč	200 000 Kč
Tisíce Kč	125	150	225	350	475	600		
Roky	1	2	5	10	15	20		
Cena energie pro jednotlivé roky	25	25	25	25	25	25		
<i>Průměrný roční růst energií o 3%</i>							302 241 Kč	302 241 Kč
Tisíce Kč	125	151	232	387	565	772		
Roky	1	2	5	10	15	20		
Cena energie pro jednotlivé roky	25	26	28	33	38	44		

Pro zvýšení energetického standardu na nízkoenergetický dům je potřeba ve všech oblastech další pořizovací náklady zejména navýšení tepelných izolací (50 000 Kč), nucené větrání s rekuperací (80 000 Kč) a kvalitnější okna (50 000 Kč). Dále je třeba přičíst náklady na preciznější utěsnění domu včetně zkoušky neprůvzdušnosti a projektovou dokumentaci (70 000 Kč). Pro správnost celkových nákladů je třeba odečíst 25% z jednorázového posunu energetického standardu objektu, neboť v každém navýšení je uvedena i práce. Dosažitelná úspora na energiích se dá očekávat cca 65% oproti dnes běžného normového standardu. [15]

Tab. 15 – Kalkulace nákladů pro nízkoenergetický dům

NED (nízkoenergetický dům)							Úspora oproti NOD za 20 let	Úspora oproti předcházejí cí kategorii za 20 let
<ul style="list-style-type: none"> Základní cena 2 900 000 Kč + (100 000 Kč × 0,75) + 250 000 Kč = 3 225 000 Kč Roční spotřeba energie na vytápění 15 000 Kč 								
Energie bez navýšení								
Tisíce Kč	340	355	400	475	550	625	175 000 Kč	-25 000 Kč
Roky	1	2	5	10	15	20		
Cena energie pro jednotlivé roky	15	15	15	15	15	15		
Průměrný roční růst energií o 3%								
Tisíce Kč	340	355	405	497	604	728	345 944 Kč	43 704 Kč
Roky	1	2	5	10	15	20		
Cena energie pro jednotlivé roky	15	15	17	20	23	26		

Pro zvýšení energetického standardu na pasivní dům je potřeba dalšího snížení součinitele prostupu tepla obvodových konstrukcí (50 000 Kč) a kvalitnějších oken (50 000 Kč). Systém rekuperace s vysokou účinností a fototermický solární systém na přehřev teplé vody (300 000 Kč), ale s odečtením základní rekuperace a tepelné soustavy (230 000 Kč). V úvahu se bere také dostatečná rezerva včetně náročnější technické dokumentace, koordinace a kontroly během realizace objektu (100 000 Kč). Pro správnost celkových nákladů je třeba znovu odečíst 25% z jednorázového posunu energetického standardu objektu, neboť v každém navýšení je uvedena i cena za práci. Dosažitelná úspora na energiích se dá očekávat cca 90% oproti dnes běžného normového standardu. [15]

Tab. 16 – Kalkulace nákladů pro pasivní dům

PD (Pasivní dům)							Úspora oproti NOD za 20 let	Úspora oproti předcházejí cí kategorii za 20 let
<ul style="list-style-type: none"> Základní cena 2 900 000 Kč + [(100 000 Kč + 250 000 Kč) × 0,75] + 270 000 Kč = 3 430 000 Kč Roční spotřeba energie na vytápění 5 000 Kč 								
Energie bez navýšení								
Tisíce Kč	535	540	555	580	605	630	170 000 Kč	-5 000 Kč
Roky	1	2	5	10	15	20		
Cena energie pro jednotlivé roky	5	5	5	5	5	5		
Průměrný roční růst energií o 3%								
Tisíce Kč	535	540	557	587	623	664	409 648 Kč	63 704 Kč
Roky	1	2	5	10	15	20		
Cena energie pro jednotlivé roky	5	5	6	7	8	9		

Tab. 17 – Závěr ekonomického efektu z pohledu ekonomické návratnosti

Charakteristika	Normou odpovídající dům (NOD)	Energeticky úsporný dům (EUD)	Nízkoenergetický dům (NED)	Pasivní dům (PD)
Vstupní investice	0 Kč	100 000 Kč	325 000 Kč	530 000 Kč
Návratnost - meziroční nárůst energií o 0%	-	7 let	13 let	16 let
Návratnost - meziroční nárůst energií o 3%	-	7 let	12 let	13 let
Návratnost - meziroční nárůst energií o 8%	-	6 let	10 let	11 let
Úspora na energiích za 20 let oproti NOD - meziroční nárůst energií o 0%	0 Kč	200 000 Kč	175 000 Kč	170 000 Kč
Úspora na energiích za 20 let oproti NOD - meziroční nárůst energií o 3%	0 Kč	302 241 Kč	345 944 Kč	409 648 Kč
Úspora oproti předcházející kategorii za 20 let - meziroční nárůst energií o 0%	0 Kč	200 000 Kč	-25 000 Kč	-5 000 Kč
Úspora oproti předcházející kategorii za 20 let - meziroční nárůst energií o 3%	0 Kč	302 241 Kč	43 704 Kč	63 704 Kč
Úspora oproti předcházející kategorii za 20 let - meziroční nárůst energií o 8%	0 Kč	586 429 Kč	232 620 Kč	252 620 Kč

Tento ekonomický efekt je přibližný se stabilním meziročním nárůstem cen energií o 3%. Při pohledu na výslednou tabulku č. 15 je zřejmé, že dnes je již nerozumné stavět ve standardu normově odpovídajícím. Ostatní druhy standardů jsou již zcela na subjektivním názoru každého investora. V tomto hodnocení se nezapočítávaly pozitivní vlivy vyššího komfortu a výrazně zdravějšího bydlení v nízkoenergetických a pasivních domech. Dále lze konstatovat, že pro většinu stavebníků je nízkoenergetická kategorie dosažitelná a dále, že rentabilita investice do pasivního domu vzhledem k nízkoenergetickému domu je závislá především na vývoji cen energií v tom smyslu, že čím více bude vzrůstat cena energií, tím lepší investicí bude pasivní dům. K snadnějšímu dosažení vyšších standardů lze docílit i poskytnutím různých druhů státních dotací. [15]

6.2. Program Nová zelená úsporám

Tento program Ministerstva životního prostředí administrovaný Státním fondem životního prostředí ČR byl představen 27. listopadu 2012. Program je zaměřen na efektivní využití a úsporu energie při rekonstrukcích i u novostaveb v pasivním energetickém standardu. Cílem programu je přispět ke snížení energetické náročnosti budov a podporu výstavby s velmi nízkou energetickou náročností. Finanční podpora bude z 70% směřovat k majitelům rodinných domů (55% rekonstrukce, 15% novostavby). Zbývajících 30% budou představovat veřejné budovy. Žadatelé o podporu mohou být vlastníci rodinných i bytových domů a to jak fyzické osoby, tak i osoby právnické. [17]



Přínosy programu:

- úspora provozních nákladů na vytápění pro žadatele
- zvýšení kvality života žadatelů
- podpoření lokální ekonomiky (zvýšení HDP státu, zaměstnanosti)
- snížení energetické závislosti státu a emise skleníkových plynů
- zpřístupnění financování pro všechny zájemce se schváleným projektem.

Oblast podpory na snížení energetické náročnosti objektů k bydlení je na projektovou přípravu (zpracování projektové dokumentace, energetického posudku a průkazu energetické náročnosti budovy), včetně komplexních opatření ke zlepšení tepelných vlastností obálky budovy (izolace obvodových stěn, výměny oken, izolace střech a stropů, izolace nevytápěných prostor apod.), dále pak instalace řízeného větrání s rekuperací tepla, instalace nového efektivního zdroje vytápění, instalace solárních termických kolektorů. O podporu lze žádat jak před realizací opatření tak po ní a uznány budou náklady na opatření realizované po 1. lednu 2013. Žádosti o podporu jsou přijímány pouze elektronicky na základě časově omezených výzev. Program poběží v letech 2013 – 2020. [18]

Stanovenou výši podpory budou tvořit jednotlivé hladiny, které jsou určeny hraničními hodnotami průměrného součinitele prostupu tepla a měrné roční potřeby tepla na vytápění. Jedná se o prokazující výpočty, které se díky realizovaným úpravám sníží měrná potřeba tepla na vytápění v průměru o 40 - 60%. Dotace může být přiznána do maximální podlahové plochy domu 350 m². Dokladem pro dosažení těchto parametrů bude sloužit energetický posudek a průkaz energetické náročnosti budovy pro nový stav. [18]

Základní členění programu:

- A. *Snižování energetické náročnosti stávajících rodinných domů*
 - A. 1. Hladina 1 (míra podpory 30 % ze způsobilých výdajů)
 - A. 2. Hladina 2 (míra podpory 40 % ze způsobilých výdajů)
 - A. 3. Hladina 3 (míra podpory 55 % ze způsobilých výdajů)
 - A. 4. Zpracování odborného posudku
 - A. 5. Zajištění odborného technického dozoru stavebníka

- B. *Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností*
 - B. 1. Hladina 1 (výše podpory 400 000 Kč)
 - B. 2. Hladina 2 (výše podpory 550 000 Kč)
 - B. 3. Zpracování odborného posudku a zajištění měření průvzdušnosti obálky budovy

- C. *Efektivní využití zdrojů energie*
 - C. 1. Výměna zdrojů tepla na tuhá a kapalná fosilní paliva za efektivní, ekologicky šetrné zdroje (při současné realizaci opatření z oblasti podpory A)
 - C. 2. Výměna zdrojů tepla na tuhá a kapalná fosilní paliva za efektivní, ekologicky šetrné zdroje (bez současné realizace opatření z oblasti podpory A)
 - C. 3. Instalace solárních termických systémů
 - C. 4. Instalace systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla
 - C. 5. Zpracování odborného posudku [17]

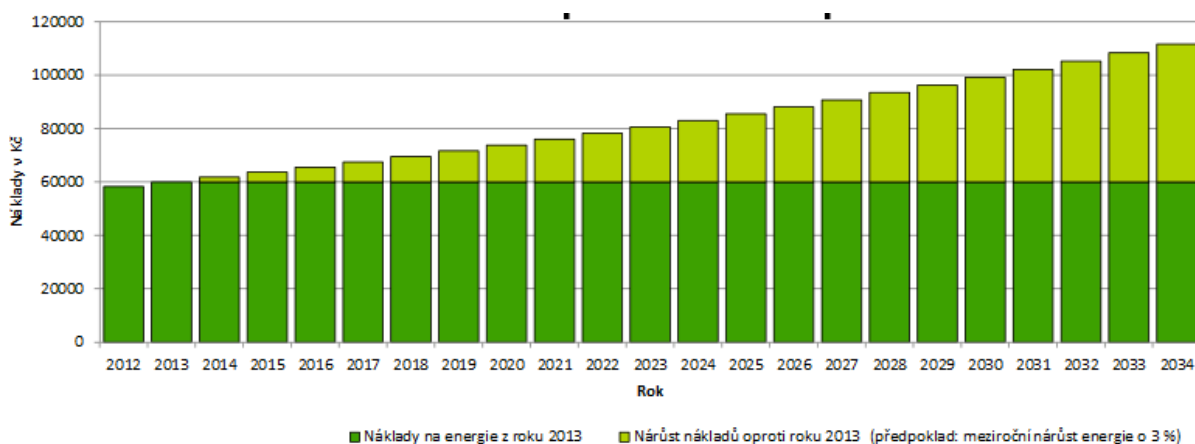
Formy podpor pro objekty k bydlení:

- *Zvýhodněný úvěr* – v případě nedostatku vlastních prostředků mohou žadatelé získat výhodné bankovní úvěry s nízkou úrokovou sazbou zajištěné prostřednictvím bezplatných záruk, které poskytne stát.
- *Přímá dotace* – pevná dotace na m² každého jednotlivého provedeného opatření na zateplení dle dosaženého stupně energetické náročnosti budovy.
- *Bonus* – dotace na zpracování projektové dokumentace a průkazu energetické náročnosti budovy nebo kombinace celkového zateplení s instalací ekologického zdroje vytápění. [17]

Modelový příklad úspor energie na vytápění

Stejně jako v zjednodušené finanční analýze se v tomto modelovém příkladu uvažuje meziroční růst nákladů o 3% na vytápění počínaje rokem 2014 do roku 2034. Graf č. 3 znázorňuje rostoucí náklady v případě domu bez realizace vnějšího zateplení.

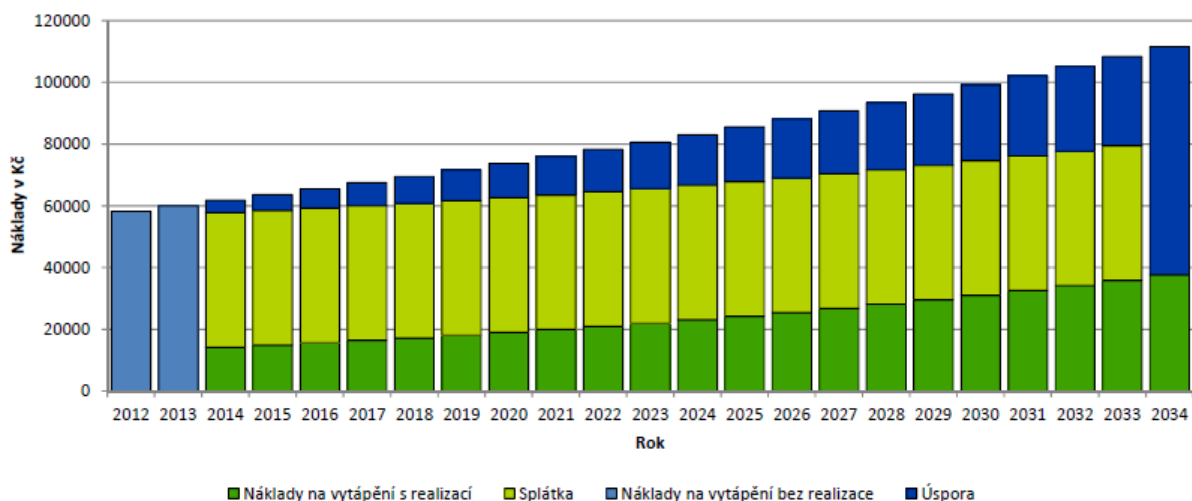
Graf č. 3 – Náklady na energii na vytápění bez realizace zateplení



Zdroj: <http://www.mzp.cz>

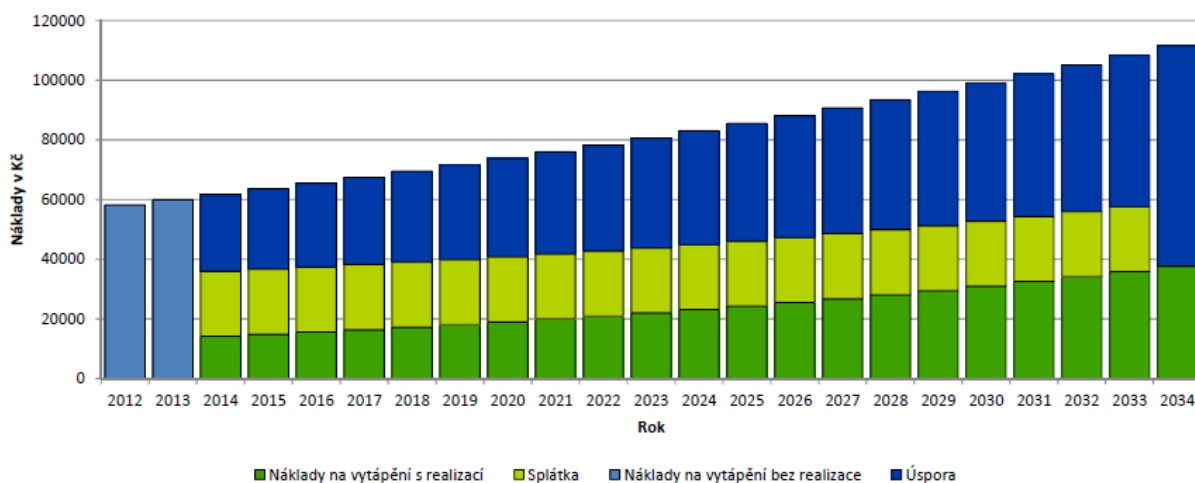
Zbylé dva grafy znázorňují rozdíly ve výši úspor nákladů na vytápění při stejné počáteční investici do komplexního zateplení bez čerpání dotace (graf č. 4) a s dotací ve výši 50 % (graf č. 5).

Graf č. 4 – Úspory nákladů na vytápění bez dotace



Zdroj: <http://www.mzp.cz>

Graf č. 5 – Úspory nákladů na vytápění s dotací 50 %



Zdroj: <http://www.mzp.cz>

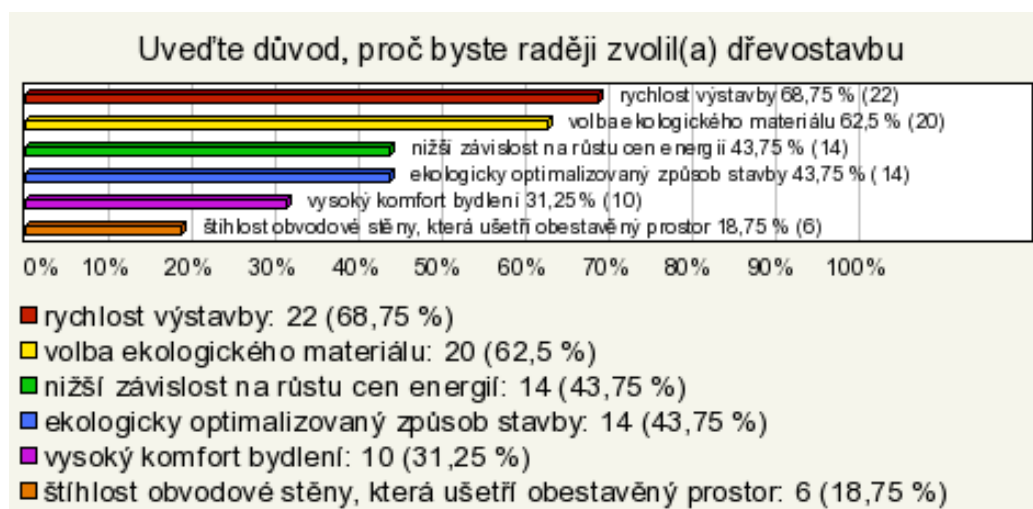
6.3. Marketingový průzkum

Marketingový výzkum byl vytvořen za pomoci dotazníku o celkově 19 otázkách, který měl především zjistit, kolik procent respondentů upřednostňuje výstavbu dřevostaveb oproti zděným konstrukcím rodinných domů. Současný stav výstavby dřevostaveb v ČR se pohybuje kolem 8%, přičemž několik let nazpátek byl stav kolem 4%. Ze 107 dotazovaných respondentů všech věkových kategorií odpovědělo ve prospěch výstavby dřevostaveb 31,78%. Tento výsledek jen potvrzuje zvyšující se zájem po těchto stavbách.

Z těchto 31,78% respondentů, kteří by volili výstavbu dřevostavby, odpovědělo nejčastěji na následující otázky takto:

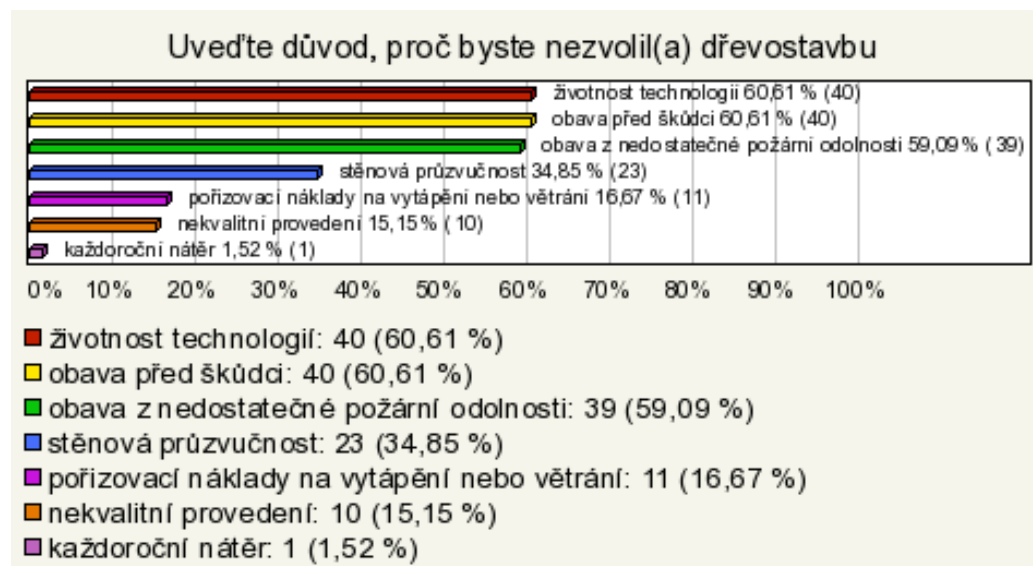
- Přízemní bungalovy (55,9%) na mírně svažitém terénu (55,9%) „L-kového“ půdorysu (26,5%), který by se pohyboval v ceně od 2-3 milionu (38,2%).
- Dřevostavba by měla být dle respondentů nízkoenergetická (47,1%) vytápěná pomocí tepelného čerpadla (35,3%) s přirozeným větráním okny a dveřmi (50%).
- U rozhodování dle typu dřevostaveb, ať už lehkých nebo masivních byl výsledek nerozhodný. Pokud se jednalo o lehké dřevostavby, nejvíce respondentů volilo montované (29,4%). U masivních dřevostaveb to byly sruby (35,3%).
- Hlavními důvody, proč by respondenti volili dřevostavbu, je rychlost výstavby, volba ekologického materiálu a nižší závislost na cenách energií.

Graf č. 6 – Dotazování na zvolení dřevostavby



Zbylí respondenti byli dotazováni, proč volí raději zděný rodinný dům a na důvod nezvolení dřevostavby. Nejčastější odpovědí pro zvolení zděného rodinného domu byla životnost (72%) a volba tradičního materiálu (45,3%). Pro důvod nezvolení dřevostavby odpověděli nejčastěji životnost technologií, obava před škůdci a obava z nedostatečné požární odolnosti.

Graf č. 7 – Dotazování na nezvolení dřevostavby



Uvedené výsledky marketingového průzkumu mohou pomoci různým podnikům, které se zabývají nebo napomáhají se stavbou rodinných domů na bázi dřeva. Uvedené hlavní důvody proč respondenti nevolili dřevostavby, jsou již překonány a mohou vést z nevědomosti nebo stereotypního jednání. Kompletní výsledky, včetně grafů jsou uvedeny v příloze 6.

7. Závěr

Tato diplomová práce měla za cíl obecné seznámení s tepelně-technickými vlastnostmi jednotlivých druhů dřevostaveb s následným zařazením podle předpokládané spotřeby energie. Úvodní část práce byla věnována jednotlivým druhům dřevostaveb a definování základních pojmů, které se týkají problematiky tepelných vlastností dřevostaveb.

Následující část se zabývala výpočtem a pojmy týkající se tepelné bilance budovy s následným popsáním jednotlivých druhů staveb podle energetické náročnosti. Konkrétní aplikace tepelně-technických vlastností, včetně popisu použitých technologií a jejich technických parametrů byly demonstrovány na třech podrobně sledovaných dřevostavbách. Na pasivní montované difúzně otevřenou konstrukci, nízkoenergetické skeletové difúzně uzavřenou konstrukci a na normou splňující masivní srubové konstrukci. Tyto dřevostavby byly zvoleny záměrně, neboť u každé z nich byla použita jiná technologie zateplení, vytápění a způsobu větrání.

V závěrečné části práce byl shrnut ekonomický efekt, který určoval především finanční návratnost vydaných investic do zateplování obálky budovy z pohledu energetické náročnosti. Díky státní dotaci formou programu Nová zelená úsporám, který lze na novostavbu, případně u rekonstrukce zateplení budovy uplatnit, se stává realizace snížení nákladů na vytápění daleko dostupnější. Dále zde byla použita metoda marketingového průzkumu za pomoci dotazníku, jehož cílem bylo zjistit od dotazovaných respondentů názor o výstavbě dřevostaveb oproti zděným konstrukcím rodinných domů.

Po zvážení všech technických, užitkových i finančních aspektů, je třeba se rozhodnout, zda stavět dům energeticky úsporný, nízkoenergetický, či pasivní. Mnoho z nás by dnes chtělo bydlet v nízkoenergetickém nebo dokonce pasivním domě. Kromě nesporného ekologického přínosu v podobě úspor energií nám dům šetří mnoho peněz i při svém provozu a poskytuje vysoký standard bydlení. Nutno zvážit, jaké celkové finanční náklady jsme ochotni investovat na dosažení námi vybrané energetické kategorie. Důležité je ovšem ustání prvotní investice. Investice do energetické úspornosti stavby je vysoce efektivní s ohledem na časovou návratnost v závislosti na vybraném energetickém standardu a způsobu financování. Tato ekonomická návratnost bývá kolem 15 let. Každá energetická kategorie je úplně jiným domem. Rozdíly jsou především ve způsobu vytápění a větrání, v izolačních schopnostech obvodových konstrukcí a oknech, dále pak v použitých skladbách a druzích materiálů.

8. Seznam použité literatury

- [1] RŮŽIČKA, Martin. *Stavíme dům ze dřeva*. 1. vydání. Praha: GRADA, 2006. 120 s. ISBN 80-247-1461-2.
- [2] *Dřevo stavební materiál 21. století* [online]. [Cit. 22-2-2015]. Publikováno 2011. Dostupné z <<http://drevostavebniportal-popularizace.msdk.cz/zajimavosti-ze-sveta-dreva/drevo-stavebni-material-21-stoleti/>>.
- [3] *Dřevostavba* [online]. Publikováno 2011. Dostupné z <<http://drevenastavba.cz/>>.
- [4] GRYGERA, Filip. *Druhy dřevostaveb. V čem se liší 5 typů konstrukcí* [online]. Publikováno 5. 3. 2009. Dostupné z <http://bydleni.idnes.cz/druhy-drevostaveb-v-cem-se-lisi-pet-typu-konstrukci-fyk-/stavba.aspx?c=A090225_123632_stavba_web/>.
- [5] *Difúzně uzavřený konstrukční systém* [online]. Publikováno 5. 3. 2009. Dostupné z <<http://www.drevostavitel.cz/clanek/difuzne-uzavrena-drevostavba>>.
- [6] Prospekt Insowool. *Technologie INSOWOOL pro zdravou dřevostavbu* [online]. [Cit. 22-2-2015]. Dostupné z <<http://www.insowool.cz>>.
- [7] ŠUBRT, Roman. *Zateplování*. 1. vydání. Brno: ERA, 2008. 102 s. ISBN 978-80-7366-138-0
- [8] *Tepelné a akustické vlastnosti stavebních materiálů* [online]. Publikováno 2. 3. 2010. ČVUT Praha. Dostupné z <http://tpm.fsv.cvut.cz/student/documents/files/IZMA/prednaskaIII_IZMA.pdf>.
- [9] HALAHYJA, Martin et.al. *Stavební tepelná technika, akustika a osvetlenie*. 1. vydání. Bratislava: ALFA, 1985. 748 s.
- [10] ŠUBRT, Roman. *Tepelné izolace domů a bytů*. 1. vydání. Praha: GRADA, 1998. 88 s. ISBN 80-7169-566-1.
- [11] DAŇKOVÁ, Dalmatika Dana, HEJHÁLEK, Jiří. *Tepelné izolace* [online]. Publikováno 24. 2. 2009 Dostupné z <<http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelne-izolace-prehled-materialy-druhy-zpusoby-po/>>.

- [12] KULHÁNEK, František. *Stavební fyzika II, Stavební tepelná technika*. 5. opravené vydání. Praha: Nakladatelství ČVUT, Praha, 2011. 157 s. ISBN 987-80-01-04957-0.
- [13] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické budovy 2*. 1. vydání. Praha: Grada 2008. 193 s. ISBN 9788024720616
- [14] DOČKAL, Tomáš. *Woodsystem, měření termokamerou* [online]. Publikováno 2015. Dostupné z <<http://www.woodsystem.cz/drevostavby-termovizni-mereni>>.
- [15] ZAHRADNÍČEK, Václav, HORÁK, Pavel. *Moderní dřevostavby*. 1. vydání. Brno: ERA, 2007. 155 s. ISBN 978-80-7366-109-0
- [16] *Průkaz energetické náročnosti budovy* [online]. Publikováno 2011 Dostupné z <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/prukaz-energeticke-narocnosti-budovy>>.
- [17] *Nová zelená úsporám* [online]. Publikováno 2015. Dostupné z <<http://www.novazelenausporam.cz/>>.
- [18] *Nová zelená úsporám v kostce* [online]. Publikováno 2013. Dostupné z <<http://www.dru hazelena.cz/dotace-krok-za-krokem.php>>.

9. Seznam veličin a zkratek

A	plocha	m^2
a	součinitel teplotní vodivosti	$m^2 \cdot s^{-2}$
α	teplotní součinitel délkové roztažnosti	K^{-1}
b	tepelná jímavost	$W^2 \cdot s \cdot m^{-4} \cdot K^{-2}$
β	součinitel teplotní objemové roztažnosti	K^{-1}
c	měrná tepelná kapacita	$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$
d	tloušťka materiálu	m
δ_n	součinitel difuze vodní páry	s
E	teplo	J
$grad \theta$	gradient teploty	$K \cdot m^{-1}$
ϕ	relativní vlhkost	$\%$
θ_c	návrhová venkovní teplota v zimním období	$^{\circ}C$
θ_v	výsledná teplota místnosti na počátku chladnutí místnosti	$^{\circ}C$
$\theta_v(t)$	výsledná teplota místnosti proměnná v průběhu chladnutí	$^{\circ}C$
$\theta_{ai}(t)$	teplota vnitřního vzduchu v době chladnutí	$^{\circ}C$
$\Delta\theta_v(t)$	je výsledná teplota místnosti proměnná v průběhu chladnutí	$^{\circ}C$
$\Delta\theta_{v,N}(t)$	normovaná hodnota poklesu výsledné teploty v místnosti	$^{\circ}C$
λ	součinitel tepelné vodivosti	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
l_l	délka materiálu	m
Δl	délková roztažnost	m
m	hmotnost	kg
μ	faktor difúzního odporu	$\%$
η	stupeň využití tepelných zisků	$^{\circ}C$
Q_h	potřeba tepla na vytápění	kWh
Q_j	celková tepelná ztráta budovy (vytápěného prostoru)	kWh
Q_s	solární zisky	kWh
Q_i	vnitřní tepelné zisky	kWh
\vec{q}	vektor hustoty ustáleného tepelného toku	$W \cdot m^{-2}$
ρ	objemová hmotnost	$kg \cdot m^{-3}$
	roční měrná spotřeba tepla na vytápění	$kWh \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$
R	tepelný odpor	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R_T	odpor konstrukce při prostupu tepla	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$

R_{si}	odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
R_{se}	odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$
U_T	součinitel prostupu tepla	$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$
σ	pevnost v tlaku	MPa
t_M	tepelná pohoda	$^{\circ}C$
t_i	teplota vzduchu v interiéru	$^{\circ}C$
t_p	průměrná teplota všech povrchů místnosti	$^{\circ}C$
Δt	rozdíl počáteční a koncové teploty	$^{\circ}C$
V_{LV}	objemový tok vzduchu proudícího do místnosti	$m^3 \cdot s^{-1}$
DOK	difúzně uzavřená konstrukce	
DUK	difúzně otevřená konstrukce	
ENB	energetická náročnost budov	
EPS	pěnový polystyren	
EUD	energeticky úsporný dům	
KVH	zkratka německého slova „Konstruktionsvollholz“	
NED	nízkoenergetický dům	
NOD	normou odpovídající dům	
OSB	zkratka anglického slova „Oriented strand board“ – dřevotřísková deska	
PENB	průkaz energetické náročnosti budovy	
PD	pasivní dům	
PUR	polyuretan	
RD	rodinný dům	
XPS	extrudovaný polystyren	

10. Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obr. 1 – Výhled na polární záři

Obr. 2 – Skeletový systém dřevostavby

Obr. 3 – Montovaný systém ze sendvičových panelů

Obr. 4 – Sloupková konstrukce z fošen

Obr. 5 – Panelová konstrukce z masivu

Obr. 6 – Srub

Obr. 7 – Roubenka

Obr. 8 – Skladba difúzně uzavřené konstrukce střechy

Obr. 9 – Difúzně otevřená konstrukce

Obr. 10 – Stříkaná PUR pěna

Obr. 11 – XPS desky

Obr. 12 – EPS desky

Obr. 13 – Pěnové sklo

Obr. 14 – Rohože a desky z minerální vaty

Obr. 15 – Canabest

Obr. 16 – Celulóza

Obr. 17 – Tepelné ztráty v procentech

Obr. 18 – Optimální teploty v interiéru

Obr. 19 – Termovizní snímek dřevostavby

Obr. 20 – Energetický průkaz

Obr. 21 – Pasivní dům, jižní strana

Obr. 22 – Skladba CLT desky

Obr. 23 – Nízkoenergetický dům, severovýchodní strana

Obr. 24 – Skladba vnější stěny dřevostavby B

Obr. 25 – Multifunkční srubová konstrukce Šibeniční vrch

Obr. 26 – Interiér srubového objektu

Tab. 1 – Součinitelé tepelné vodivosti pro dřevěné materiály

Tab. 2 – Součinitelé difúze pro dřevěné materiály

Tab. 3 – Měrná tepelná kapacita pro dřevěné materiály

Tab. 4 – Tepelně izolační materiály

Tab. 5 – Požadované hodnoty poklesu výsledné teploty místnosti v zimním období

- Tab. 6 – Podíl tepelných ztrát v procentech
- Tab. 7 – Požadavky na roční měrnou spotřebu energie pro vytápění a součinitele prostupu tepla u obvodové stěny
- Tab. 8 – Technické parametry dřevostavby A
- Tab. 9 – Technické parametry dřevostavby B
- Tab. 10 – Porovnání statistických hodnot naměřených dřevostaveb
- Tab. 11 – Zaznamenané vnější a vnitřní hodnoty pro teplotu
- Tab. 12 – Zaznamenané vnější a vnitřní hodnoty pro relativní vlhkost a rosný bod
- Tab. 13 – Kalkulace nákladů pro normě odpovídající dům
- Tab. 14 – Kalkulace nákladů pro energeticky úsporný dům
- Tab. 15 – Kalkulace nákladů pro nízkoenergetický dům
- Tab. 16 – Kalkulace nákladů pro pasivní dům
- Tab. 17 – Závěr ekonomického efektu z pohledu ekonomické návratnosti
-
- Graf č. 1 – Měřená data pro vlhkost vzduchu v interiéru budovy
- Graf č. 2 – Měřená data pro teplotu v interiéru budovy
- Graf č. 3 – Náklady na energii na vytápění bez realizace zateplení
- Graf č. 4 – Úspory nákladů na vytápění bez dotace
- Graf č. 5 – Úspory nákladů na vytápění s dotací 50 %
- Graf č. 6 – Dotazování na zvolení dřevostavby
- Graf č. 7 – Dotazování na nezvolení dřevostavby

Přílohy

Příloha 1 – Dřevostavba A

Obr. I – Půdorys

Obr. II – Detail podlahy

Obr. III – Měrná potřeba tepla na vytápění

Graf I – Měrná potřeba tepla na vytápění

Tab. I – Výsledné hodnoty a požadavky ve vztahu k vytápěné podlahové ploše

Příloha 2 – Dřevostavba B

Obr. IV – Půdorysy

Obr. V – Detail řezu základové desky

Obr. VI – Požadavky ČSN73 0540 – 2:2011 a pořizovací náklady na vytápění domu

Příloha 3 – Dřevostavba C

Obr. VII – Detail spoje u rohu obvodové konstrukce

Obr. VIII – Detail umístění dveří v obvodové konstrukci

Obr. IX – Detail umístění okna v obvodové konstrukci

Příloha 4 – Měření dřevostaveb A, B, C

Graf II – Porovnání teploty rosného bodu v interiéru

Graf III – Naměřené hodnoty dřevostavby A

Graf IV – Naměřené hodnoty dřevostavby B

Graf V – Naměřené hodnoty dřevostavby C

Tab. II – Zjištěné hodnoty měření

Příloha 5 – Statistické výpočty

Tab. III – Dřevostavba A – Teplota

Tab. IV – Dřevostavba B – Teplota

Tab. V – Dřevostavba C – Teplota

Tab. VI – Dřevostavba A – Vlhkost

Tab. VII – Dřevostavba B – Vlhkost

Tab. VIII – Dřevostavba C – Vlhkost

Tab. IX – Dřevostavba C – Teplota rosného bodu

Příloha 6 – Dotazník

Příloha 1 – Dřevostavba A



Zdroj – <http://www.origis.cz/ukazkova-drevostavba/fotogalerie.html>

Seznam grafů a tabulek:

Obr. I – Půdorys

Obr. II – Detail podlahy

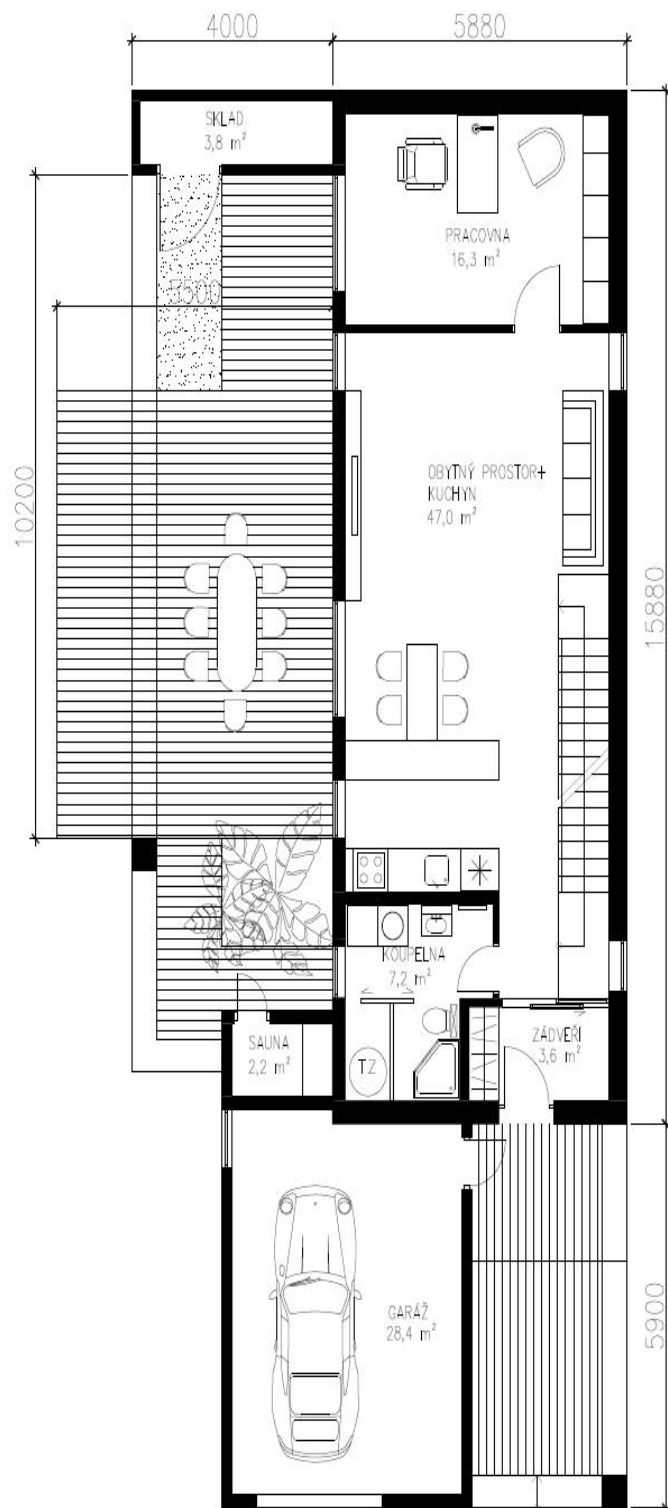
Obr. III – Měrná potřeba tepla na vytápění

Graf I – Měrná potřeba tepla na vytápění

Tab. I – Výsledné hodnoty a požadavky ve vztahu k vytápěné podlahové ploše

Obr. I – Půdorys

Půdorys 1. NP



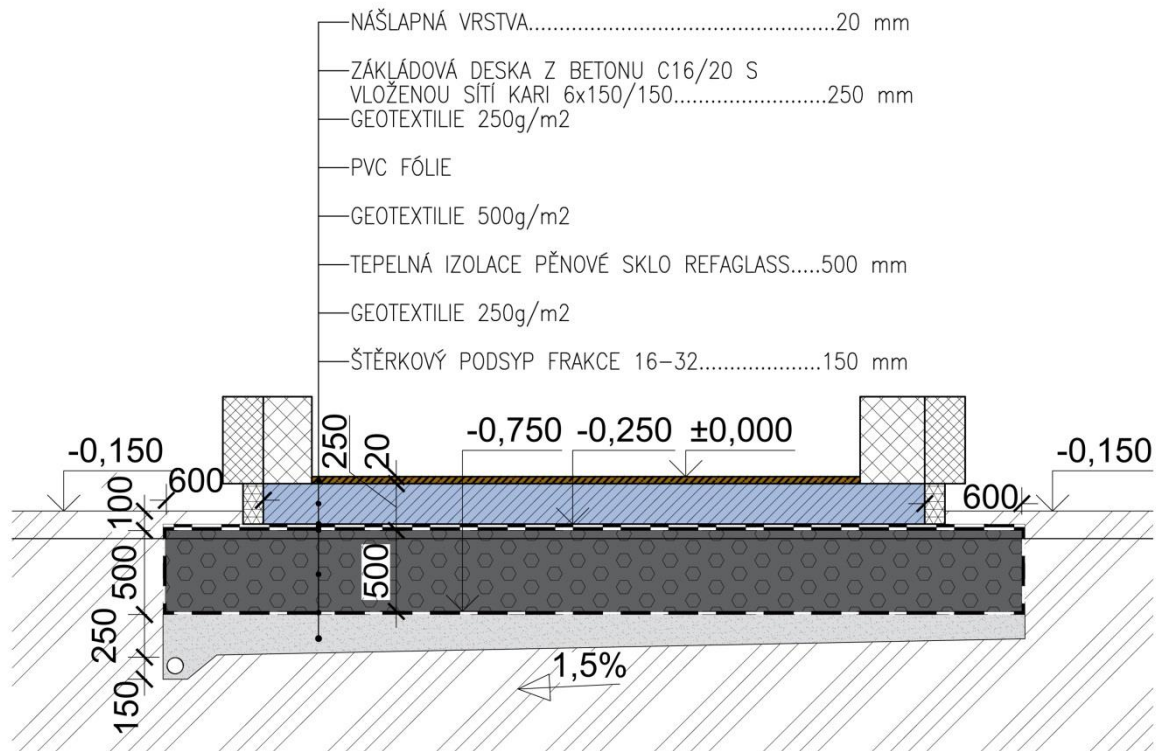
Půdorys 2. NP



Zdroj –

<http://www.origis.cz/ukazkova-drevostavba/fotogalerie.html>

Obr. II – Detail podlah



Zdroj: <http://www.origis.cz/ukazkova-drevostavba.html>

Obr. III – Výpočet měrné potřeby tepla na vytápění

Návrh pasivního domu

MĚRNÁ POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ MĚSÍČNÍ METODA

(na této straně se zobrazí součty dob vytápění dle Měsíční metody)

Klima: Topná zátěž Objekt: RD Vinoř Místo: _____ Měrná kapacita: 132 Wh/(m ² K) (Zadání do pracovního listu "Léto")	Vnitřní teplota: 20 °C Typ objektu/využití: Rodinný dům Vytápěná podlahová plocha A _{TPA} : 146,7 m ²
--	--

stavební konstrukce	Teplotní zóna	Plocha m ²	Souč. U W/(m ² K)	Red.fak. měs.	D _i kWh/a	kWh/a	na m ² vytápěné plochy
1. Vnější stěna - vnější vzduch	A	273,0	0,104	1,00	77	2168	
2. Vnější stěna - zemina	B			1,00			
3. Střecha/strop - vnější vzduch	A	96,0	0,066	1,00	77	487	
4. Podlahová deska	B	96,0	0,142	1,00	35	472	
5.	A			1,00			
6.	A			1,00			
7.	X			0,80			
8. Okna	A	28,9	0,825	1,00	77	1823	
9. Vnější dveře	A	2,5	0,800	1,00	77	152	
10. vnější tep. mosty (délka/m)	A	71,4	-0,056	1,00	77	-308	
11. obvodové tep. mosty (délka/m)	P	44,0	-0,085	1,00	35	-130	
12. tep. mosty - podlaha (délka/m)	B			1,00			
Total						4665	31,8

účinný objem vzduchu V _V	A _{TPA} m ²	světlá výška m	m ³
	147	2,50	367

účinná výměna vzduchu exteriér n _{L,e}	n _{V, systém} 1/h	η*ZVT	η _{REK}	n _{V, zbyt} 1/h	n _{V, ekvi} podíl 1/h
účinná výměna vzduchu zemina n _{L,g}	0,300	0%	0,88	0,029	0,065
	0,300	0%	0,88		0,000

Tepelné ztráty větráním - exteriér Q _{V,e}	V _V m ³	n _{V, ekvi} podíl 1/h	C _{air} Wh/(m ³ K)	D _i kWh/a	kWh/(m ² a)	
Tepelné ztráty větráním - zemina Q _{V,g}	367	0,065	0,33	77	601	
	367	0,000	0,33	35	0	
Tepelné ztráty větráním Q_V	Celkem				601	4,1

Celkové tepelné ztráty Q_L	Q _T kWh/a	Q _V kWh/a	Redukční faktor Noc/víkend pokles	kWh/a	kWh/(m ² a)
	4665	601	1,0	5265	35,9

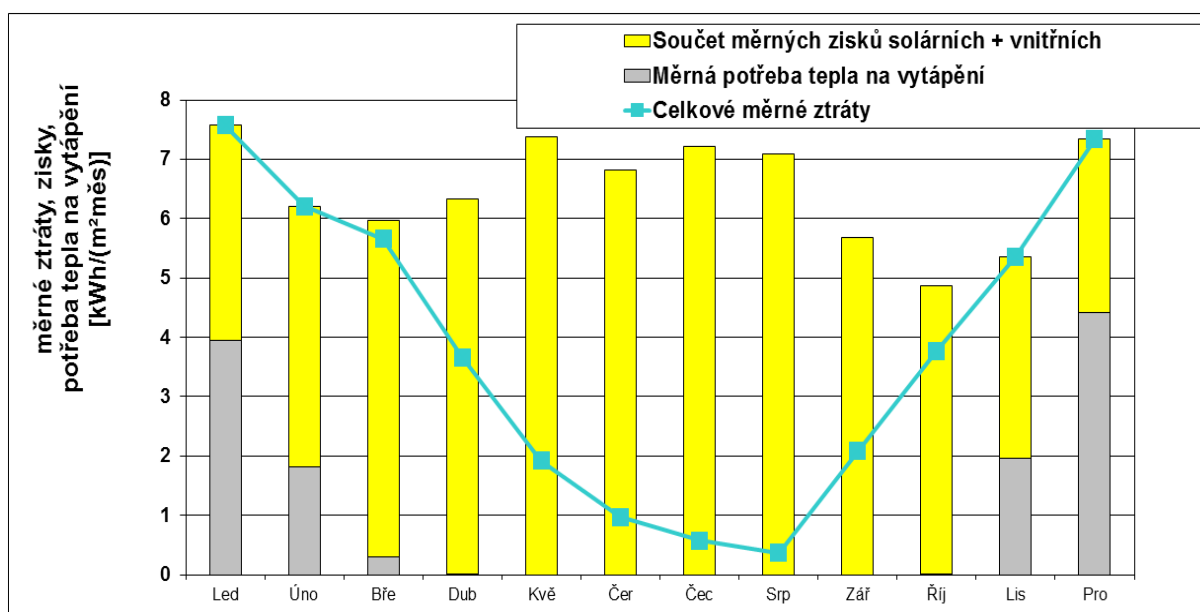
Orientace plochy	Činitel redukce Viz list "Okna"	Souč. g (kolmé ozáření)	Plocha m ²	Štobální sluneční záření kWh/(m ² a)	kWh/a	
1. Sever	0,40	0,00	0,0	77	0	
2. Východ	0,46	0,66	5,5	92	152	
3. Jih	0,46	0,66	1,2	295	104	
4. Západ	0,47	0,66	22,2	300	2047	
5. Vodorovný	0,40	0,00	0,0	257	0	
6. Součet neprůhledných ploch					0	
Celkem					2303	15,7

Vnitřní zdroje tepla Q _I	Délka topné sezóny kh/d	Měrný výkon q _i W/m ²	A _{TPA} m ²	kWh/a	kWh/(m ² a)
	0,024	182	146,7	1345	9,2

Tepelné zisky k dispozici Q _F	Q _S + Q _I	kWh/a	kWh/(m ² a)
		3649	24,9
Poměr zisky ku ztrátám	Q _F / Q _L		0,69
Stupeň využití tepelných zisků η _G			94%
Tepelné zisky Q _G	η _G * Q _F	kWh/a	kWh/(m ² a)
		3441	23,5
Potřeba tepla na vytápění Q _H	Q _L - Q _G	kWh/a	kWh/(m ² a)
		1825	12

Mezní hodnota	kWh/(m ² a)	Splněn požadavek?
	15	ano

Graf I – Měrná potřeba tepla na vytápění



Tab. I – Výsledné hodnoty a požadavky ve vztahu k vytápěné podlahové ploše dřevostavby A

		Jednotky	Požadavek	Jednotky	Splněno?
Vytápěná podlahová plocha:	146,68	m ²			
Měrná potřeba tepla pro vytápění:	12,44	kWh/(m ² a)	15	kWh/(m ² a)	ano
Výsledek zkoušky neprůvzdušnosti:	0,38	h ⁻¹	0,6	h ⁻¹	ano
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění, chlazení):	70,33	kWh/(m ² a)	120	kWh/(m ² a)	ano
Měrná potřeba primární energie (TV, vytápění a pomocné a domácí spotřebiče):	35,61	kWh/(m ² a)			
Topná zátěž:	12,07	W/m ²			
Chladicí zátěž:	3,13	W/m ²			

Příloha 2 – Dřevostavba B



Seznam grafů a tabulek:

Obr. IV – Půdorys

Obr. V – Detail řezu základové desky

Obr. VI – Požadavky ČSN73 0540 – 2:2011 a pořizovací náklady na vytápění domu

Obr. IV – Půdorys



Zdroj – katalog rodinných domů 2014 Vexta

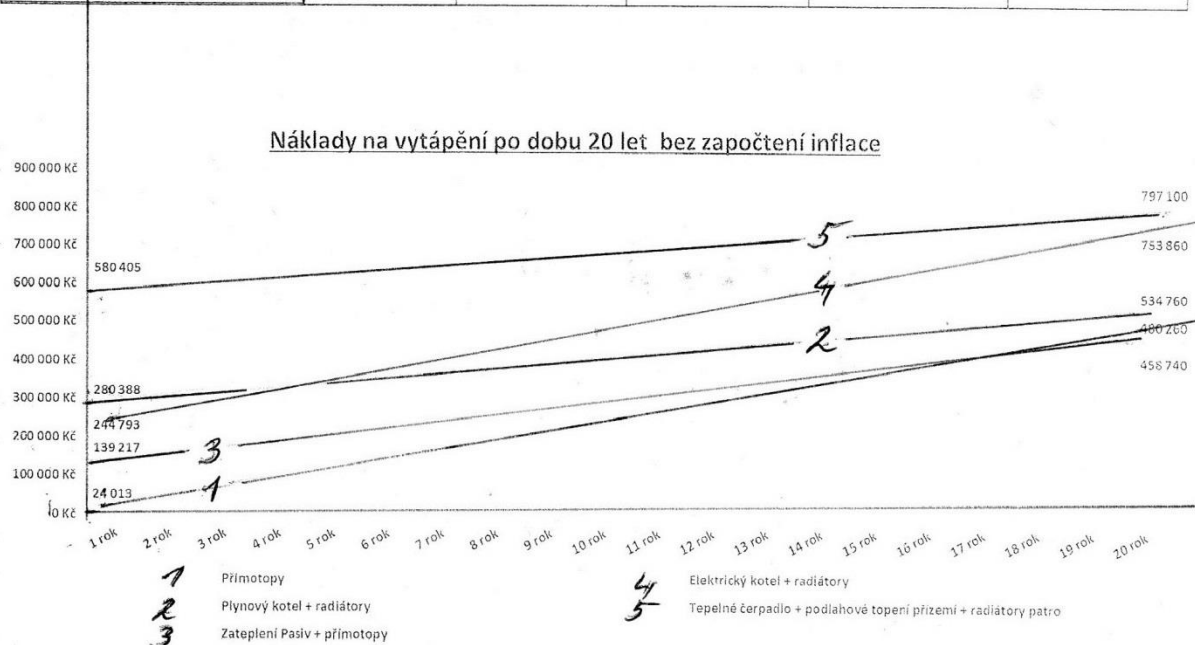
Obr. VI – Požadavky ČSN 73 0540 – 2:2011 a pořizovací náklady na vytápění domu

Požadavky dle ČSN 73 0540 – 2: 2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

Popis konstrukce	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{rec,20}$	Doporučené hodnoty pro pasivní domy $U_{pas,20}$	Dřevostavby VEXTA standard U	Dřevostavby VEXTA PASIV U
Stěna vnější	0,30	Těžká: 0,25 Lehká: 0,20	0,18 až 0,12	0,19	0,14
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10	0,18	0,14
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15	0,24	0,21
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru do venkovního prostředí, kromě dveří	1,50	1,20	0,80 až 0,60	1,10	0,80

Pořizovací náklady a roční náklady na vytápění domu

	Přímotopy	Elektrický kotel + radiátory	Plynový kotel + radiátory	Tepelné čerpadlo + podlahové topení přízemí + radiátory patro	Zateplení Pasiv + přímotopy
Cena domu	1 997 000 Kč	1 997 000 Kč	1 997 000 Kč	1 997 000 Kč	1 997 000 Kč
Příplatek za způsob vytápění	0 Kč	218 000 Kč	267 000 Kč	569 000 Kč	122 400 Kč
Pořizovací cena vč. vytápění	1 997 000 Kč	2 215 000 Kč	2 264 000 Kč	2 566 000 Kč	2 119 400 Kč
Náklady na vytápění domu - Kč/rok	24 013 Kč	26 793 Kč	13 388 Kč	11 405 Kč	16 817 Kč
Celkové náklady po 20 letech	2 477 260 Kč	2 750 860 Kč	2 531 760 Kč	2 794 100 Kč	2 455 740 Kč
Náklady na vytápění po 20 letech	480 260 Kč	753 860 Kč	534 760 Kč	797 100 Kč	458 740 Kč



Příloha 3 – Dřevostavba C



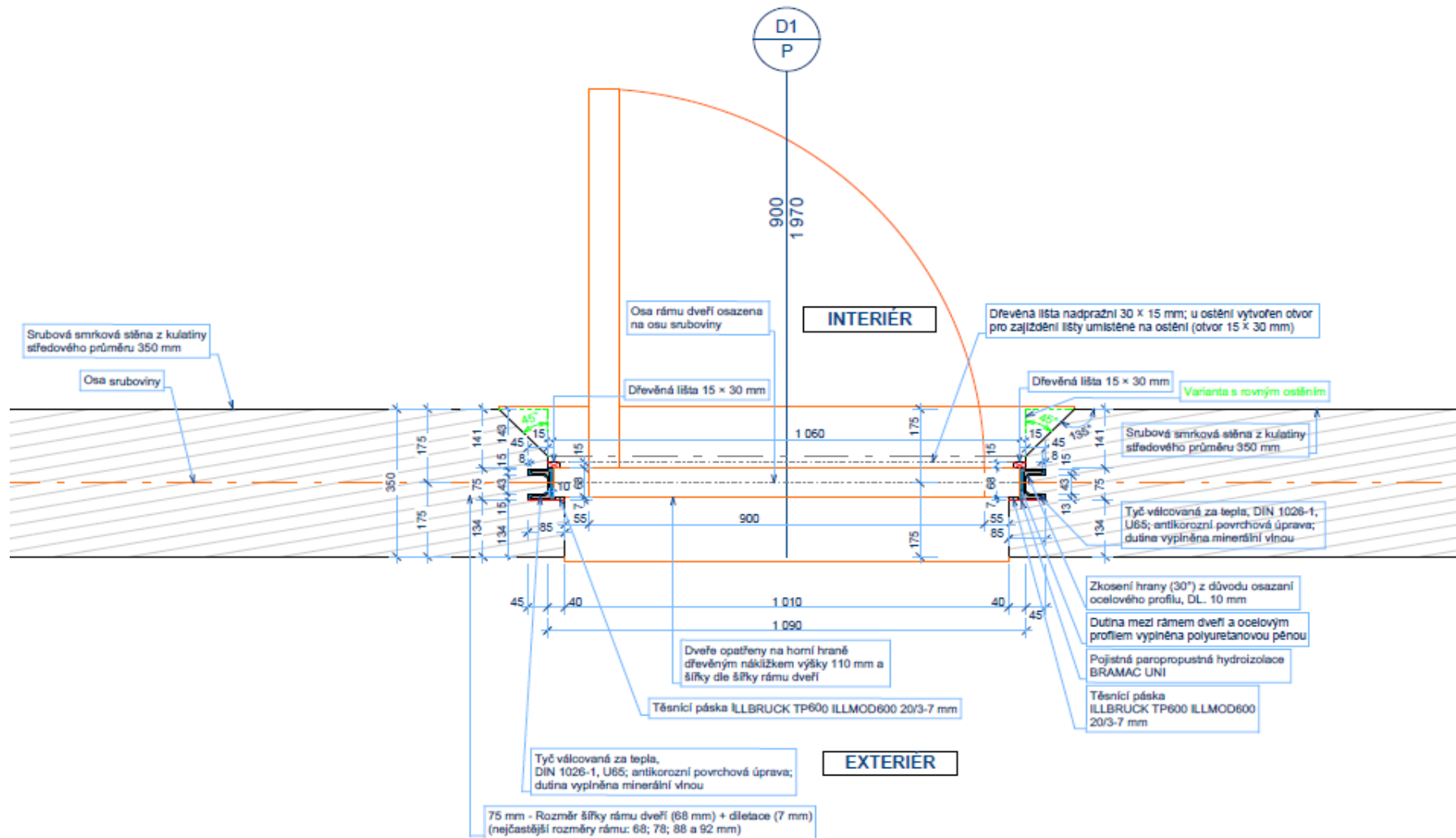
Seznam obrázků:

- Obr. VII – Detail spoje u rohu obvodové konstrukce
- Obr. VIII – Detail umístění dveří v obvodové konstrukci
- Obr. IX – Detail umístění okna v obvodové konstrukci

Obr. VII – Detail spoje u rohu obvodové konstrukce



Obr. VIII – Detail umístění dveří v obvodové konstrukci



Zdroj: http://www.moderni-sruby.cz/data/osazeni_oken_a_dveri_do_srubove_steny.PDF

Příloha 4 – Měření dřevostaveb A, B, C

Seznam grafů a tabulek:

Graf II – Porovnání teploty rosného bodu v interiéru

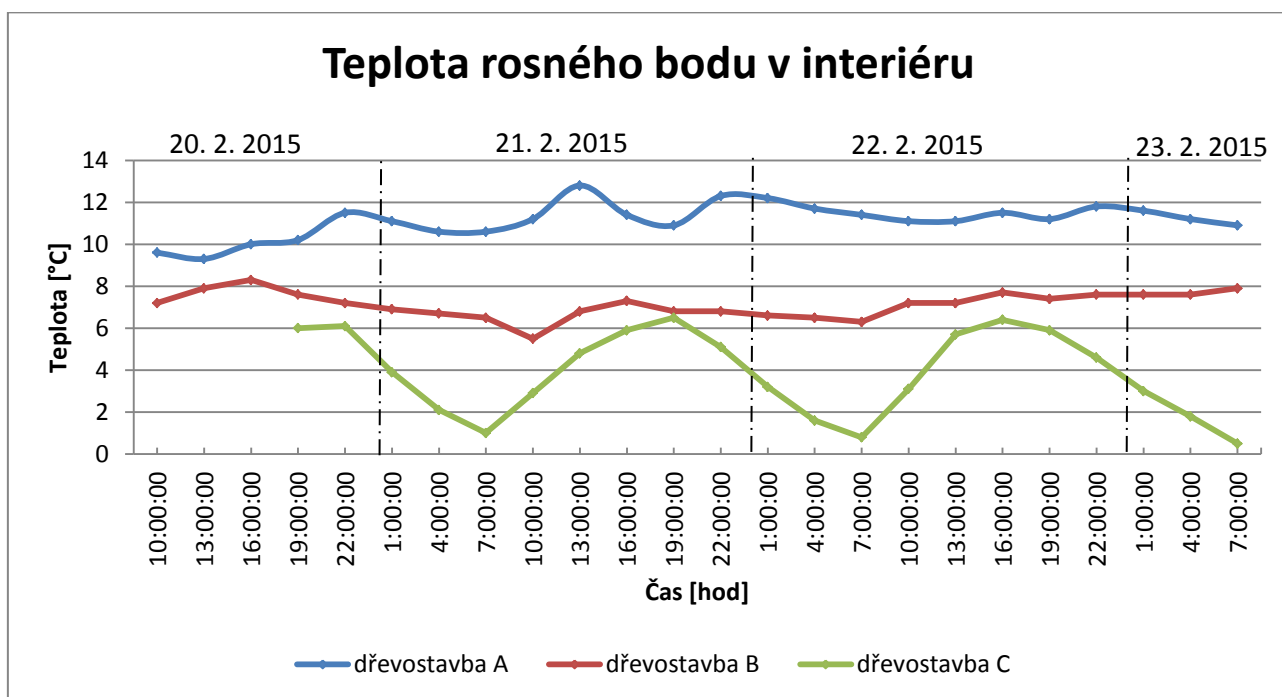
Graf III – Naměřené hodnoty dřevostavby A

Graf IV – Naměřené hodnoty dřevostavby B

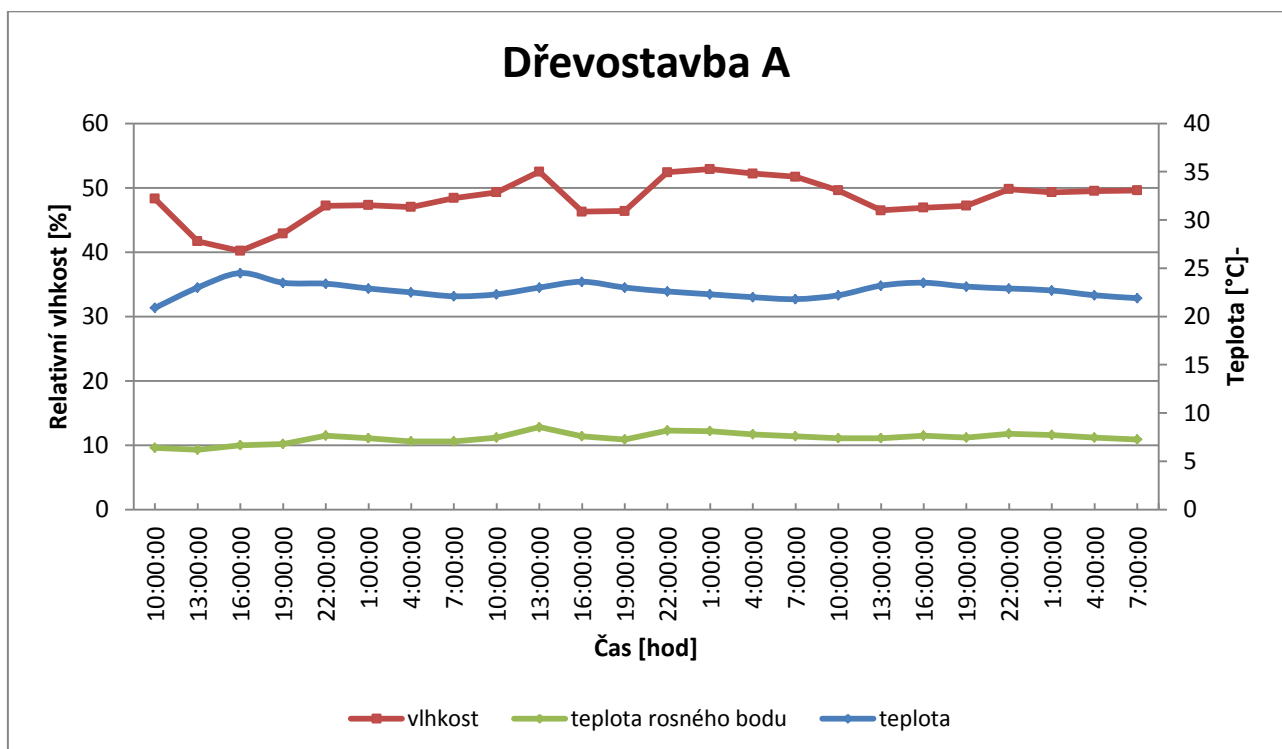
Graf V – Naměřené hodnoty dřevostavby C

Tab. II – Zjištěné hodnoty měření

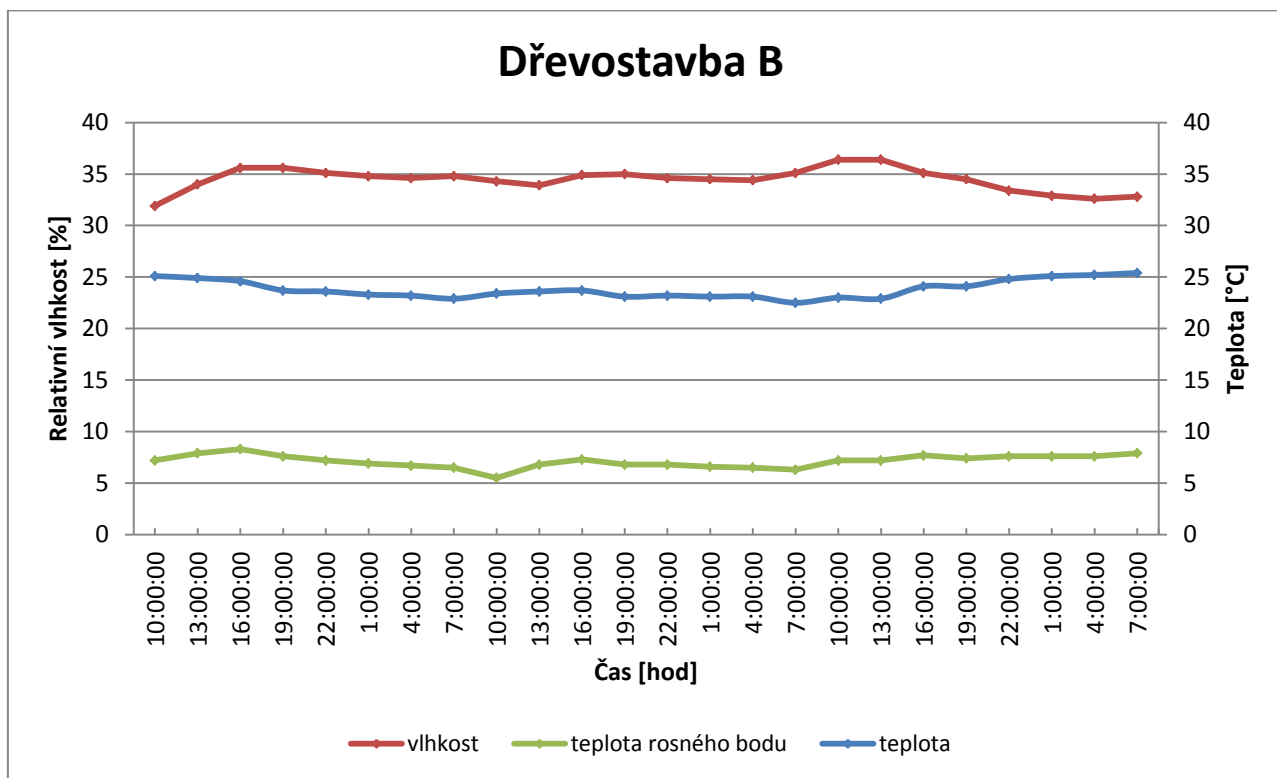
Graf II – Porovnání teploty rosného bodu v interiéru



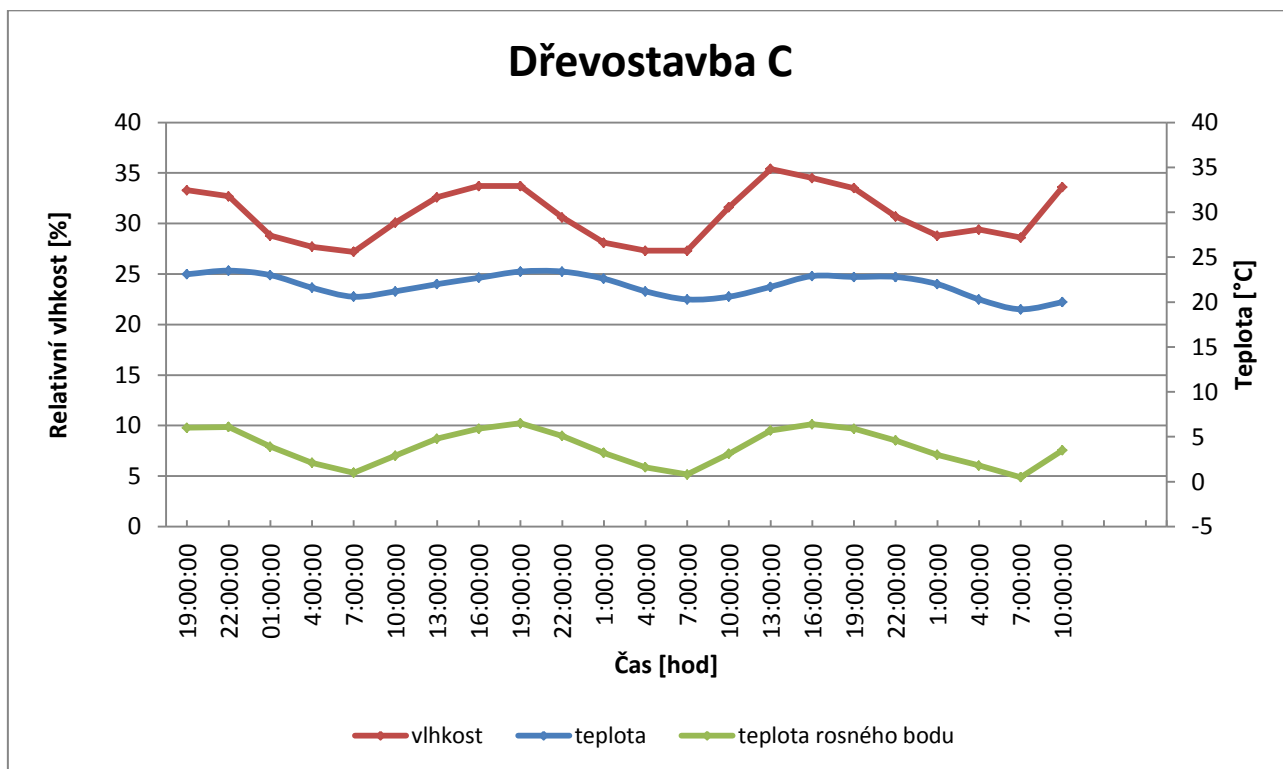
Graf III – Naměřené hodnoty dřevostavby A



Graf IV – Měřená data pro Dřevostavbu B



Graf V – Měřená data pro Dřevostavbu C



Tab. II – Zjištěné hodnoty měření

Datum	Čas	Teplota [°C]			Vlhkost [%]			Teplota rosného bodu[°C]		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
20. 2. 2015	10:00:00	20,9	22,1		48,3	40,1		9,6	7,9	
	13:00:00	23	25,1		41,7	31,9		9,3	7,2	
	16:00:00	24,5	24,9	22,4	40,2	34,0	32,5	10	7,9	5,1
	19:00:00	23,5	24,6	23,1	42,9	35,6	33,3	10,2	8,3	6
	22:00:00	23,4	23,7	23,5	47,2	35,6	32,7	11,5	7,6	6,1
21. 2. 2015	01:00:00	22,9	23,6	23	47,3	35,1	28,8	11,1	7,2	3,9
	04:00:00	22,5	23,3	21,6	47	34,8	27,7	10,6	6,9	2,1
	07:00:00	22,1	23,2	20,6	48,4	34,6	27,2	10,6	6,7	1
	10:00:00	22,3	22,9	21,2	49,3	34,8	30,1	11,2	6,5	2,9
	13:00:00	23	23,4	22	52,5	31,3	32,6	12,8	5,5	4,8
	16:00:00	23,6	23,6	22,7	46,3	33,9	33,7	11,4	6,8	5,9
	19:00:00	23	23,7	23,4	46,4	34,9	33,7	10,9	7,3	6,5
	22:00:00	22,6	23,1	23,4	52,4	35,0	30,6	12,3	6,8	5,1
22. 2. 2015	01:00:00	22,3	23,2	22,6	52,9	34,6	28,1	12,2	6,8	3,2
	04:00:00	22	23,1	21,2	52,2	34,5	27,3	11,7	6,6	1,6
	07:00:00	21,8	23,1	20,3	51,7	34,4	27,3	11,4	6,5	0,8
	10:00:00	22,2	22,5	20,6	49,6	35,1	31,6	11,1	6,3	3,1
	13:00:00	23,2	23,0	21,7	46,5	36,4	35,4	11,1	7,2	5,7
	16:00:00	23,5	22,9	22,9	46,9	36,4	34,5	11,5	7,2	6,4
	19:00:00	23,1	24,1	22,8	47,2	35,1	33,5	11,2	7,7	5,9
	22:00:00	22,9	24,1	22,8	49,8	34,5	30,7	11,8	7,4	4,6
23. 2. 2015	01:00:00	22,7	24,8	22	49,3	33,4	28,8	11,6	7,6	3
	04:00:00	22,2	25,1	20,3	49,5	32,9	29,4	11,2	7,6	1,8
	07:00:00	21,9	25,2	19,2	49,6	32,6	28,6	10,9	7,6	0,5
	10:00:00	21,9	25,5	20	49,9	32,8	33,6	11	7,9	3,5

Příloha 5 – Statistické výpočty

Seznam tabulek:

Tab. III – Dřevostavba A – Teplota

Tab. IV – Dřevostavba B – Teplota

Tab. V – Dřevostavba C – Teplota

Tab. VI – Dřevostavba A – Vlhkost

Tab. VII – Dřevostavba B – Vlhkost

Tab. VIII – Dřevostavba C – Vlhkost

Tab. IX – Dřevostavba C – Teplota rosného bodu

Tab. III – Dřevostavba A – Teplota

Datum	Čas	Teplota v exteriéru [°C]		Teplota v interiéru [°C]		$(i_x - i_y)^2$
		x	i_x	y	i_y	
21.2. 2015	0:00	3,4	12	23,1	6	36
	1:00	2,2	15	22,9	9	36
	2:00	1,6	16	22,8	10	36
	3:00	1,3	17	22,6	14	9
	4:00	0,2	19	22,5	17	4
	5:00	-0,6	22	22,3	19	9
	6:00	-0,7	23	22,2	21	4
	7:00	-1,3	24	22,1	22	4
	8:00	-0,5	21	22	23	4
	9:00	-0,2	20	21,9	24	16
	10:00	1,3	17	22,3	19	4
	11:00	2,4	14	22,6	14	0
	12:00	3,7	11	22,7	11	0
	13:00	5,8	7	23	7	0
	14:00	7,1	5	23,2	5	0
	15:00	7,3	3	23,6	2	1
	16:00	8,6	1	23,6	2	1
	17:00	8,3	2	23,7	1	1
	18:00	7,3	3	23,5	4	1
	19:00	6,6	6	23	7	1
	20:00	5,7	8	22,7	11	9
	21:00	5,6	9	22,7	11	4
	22:00	4,8	10	22,6	14	16
	23:00	2,7	13	22,5	17	16
Σ						212

Síla závislosti - Spearmanův koeficient pořadové korelace

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (i_x - i_y)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

r_s	0,908
n	24
α	0,05
$r_{S(\alpha,n)}$	0,344

$$r_s > r_{S(\alpha,n)}$$

$$0,908 > 0,344$$

Byla prokázána korelace

Tab. IV – Dřevostavba B – Teplota

Datum	Čas	Teplota v exteriéru [°C]		Teplota v interiéru [°C]		$(i_x - i_y)^2$
		x	i_x	y	i_y	
21.2. 2015	0:00	3,4	12	23,6	4	64
	1:00	2,2	15	23,6	4	121
	2:00	1,6	16	23,5	7	81
	3:00	1,3	17	23,4	8	81
	4:00	0,2	19	23,3	12	49
	5:00	-0,6	22	23,3	12	100
	6:00	-0,7	23	23,2	16	49
	7:00	-1,3	24	23,2	16	64
	8:00	-0,5	21	23,2	16	25
	9:00	-0,2	20	23,3	12	64
	10:00	1,3	17	22,9	22	25
	11:00	2,4	14	23,4	8	36
	12:00	3,7	11	22,7	24	169
	13:00	5,8	7	23,4	8	1
	14:00	7,1	5	23,4	8	9
	15:00	7,3	3	23,3	12	81
	16:00	8,6	1	23,6	4	9
	17:00	8,3	2	23,9	1	1
	18:00	7,3	3	23,8	2	1
	19:00	6,6	6	23,7	3	9
	20:00	5,7	8	23,2	16	64
	21:00	5,6	9	22,9	22	169
	22:00	4,8	10	23,1	21	121
	23:00	2,7	13	23,2	16	9
Σ						1 402

Síla závislosti - Spearmanův koeficient pořadové korelace

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (i_x - i_y)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

r_s		0,390435
n		24
α		0,05
$r_{s(\alpha,n)}$		0,344

r_s	>	$r_{s(\alpha,n)}$
0,390	>	0,344

Byla prokázána korelace

Tab. V – Dřevostavba C – Teplota

Datum	Čas	teplota v exteriéru [°C]		teplota v interiéru [°C]		$(i_x - i_y)^2$
		x	i_x	y	i_y	
21.2 2015	0:00	-1,1	13	23,3	6	49
	1:00	-1,4	17	23	8	81
	2:00	-1,4	17	22,5	12	25
	3:00	-1,1	13	22	14	1
	4:00	-1,1	13	21,6	17	16
	5:00	-1,9	21	21,2	19	4
	6:00	-1,8	20	20,9	21	1
	7:00	-1,6	19	20,6	23	16
	8:00	-2,1	23	20,4	24	1
	9:00	-0,6	12	20,7	22	100
	10:00	0,7	9	21,2	19	100
	11:00	2,1	7	21,5	18	121
	12:00	2,9	6	21,8	16	100
	13:00	3,6	4	22	14	100
	14:00	4,9	2	22,4	13	121
	15:00	5,2	1	22,6	11	100
	16:00	3,9	3	22,7	10	49
	17:00	3,5	5	22,9	9	16
	18:00	1,2	8	23,1	7	1
	19:00	0,1	10	23,4	3	49
	20:00	-0,1	11	23,5	1	100
	21:00	-1,1	13	23,5	1	144
	22:00	-1,9	21	23,4	3	324
	23:00	-2,2	24	23,4	3	441
Σ						2 060

Síla závislosti - Spearmanův koeficient pořadové korelace

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (i_x - i_y)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

r_s	0,104
n	24
α	0,05
$r_{s(\alpha,n)}$	0,344

$$r_s < r_{s(\alpha,n)}$$

$$0,104 < 0,344$$

Nebyla prokázána korelace

Tab. VI – Dřevostavba A – Vlhkost

Datum	Čas	Vlhkost v exteriéru [%]		Vlhkost v interiéru [%]		$(i_x - i_y)^2$
		x	i_x	y	i_y	
21.2. 2015	0:00	73	14	47,6	17	9
	1:00	77	12	47,3	18	36
	2:00	79	9	48,1	15	36
	3:00	80	8	47,7	16	64
	4:00	83	7	47	19	144
	5:00	86	4	48,3	14	100
	6:00	87	2	48,4	12	100
	7:00	88	1	48,4	12	121
	8:00	87	2	48,7	10	64
	9:00	86	4	48,7	10	36
	10:00	84	6	49,3	8	4
	11:00	79	9	51,3	6	9
	12:00	76	13	50,8	7	36
	13:00	67	16	52,5	1	225
	14:00	61	20	51,9	4	256
	15:00	61	20	45,7	23	9
	16:00	57	23	46,3	22	1
	17:00	56	24	47	19	25
	18:00	60	22	45,3	24	4
	19:00	64	19	46,4	21	4
	20:00	67	16	48,8	9	49
	21:00	67	16	51,4	5	121
	22:00	70	15	52,4	2	169
	23:00	78	11	52,2	3	64
Σ						1 686

Síla závislosti - Spearmanův koeficient pořadové korelace

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (i_x - i_y)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

r_s **0,267**

n 24

α 0,05

$r_{s(\alpha,n)}$ 0,344

r_s < $r_{s(\alpha,n)}$
 0,267 < 0,344

Nebyla prokázána korelace

Tab. VII – Dřevostavba B – Vlhkost

Datum	Čas	Vlhkost v exteriéru [%]		Vlhkost v interiéru [%]		$(i_x - i_y)^2$
		x	i_x	y	i_y	
21.2. 2015	0:00	73	14	35,3	3	121
	1:00	77	12	35,1	4	64
	2:00	79	9	35	6	9
	3:00	80	8	35	6	4
	4:00	83	7	34,8	10	9
	5:00	86	4	34,8	10	36
	6:00	87	2	34,7	15	169
	7:00	88	1	34,6	16	225
	8:00	87	2	34,5	17	225
	9:00	86	4	34,2	19	225
	10:00	84	6	34,8	10	16
	11:00	79	9	31	23	196
	12:00	76	13	29,7	24	121
	13:00	67	16	31,3	22	36
	14:00	61	20	32,9	21	1
	15:00	61	20	34,4	18	4
	16:00	57	23	33,9	20	9
	17:00	56	24	34,8	10	196
	18:00	60	22	35,1	4	324
	19:00	64	19	34,9	9	100
	20:00	67	16	35,4	2	196
	21:00	67	16	35,5	1	225
	22:00	70	15	35	6	81
23:00	78	11	34,8	10	1	
Σ						2 593

Síla závislosti - Spearmanův koeficient pořadové korelace

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (i_x - i_y)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

r_s **-0,127**

n 24

α 0,05

$r_{S(\alpha,n)}$ 0,344

r_s < $r_{S(\alpha,n)}$
|-0,127| < 0,344

Nebyla prokázána korelace

Tab. VIII – Dřevostavba C – Vlhkost

Datum	Čas	Vlhkost v exteriéru [%]		Vlhkost v interiéru [%]		$(i_x - i_y)^2$
		x	i_x	y	i_y	
21.2. 2015	0:00	91	5	30,7	10	25
	1:00	92	2	28,8	17	225
	2:00	92	2	28,1	18	256
	3:00	91	5	27,9	19	196
	4:00	89	7	27,7	20	169
	5:00	89	7	27,6	21	196
	6:00	88	10	27,5	22	144
	7:00	86	13	27,2	23	100
	8:00	88	10	26,9	24	196
	9:00	84	15	29,1	16	1
	10:00	81	16	30,1	13	9
	11:00	76	18	30	14	16
	12:00	72	20	30,2	12	64
	13:00	69	22	32,6	7	225
	14:00	66	23	32,9	6	289
	15:00	65	24	32	9	225
	16:00	70	21	33,7	3	324
	17:00	73	19	34,8	2	289
	18:00	81	16	34,9	1	225
	19:00	85	14	33,7	3	121
	20:00	87	12	33,3	5	49
	21:00	89	7	32,3	8	1
	22:00	92	2	30,6	11	81
	23:00	94	1	29,8	15	196
Σ						3 622

Síla závislosti - Spearmanův koeficient pořadové korelace

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (i_x - i_y)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

r_s **-0,575**

n 24

α 0,05

$r_{s(\alpha,n)}$ 0,344

r_s > $r_{s(\alpha,n)}$
|-0,575| > 0,344

Byla prokázána korelace

Tab. IX – Dřevostavba C – Teplota rosného bodu

Datum	Čas	Teplota rosného bodu v exteriéru [°C]		Teplota rosného bodu v interiéru [°C]		$(i_x - i_y)^2$
		x	i_x	y	i_y	
21.2. 2015	0:00	-2,4	12	5,1	8	16
	1:00	-2,5	14	3,9	13	1
	2:00	-2,5	14	3,1	16	4
	3:00	-2,4	12	2,6	18	36
	4:00	-2,7	16	2,1	19	9
	5:00	-3,5	21	1,8	21	0
	6:00	-3,5	21	1,4	22	1
	7:00	-3,6	23	1	23	0
	8:00	-3,8	24	0,7	24	0
	9:00	-3	18	2	20	4
	10:00	-2,2	10	2,9	17	49
	11:00	-1,7	6	3,2	15	81
	12:00	-1,7	6	3,5	14	64
	13:00	-1,6	5	4,8	11	36
	14:00	-0,9	2	5,2	7	25
	15:00	-0,8	1	5	10	81
	16:00	-1,1	4	5,9	5	1
	17:00	-0,9	2	6,5	2	0
	18:00	-1,7	6	6,7	1	25
	19:00	-2,1	9	6,5	2	49
	20:00	-2,2	10	6,4	4	36
	21:00	-2,7	16	5,9	5	121
	22:00	-3	18	5,1	8	100
	23:00	-3	18	4,7	12	36
Σ						775

Síla závislosti - Spearmanův koeficient pořadové korelace

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (i_x - i_y)^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

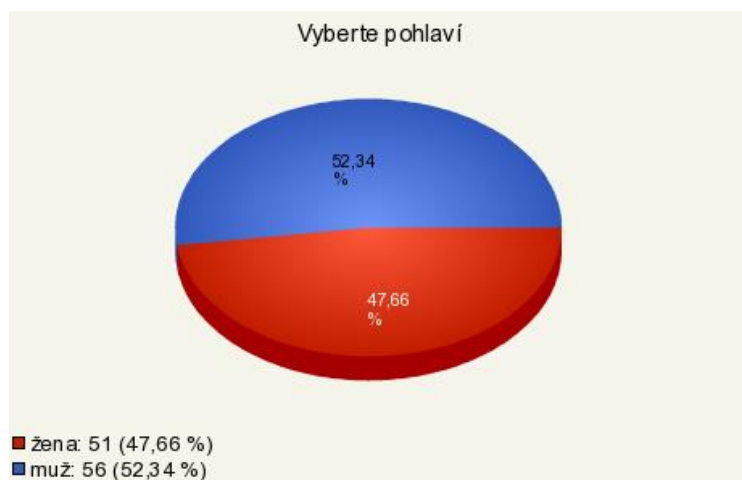
r_s	0,663
n	24
α	0,05
$r_{s(\alpha, n)}$	0,344

r_s	>	$r_{s(\alpha, n)}$
0,663	>	0,344

Byla prokázána korelace

Příloha 6 – Dotazník

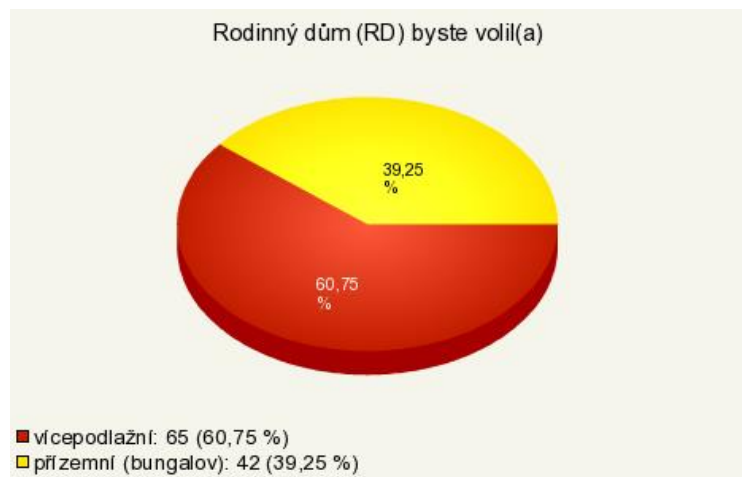
1. Otázka



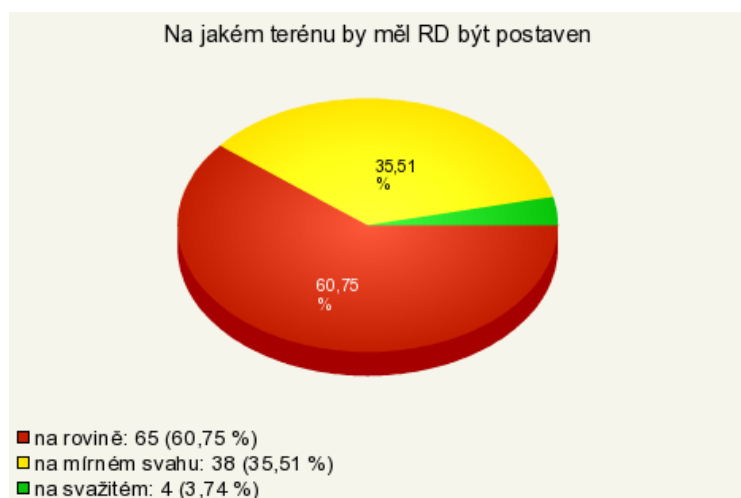
2. Otázka



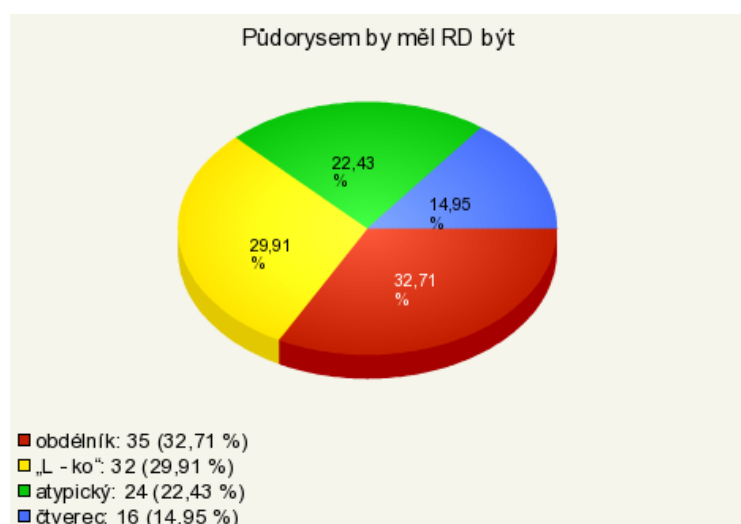
3. Otázka



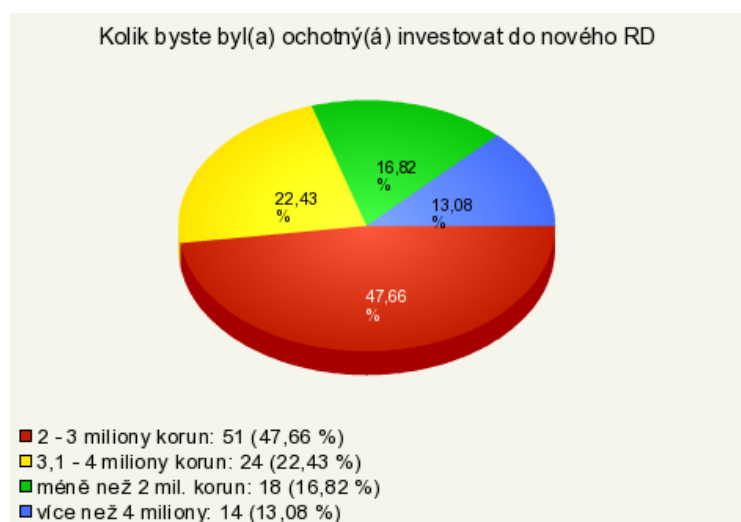
4. Otázka



5. Otázka

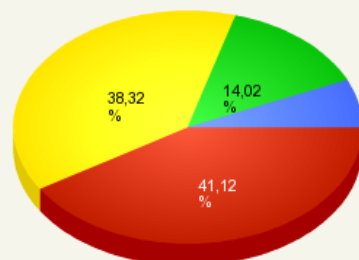


6. Otázka



7. Otázka

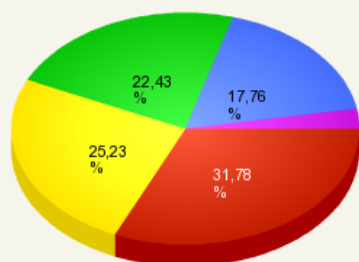
Jakou energetickou náročnost by měl Váš RD splňovat (vysv. čím nižší ukazatel tím vyšší pořizovací náklady stavby, ale nižší provozní náklady na vytápění)



- nízkoenergetický dům ($\leq 50 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$): 44 (41,12 %)
- energeticky úsporný dům ($50 - 70 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$): 41 (38,32 %)
- pasivní dům ($\leq 15 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$): 15 (14,02 %)
- současná novostavba ($80 - 140 \text{ W}\cdot\text{m}^2\cdot\text{K}^{-1}$): 7 (6,54 %)

8. Otázka

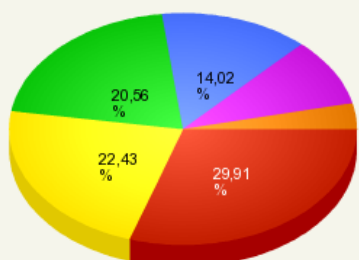
Jaký druh energetického média byste zvolil(a) při vytápění



- elektrická energie: 34 (31,78 %)
- dřevo: 27 (25,23 %)
- zemní plyn: 24 (22,43 %)
- jiné: 19 (17,76 %)
- černé a hnědé uhlí: 3 (2,8 %)

9. Otázka

Který druh vytápění podle zdroje tepla byste zvolil(a)



- kotel: 32 (29,91 %)
- tepelné čerpadlo: 24 (22,43 %)
- krbová kamna: 22 (20,56 %)
- solární kolektor: 15 (14,02 %)
- elektrické přímotopy: 10 (9,35 %)
- akumulační topidlo: 4 (3,74 %)

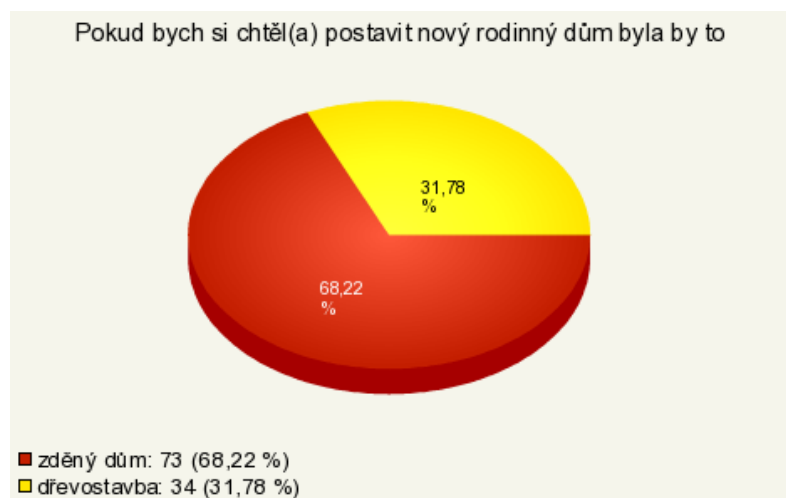
10. Otázka



11. Otázka



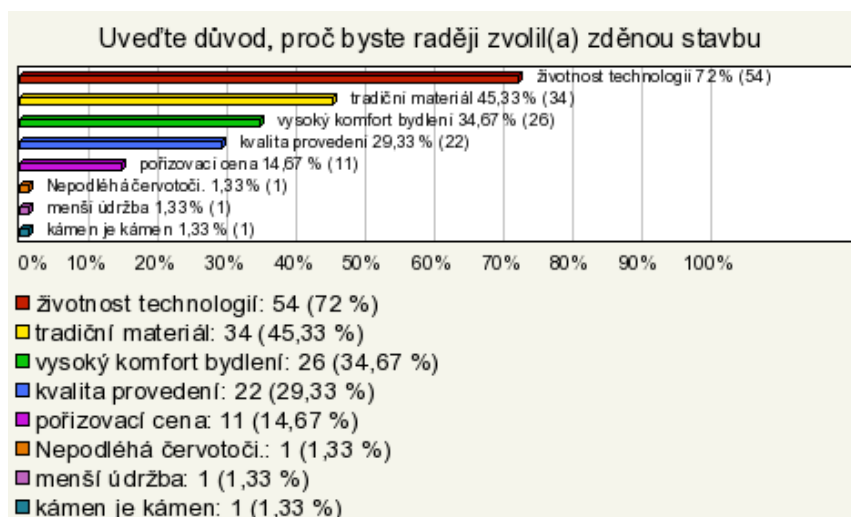
12. Otázka



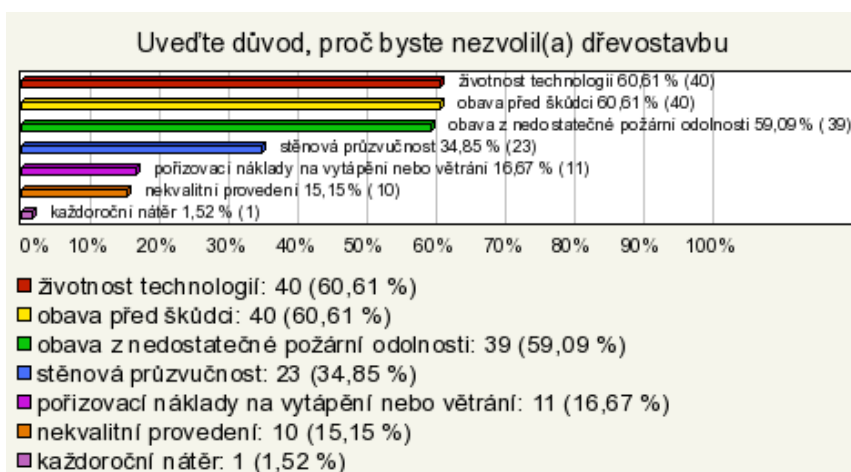
13. Otázka



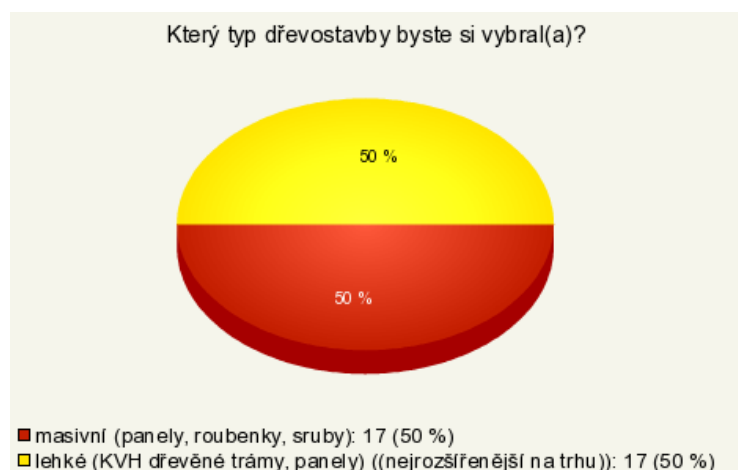
14. Otázka



15. Otázka



16. Otázka



17. Otázka



18. Otázka



19. Otázka

