Integrovaný systém v budově - Inteligentní rodinný dům s využitím obnovitelných zdrojů energie - Řídicí systém s komunikací LonWorks

The Integrated System in the Building - Intelligent House with Renewable Energy Sources - Control System with LonWorks Communication

Bc. Martin Držálek

Diplomová práce
2014

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Bc. Martin Držálek**
Osobní číslo:	**A12434**
Studijní program:	**N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor:	**Integrované systémy v budovách**
Forma studia:	**prezenční**
Téma práce:	**Integrovaný systém v budově – Inteligentní rodinný dům s využitím obnovitelných zdrojů energie – Řídicí systém s komunikací LonWorks**

Zásady pro vypracování:

1. **Prostudujte řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie z hlediska stavební fyziky, spotřeby energie, řešení tvorby mikroklimatu, osvětlení, akustických problémů a možnosti využití obnovitelných zdrojů energie.**
2. **Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.**
3. **Pro konkrétní budovu navrhněte vhodný systém techniky prostředí s možností využití obnovitelných zdrojů energie. Vytápěcí systém bude odpovídat parametrům rodinného domu se zdrojem ZP a využitím tepelného čerpadla a solárních panelů s možností chlazení vnitřních prostorů.**
4. **Vytvořte systém facility management budovy.**
5. **Navrhněte vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA, s vazbou na management budovy.**
6. **Součástí řešení bude elektroinstalace a navržen a integrován systém EPS a EZS.**
7. **Zvažte možnost využití fotovoltaických panelů a proveďte jejich technicko-ekonomické hodnocení.**

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. **DANIELS, K.: TECHNIKA BUDOV. Jaga Group, v.o.s. Bratislava 2003. ISBN 80-88905-63-X**
2. **ASHRAE HANDBOOK . Díl 1 - 4 . American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc. 1791 Tutlie Circle, N.E., Atlanta, GA 30 329. ISBN 1-931862-73-7. ISSN 1549-2370**
3. **CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8**
4. **VALENTA,V. a kol.: TOPENÁŘSKÁ PŘÍRUČKA 1, 2, 3. Agentura ČSTZ, Praha 2007. ISBN 978-80-86028-13-2**
5. **LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9**
6. **KŘEČEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4**
7. **MERZ, H., HANSEMANN, T., HUBNER, C.: Automatizované systémy budov. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9**
8. **CIHELKA,J. a kol. Vytápění, větrání a klimatizace. SNTL Praha, 1985**

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Zálešák, CSc.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce: **7. března 2014**

Termín odevzdání diplomové práce: **11. června 2014**

Ve Zlíně dne 7. března 2014

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan

L.S.

UNIVERZITA TOMÁŠE BATI VE ZLÍNĚ
Fakulta aplikované informatiky

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
Za ředitel ústavu

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je seznámit se s problematikou integrovaných systému v budovách, které nám určitým způsobem zajišťují komfort při bydlení. Jedná se o systémy pro tvorbu vnitřního klimatu, zabezpečení, elektroinstalace a inteligentního řízení. V teoretické části jsou tyto systémy přiblíženy a jsou zde popsány postupy návrhů. V praktické části práce jsou provedeny samotné návrhy na konkrétní budovu podle reálných podkladů. Tyto návrhy obsahují vše od jednotlivých výpočtů tepelných vlastností konstrukcí, přes projektování otopné soustavy, přípravy teplé vody, až po návrh řídícího inteligentního systému. Celá práce v základě popisuje postup a realizaci těchto návrhů.

Klíčová slova: inteligentní dům, tepelné čerpadlo, solární systém, fotovoltaický systém, řídící systém

ABSTRACT

The goal of this thesis is to study the problems of integrated systems in buildings. This systems provide us comfort living. Includes of a system for creating indoor climate, security, electrical and intelligent control. In theoretical part there are descriptions of this systems and their design procedures. In the practical part of the thesis there are made designs to a building with real basis. These designs include individual calculations of thermal properties of structures, design of the heating system, domestic hot water and design of the inteligent control system. The whole thesis describes the process and the implementation of these designs.

Keywords: smart house, heat pump, solar panel system, photovoltaics system, control system

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Martinu Zálešákovi, Csc. Za vedení při práci a trpělivost, kterou se mnou měl. Dále bych chtěl poděkovat hlavně svým rodičům a pak také přátelům za jejich podporu při studiu.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně …….

podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD **10**
I TEORETICKÁ ČÁST **11**
1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY **12**
1.1 NULOVÉ DOMY 12
1.2 PASIVNÍ DOMY 13
1.3 NÍZKOENERGETICKÉ DOMY 13
2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ **14**
2.1 TEPELNÁ POHODA 14
2.1.1 Faktory osobní 15
2.1.2 Faktory prostředí 16
2.1.3 Kritéria pro hodnocení tepelné pohody 16
2.2 ŠKODLIVINY A JEJICH KONCENTRACE 18
2.3 VĚTRÁNÍ OBJEKTU 19
2.4 AKUSTIKA 21
2.5 OSVĚTLENÍ 22
2.6 OPTIMÁLNÍ MIKROKLIMATICKÉ PODMÍNKY 22
3 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY **23**
3.1 FAKTORY VNĚJŠÍCH KLIMATICKÝCH PODMÍNEK 23
3.1.1 Vnější klimatická teplota 23
3.1.2 Vlhkost vzduchu 23
3.1.3 Tlak vzduchu 23
3.1.4 Sluneční záření 23
4 POŽADAVKY NA STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ PARAMETRY **25**
4.1 SOUČINITEL PROSTUPU TEPLA 25
4.2 VLHKOSTNÍ VLASTNOSTI KONSTRUKCE 29
4.3 TEPELNÁ STABILITA MÍSTNOSTI 31
4.3.1 Tepelná stabilita místnosti v zimním období 31
4.3.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období 32
4.4 TEPELNÁ ZTRÁTA MÍSTNOSTI 32
4.4.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla 33
4.4.2 Návrhová tepelná ztráta větráním 33
4.5 TEPELNÉ ZISKY 34
4.5.1 Vnitřní tepelné zisky 34
4.5.2 Vnější tepelné zisky 35
4.6 TEPELNÝ VÝKON 36
4.6.1 Zátopový tepelný výkon 36

4.7 UMÍSTĚNÍ BUDOVY V TERÉNU 37
4.8 TVAR A DISPOZICE BUDOVY 37
4.9 KONSTRUKCE A STĚNY DOMU 38
4.10 KONSTRUKCE PROSKLENÝCH PLOCH A OKEN 39
4.11 KONSTRUKCE STŘECHY 40
5 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV 42
5.1 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV 42
6 ZDROJE ENERGIÍ 45
6.1 NEOBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE 45
6.2 OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE 45
7 SYSTÉMY PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU 47
7.1 VYTÁPĚCÍ KOTEL 47
7.1.1 Stanovení tepelného výkonu 49
7.2 PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY 49
7.2.1 Návrh přípravy teplé vody 50
7.2.1.1 Stanovení potřeby tepelné vody 50
7.2.1.2 Stanovení spotřeby tepla 51
7.2.1.3 Stanovení křivky odběru a dodávky tepla 52
7.2.1.4 Stanovení tepelného výkonu pro ohřev vody 53
7.3 TEPELNÉ ČERPADLO 53
7.3.1 Návrh tepelného čerpadla 55
7.4 SOUSTAVA OTOPNÝCH TĚLES 56
7.4.1 Návrh soustavy otopných těles 56
7.5 SLUNEČNÍ KOLEKTORY 58
7.5.1 Návrh slunečních kolektorů 60
7.6 FOTOVOLTAICKÝ PANEL 61
7.6.1 Návrh fotovoltaického zařízení 61
8 ELEKTRONICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY EZS A EPS 63
8.1 ELEKTRONICKÉ ZABEZPEČOVACÍ SYSTÉMY 63
8.2 ELEKTRONICKÁ POŽÁRNÍ SIGNALIZACE 63
9 SBĚRNICOVÁ KOMUNIKACE LONWORKS 65
9.1 KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL LONTALK 66
9.2 VRSTVY PROTOKOLU 66
9.3 HARDWAROVÁ STRUKTURA UZLU 66
II PRAKTICKÁ ČÁST 67
10 POPIS KONKRÉTNÍHO NAVRHOVANÉHO DOMU 68
10.1 KONSTRUKČNÍ VLASTNOSTI DOMU 68
11 PARAMETRY DOMU 71
11.1 TEPELNĚ TECHNICKÉ PARAMETRY 71
11.1.1 Součinitel tepelného prostupu 71
11.1.2 Stabilita místnosti v zimním období, odezva na tepelnou zátěž 74
11.1.3 Stanovení tepelných ztrát a stanovení navrhovaného výkonu 74
11.1.4 Stanovení tepelného výkonu 75

12 NÁVRHY SYSTÉMU TECHNIKY PROSTŘEDÍ 77
12.1 VYTÁPĚCÍ SYSTÉM S VYUŽITÍM OBNOVITELNÉHO ZDROJE 78
12.1.1 Návrh tepelného čerpadla 78
12.1.2 Vytápěcí kotel na přípravu vody v otopné soustavě 78
12.1.3 Návrh potrubní sítě otopné soustavy 79
12.1.4 Požadavky na přípravu teplé vody 81
12.1.5 Solární kolektory na ohřev teplé vody 82
12.2 NÁVRH ELEKTROINSTALACE 83
12.2.1 Návrh fotovoltaických panelů 86
12.3 BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY EZS A EPS 87
12.3.1 Návrh elektronické zabezpečovací signalizace 88
12.3.2 Návrh elektronické požární signalizace 88
13 ŘÍZENÍ, KOMUNIKACE A INFORMAČNÍ SYSTÉM 90
13.1 NÁVRH ZAPOJENÍ SYSTÉMU 90
13.2 NÁVRH OVLÁDÁNÍ VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU 92
13.3 NÁVRH OVLÁDÁNÍ SOLÁRNÍHO OKRUHU K OHŘÍVÁNÍ TV 92
13.4 NÁVRH OVLÁDÁNÍ OSVĚTLENÍ 92
13.5 NÁVRH OVLÁDÁNÍ ŽALUZIÍ 93
13.6 VIZUALIZACE, OVLÁDACÍ SYSTÉM SCADA 94
13.7 ELEKTRONICKÝ INFORMAČNÍ SYSTÉM 97
14 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ 100
14.1 NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY 100
14.2 NÁKLADY NA INTELIGENTNÍ ELEKTROINSTALACI 101
14.3 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU 101
ZÁVĚR 104
ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ 106
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY 108
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK 111
SEZNAM OBRÁZKŮ 112
SEZNAM TABULEK 113
SEZNAM TABULEK 115
SEZNAM PŘÍLOH 116

ÚVOD

V dnešní době jsou populární rekonstrukce starých, nebo starších domů. Tyto domy obvykle nevyhovují normám, které byly stanoveny mnohem později, než tyto domy byly postaveny. Dalším trendem v dnešní době jsou nízkoenergetické a pasivní domy, které majiteli dávají větší komfort bydlení, a zároveň spoří peníze v některých případech na sebe dům může zpětně vydělat. Zároveň s těmito trendy nastupuje trend inteligentních domů. Inteligentní domy jsou definovány jako domy, které zajišťují vnitřní komfort prostřednictvím stavebních konstrukcí, techniky prostředí, řídících systému a managmentu. Cílem těchto inteligentních systémů v budovách je, omezení vstupu lidského faktoru do systému a zjednodušit obsluhu, šetřit energii a minimalizovat náklady na provoz budovy.

Náplní této práce bylo tedy prozkoumat navrhovací postupy včetně jejich vyhodnocení podle norem a následným výběrem vhodných možností provedení. Tyto návrhy jsou v práci uvedeny od návrhu zateplení až po elektroinstalaci a inteligentní rozvody systémů.

Návrhy mají po rekonstrukci za následek zařazení domu do třídy nízkoenergetických domů. Tato rekonstrukce je brána jako návrh řešení rekonstrukce a nejedná se o finální rozhodnutí investora. K návrhu rekonstrukce investor sdělil své požadavky a připomínky, které také byly uvažovány.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ENERGETICKY ÚSPORNÉ DOMY

V dnešní době se domy rozdělují do několika skupin. Domy starší, novostavby a moderní výstavby. Dále pak následují skupiny staveb, které nás zajímají a to jsou nízkoenergetické domy a pasivní domy a nulové domy.

Jedná se o trendy soudobé výstavby založené na principech komfortního bydlení s důrazem na energetickou úspornost, akustickou pohodu a kvalitu vnitřního prostředí. Je snaha o dostatek denního světla, trvalý přísun čerstvého vzduchu a příjemných povrchových teplot.

1.1 Nulové domy

Definice nulových domů je uvedena jako budova s velmi nízkou energetickou náročností, jejíž spotřeba energie je ve značném rozsahu pokryta z obnovitelných zdrojů

Základem této stavby je tedy navrhnout a postavit dům tak, aby měl co nejnižší spotřebu energie, a tuto energii pokrýt z obnovitelných zdrojů a nejlépe přebytečnou energii vracet do rozvodné sítě. [1]

Obr. 1. Příklad nulových domů

1.2 Pasivní domy

Jedná se o stavby, jež splňují některá dobrovolná kritéria energetických úspor o provozu domu. K dosažení těchto kritérií se používá kvalitní tepelná izolace a například vzduchotechnické systémy, které v zimním období vzduch ohřívají a v letních ochlazují.

Pro návrh a certifikaci takového domu v České republice je zapotřebí splnit určité podmínky. Například roční potřeba tepla na vytápění nesmí přesáhnout 15kWh/m^2 obytné plochy stavby za rok. [2]

1.3 Nízkoenergetické domy

Tyto domy vyžadují kvalitním návrhem a provedením stavebních postupů především bez tepelných mostů. Je snaha o dosažení kvalitních izolačních vlastností objektu podle doporučených hodnot normy ČSN 730540. Dále se může využívat řízená cirkulace vzduchu.

Největší výhodou těchto budov je že ve výsledku mohou být celkové provozní náklady o polovinu menší, v porovnání s náklady tradičního domu. Největší úspory se projevují na spotřebě energii na vytápění a provoz objektu.

Jde o běžné stavby, které se dostávají se spotřebou energie na vytápění pod 50 kWh/m^2 za rok. [3]

Tab. 1. Rozdělení budov podle spotřeby energie

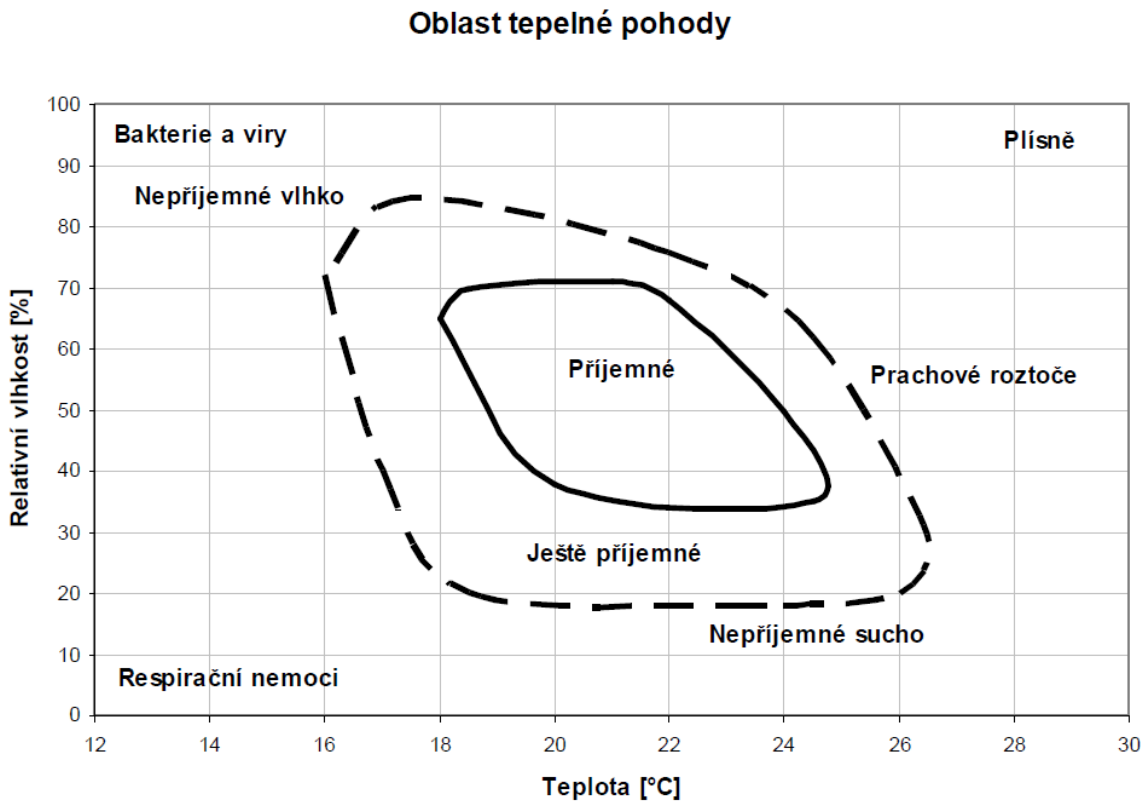
Kategorie	**Spotřeba tepla na vytápění** [kWh/m^2]
Nulový dům	0 - 5
Pasivní dům	6 - 15
Nízkoenergetický dům	16 – 50
Obvyklá novostavba	51 – 150
Starší budovy	až 250

2 POŽADAVKY NA VNITŘNÍ PROSTŘEDÍ

Při návrhu budov je snaha vybudovat místo s co nejpříjemnějším prostředím. I v dnešní době, ve které máme moderní přístroje, je velmi těžké vytvořit příjemné podmínky k pobytu osob. Proto jsou parametry pro správné podmínky prostředí zahrnuty v normách především ČSN EN 15251, dále pak ČSN 73 0540 a ČSN EN ISO 7730. Například to jsou to požadavky na parametry součinitele prostupu tepla, tepelnou stabilitu, množství vodních par v konstrukcích atd.

2.1 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda je pocit, který člověk vnímá při pobytu v daném prostředí. Tepelná pohoda je individuální pro každého člověka a především je závislá na teplotě vzduchu a relativní vlhkosti. Z h-x diagramu vychází graf 1., který znázorňuje oblasti, které jsou pro člověka příjemné nebo naopak nepříjemné. [8]



Graf 1. Oblast tepelné pohody

Při tvoření prostředí se snažíme vytvořit prostředí, které by nezvyšovalo tělesnou teplotu. Proto je potřeba odvádět vyprodukované tělesné teplo. Na druhou stranu je nutnost dávat pozor na to, aby teplo nebylo odváděno příliš silně ani příliš slabě. Mohlo by dojít k pocitu chladu a snížení tělesné teploty nebo naopak k jeho přehřívání. Ani jedno nevede k požadovanému stavu. [8]

Máme různé vlivy výměny tepla mezi tělem a prostředím.

- Faktory osobní
- Faktory prostředí

2.1.1 Faktory osobní

Jedná se o individuální pocit každého jedince

- Tepelný odpor oděvu $\boldsymbol{R}$ [$(m^2 \cdot K)/W$] – byla zavedena jednotka clo, která odpovídá hodnotě tepelného odporu $\boldsymbol{R}_{clo}$ = 0,155$(m^2 \cdot K)/W$. 1clo to je hodnota pro běžný pánský oblek s bavlněným spodním prádlem. [7, str. 21-23]

Tab. 2. Tepelný odpor oděvu

Druh oděvu	I [clo]
Letní (prádlo, kraťasy, krátký rukáv)	0,5
Běžný (spodní prádlo, kalhoty, dlouhý rukáv, sako)	1
Zimní (kabát)	2

- Energetický výdej člověka $\boldsymbol{M}$ [W/m] – Tepelný výkon člověka je závislý na konkrétním člověku a to konkrétně na jeho dispozicích, dále jakou činnost provádí a také závisí na podmínkách, ve kterých se člověk vyskytuje. [7, str. 20]

Tab. 3. Hodnoty metabolismu

Činnost	W	W/m^2	met
Spaní	70	40	0,7
Odpočívání, ležení na posteli	80	46	0,8
Sezení, odpočívání	100	58	1,0
Stání, práce vsedě	120	70	1,2
Velmi lehká práce (učitel, nakupování, vaření)	160	93	1,6
Lehká práce (domácí práce, práce s přístroji)	200	116	2,0
Středně těžká práce (tanec)	300	175	3,0
Těžká práce (tenis)	600	350	6,0
Velmi těžká práce (squash, práce v hutích)	700	410	7,0

2.1.2 Faktory prostředí

Jedná se o hodnoty, na sobě nezávislé, objektivní a měřitelné.

- Teplota vzduchu θ_a [°C] – základní nezávislá veličina vnitřního prostředí, slouží k analýze vnitřního prostředí z hlediska sdílení tepla prouděním. [4, str. 49]
- Rychlost proudění vzduchu w [m/s] – jedná se o veličinu, která významně mění vnímání teploty vzduchu v prostředí, určuje se velikostí a směrem.
- Relativní vlhkost vzduchu φ[%] – Jde o údaj, který odpovídá obsahu vodní páry ve vzduchu v závislosti s vnitřní teplotou. Hodnota v intervalu 30% - 70% působí na vnímání teploty nevýrazně. [4, str. 39-40]
- Střední radiační teplota θ_r [°C] – Společná teplota všech povrchů stěn. [4, str. 50]

2.1.3 Kritéria pro hodnocení tepelné pohody

Tepelná pohoda může být hodnocena i podle několika dalších kritérií.

Index PMV

Jedná se o zkratku z anglického **Predicted Mean Vote** – Ukazatel předpovídající tepelný pocit velké skupiny lidí. Tento pocit je hodnocen pomocí sedmibodové stupnice tepelných pocitů (viz. Tab. 4) založené na tepelné rovnováze lidského těla. Rovnováha nastává, je-li vnitřní tepelná produkce těla rovna tepelné ztrátě daného prostředí. [7, str. 8-9]

Tab. 4. Sedmibodová rovnice tepelných pocitů

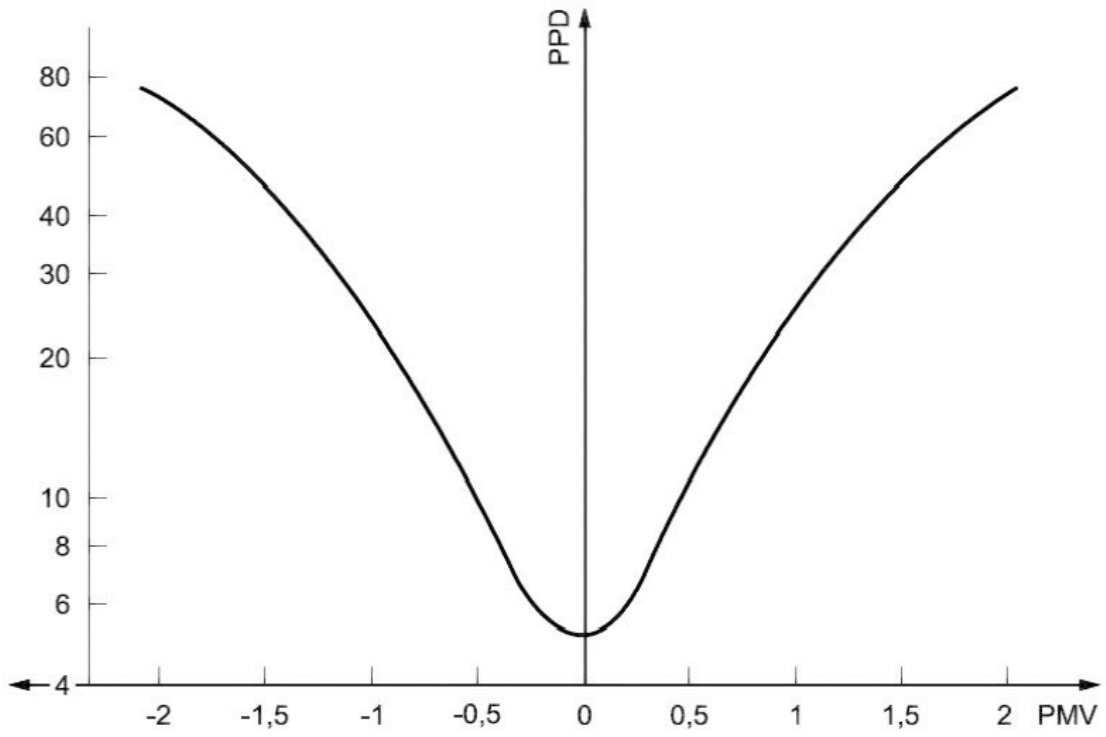
+3	Horko
+2	Teplo
+1	Mírně teplo
0	Neutrální
-1	Mírné chladno
-2	Chladno
-3	Zima

Index PPD

Ukazatel stanovující kvantitativní předpověď procenta osob nespokojených s tepelným prostředím, které pociťují jako příliš chladné nebo příliš teplé. Pro účely této mezinárodní normy jsou za nespokojené s tepelným prostředím považovány ty osoby, které budou volit horko, teplo, chladno nebo zima na sedmibodové stupnici v tabulce 4.

Je-li určena hodnota PMV, vypočítá se PPD pomocí rovnice číslo 3. [7, str. 9-10]

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{(-0{,}03353 PMV^4 - 0{,}2179 PMV^2)} \tag{3}$$



Graf 2. Závislost indexu PPD na indexu PMV

Relativní vlhkost vzduchu

Jedná se o bezrozměrnou veličinu, která se vyjadřuje nejčastěji v procentech. Udává poměr mezi okamžitým množstvím vodních par ve vzduchu a množstvím par, které by měl vzduch o stejném tlaku a teplotě při plném nasycení.

Zdrojem vlhkosti mohou být různé činnosti. Například sprchování, vaření i samotný člověk produkuje určité množství vodní páry v závislosti na intenzitě práce a okolní teploty. Vlhkost dosahuje rozdílných hodnot v zimním a letním období. V zimním například dochází k nízké relativní vlhkosti v důsledku velkému působení otopných těles.

Ideální stav relativní vlhkosti je brán v intervalu mezi 30% – 70%. V momentě, kdy je relativní vlhkost menší než 30%, může docházet k vysychání sliznice. Naopak při překročení 70%, může vyvolat pocit dusna a mohou vznikat plísně. [9, str. 17]

Operativní teplota

Operativní teplota vzduchu je jednotná teplota uzavřeného prostoru, uvnitř kterého by člověk sdílel sáláním a prouděním stejně tepla jako v prostředí skutečném. Stanoví se výpočtem.

Ve většině případů, kde je relativní rychlost proudění vzduchu malá (< 0,2 m/s), nebo kde je malý rozdíl mezi střední radiační teplotou a teplotou vzduchu (< 4 °C), je možno operativní teplotu vypočítat s dostatečným přiblížením jako aritmetický průměr teploty vzduchu $\boldsymbol{\theta_a}$ a střední radiační teploty $\boldsymbol{\theta_r}$. Při vyšších rychlostech vzduchu a větším rozdílu teplot $\boldsymbol{\theta_a}$ a $\boldsymbol{\theta_r}$ se operativní teplota určí z rovnice 2. [4, str. 50]

$$\theta_0 = \frac{h_c\theta_a + h_r\theta_r}{h_c + h_r}[°C] \tag{1}$$

$$\theta_0 = \theta_r + A \cdot (\theta_a - \theta_r)[°C] \tag{2}$$

$\boldsymbol{\theta_a}$ – Teplota vzduchu [°C],

$\boldsymbol{\theta_r}$ – střední radiační teplota [°C],

$\boldsymbol{h_c}$ – součinitel prostupu tepla konvekcí [W/(m2K)],

$\boldsymbol{h_r}$ – součinitel prostupu tepla radiací [W/(m2K)],

$\boldsymbol{A}$ – součinitel rychlosti proudění vzduchu [-].

Tab. 5. Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu

Rychlost proudění vzduchu	0,2	0,3	0,4	0,8	1
Součinitel rychlosti proudění vzduchu A	0,5	0,6	0,65	0,7	1

2.2 Škodliviny a jejich koncentrace

Každé ovzduší je svým způsobem znečištěné. Jedná se o produkty biologických nebo technologických procesů. Tyto látky mohou být v ovzduší obsaženy v tuhé, kapalné nebo plynné formě částic. Konkrétně se může jednat o prachové částice, kouř, páry, aerosoly nebo bakterie. Při vyšších koncentracích zejména na pracovištích, nebo průmyslových objektech se zavádí systém nuceného větrání. Je snaha odvádění nahromaděných škodlivin v ovzduší a přívod čerstvého vzduchu z vnějšího prostředí. [10]

Pro správnou regulaci výměny škodlivin nám slouží indexy NPK a PEL.

- PEL [ppm] – přípustný expoziční limit – udává průměrné množství koncentrace chemické látky nebo prachu, při které může být podle současného stavu znalostí vystaven zaměstnanec v osmihodinové nebo kratší směně týdenní pracovní doby, aniž by u něho došlo i při celoživotní pracovní expozici k poškození zdraví, k ohrožení jeho pracovní schopnosti a výkonnosti. [10]
- NPK [ppm] – nejvyšší přípustná koncentrace - je taková koncentrace chemické látky, které nesmí být zaměstnanec v žádném úseku směny vystaven. Při zohlednění průměrné přípustné koncentrace látky lze v některých případech pobývat po dobu 15 minut s odstupem jedné hodiny, maximálně však ve čtyřech patnácti minutových úsecích s odstupem jedné hodiny mezi nimi. [10]

Tab. 6. PEL a NPK několika vybraných chemických látek v ovzduší na pracovišti

Látka	**PEL [mg/m^3]**	**NPK [mg/m^3]**	**V jednotkách [ppm]**
Aceton	800	1500	0,421
Benzen	3	10	0,263
Fosfor	0,1	0,3	0,197
Chlor	1,5	3	0,344
Oxid siřičitý	5	10	0,382
Oxid uhličitý	9000	45000	0,556
ozon	0,1	0,2	0,509

2.3 Větrání objektu

Další důležitou součástí mikroklimatických podmínek je větrání objektu. Subjektivní pocit člověka je ovlivňován i správnou výměnou vzduchu, vzhledem k jeho vykonávané činnosti. Vzduch, který je obsažen ve vnitřním prostředí by měl být vyměňován s danou intenzitou a také objemovým tokem (viz. rovnice číslo 4 a 5). Pro optimální podmínky je potřeba dodávat do prostředí takový vzduch, ve kterém koncentrace oxidu uhličitého nepřekračuje 0,1% v celkovém objemu prostředí.

$$n = \frac{\dot{V}_E}{V}[h^{-1}] \tag{4}$$

n – Intenzita větrání [h^{-1}] ,

$\boldsymbol{V}_{\mathbf{E}}$ – objemový tok větracího vzduchu [m^3/h],

V – vnitřní objem místnosti [m^3].

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_{ŠKOD}}{k_I - k_A}\left[m^3 / h\right] \tag{5}$$

V – Minimální množství přiváděného vzduchu [m^3/h],

$\boldsymbol{m_{ŠKOD}}$ – hmotnostní tok vznikajících škodlivin [g/h],

$\boldsymbol{k_I}$ – koncentrace odváděného vzduchu [g/m^3],

$\boldsymbol{k_A}$ – koncentrace přiváděného vzduchu [g/ m^3].

Pokud je vzduch přiváděn do místnosti, ve které se vyskytují osoby, musí být intenzita větrání vyšší než intenzita, která je stanovená předpisy pro minimální výměnu čerstvého vzduchu. Zároveň intenzita větrání nesmí překročit 1,5 násobek hodnoty minimální hodnoty výměny vzduchu, jak vidíme v rovnici číslo 6. Minimální výměna čerstvého vzduchu je u obytných domů 0,3 h^{-1} až 0,6 h^{-1}.

Není-li v místnosti žádná osoba, musí být intenzita větrání vyšší než 0,1 h^{-1} , pokud není stanoveno jinak předpisy pro provozní bezpečnostní, či technologické podmínky. Tímto postupem se omezuje nárůst škodlivin v době, kdy místnost není využívána. [5, str. 24-25]

$$n_N \leq n \leq 1{,}5 n_N \tag{6}$$

n – Intenzita větrání,

$\boldsymbol{n_N}$ – intenzita větrání stanovená předpisy.

Z rovnice číslo 5 lze určit minimum přiváděného vzduchu do místnosti. Pokud se osoby vyskytují v prostředí s obsahem 21 % kyslíku, kde každý člověk vydýchá přibližně 0,5m^3 vzduchu o koncentraci 4% oxidu uhličitého. Hmotnostní tok vznikajících škodlivin je tedy 0,02 m^3/h oxidu uhličitého, jehož maximální koncentrace nesmí překročit 0,1 % celkového objemu místnosti. Při použití rovnice je zjištěno, že minimální množství přiváděného vzduchu činí 30m^3/h.

$$\dot{V} = \frac{\dot{m}_{ŠKOD}}{k_I - k_A} = \frac{0{,}02}{0{,}001 - 0{,}00035} = 30{,}77 m^3 / h \cong 30 m^3 / h \tag{7}$$

Tab. 7. Množství čerstvého vzduchu na osobu

Činnost	Množství čerstvého vzduchu [m^3/h]
Žádná činnost	30
Práce v sedě	50
Práce ve stoje, chůze	70
Těžká fyzická práce	90
Koncertní haly	120

2.4 Akustika

Zabývá se vznikem zvukového vlnění, jeho šířením a vnímáním konečným posluchačem. Stavební akustika se zabývá především izolací a eliminací nežádoucího zvuku a hluku, které se šíří z okolí nebo do okolí. Proto se stavební akustika, která je součástí stavební fyziky, snaží vybírat takový stavební materiál, který zamezí nežádoucí šíření hluku. Příslušná norma řeší zvukovou izolaci spojovacích konstrukcí mezi vedlejšími místnostmi, která musí splňovat podmínku vzduchové neprůzvučnosti ***Rw*** = 53 dB.

Hluk ze zdroje uvnitř budovy, kterým bývá nejčastěji činnost člověka a činnost technických zařízení, se šíří vzduchem nebo konstrukcemi.

- Zvuk šířený vzduchem - V případě hluku šířeného vzduchem jde o mluvenou řeč, hudbu apod.
- Zvuk šířený konstrukcemi - Hluk šířený konstrukcemi vzniká mechanickým impulsem na samotnou konstrukci - chůzí, činností člověka, pádem předmětů, přenosem vibrací od strojních zařízení apod. Hovoříme pak o kročejovém zvuku.

Používané veličiny ve stavební akustice jsou akustický výkon, který popisuje zdroj hluku, dále akustický tlak, zkoumající změnu tlaku a nakonec intenzita vzduchu, která charakterizuje úroveň zvuku v určité vzdálenosti od zdroje. V tabulce 8. jsou uvedeny referenční hodnoty pro používané veličiny. [9, str. 18, str. 21]

Tab. 8. Referenční hodnoty akustiky

Veličina	**Hodnota**
Akustický výkon	$P_{REF} = 10^{-12}$ W
Akustický tlak	$P_{REF} = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa
Intenzita vzduchu	$I_{REF} = 10^{-12}$ W·m^{-2}

2.5 Osvětlení

Jelikož lidé tráví v budovách až 90% svého času, je potřeba místnosti patřičně osvětlovat. Správné osvětlení povzbuzuje náladu a motivuje člověka, k dobrému odvádění své práce. Navíc osvětlení snižuje riziko chyb a pracovních úrazů. Osvětlení ve vnitřním prostředí se dělí na přirozené osvětlení, umělé osvětlení a sdružené osvětlení. [9, str. 18]

- Přirozené osvětlení – Jedná se o všechno světlo ze slunečního záření, které přímo dopadá do objektu nebo jde o světelné záření, které se šíří a rozptyluje v Zemské atmosféře.
- Umělé osvětlení – To této kategorie spadají různé žárovky, zářivky nebo LED osvětlení. Jsou to zdroje světla, které jsou tvořeny elektrickými komponenty.
- Sdružené osvětlení – Kombinace přirozeného osvětlení a umělého osvětlení.

2.6 Optimální mikroklimatické podmínky

Nároky na mikroklimatické podmínky v budově vycházejí tedy z pocitů tepelné pohody u jednotlivých osob, které se v objektu nacházejí. Při dosažení požadované tepelné pohody, se očekává více než 80% spokojenost přítomné skupiny osob.

Tab. 9. Optimální mikroklimatické podmínky

Kritéria	Letní období	Zimní období
Operativní teplota [°C]	23 – 26	20 – 24
Relativní vlhkost [%]	30 – 70	30 – 70
Rychlost proudění vzduchu [m/s]	0,16 – 0,25	0,13 – 0,20
Teplota podlahy [°C]	Netopí se	19 – 26
Rozdíl teploty od hlavy ke kotníkům [°C]	< 3	< 3

3 VNĚJŠÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Jsou to takové vnější klimatické podmínky, které působí na dům nebo budovu a ovlivňují klimatické podmínky uvnitř objektu. Vnější klima se skládá s několika faktorů. Patří mezi ně vnější klimatická teplota, vlhkost vzduchu, směr a rychlost proudění větru a hlavně sluneční záření.

3.1 Faktory vnějších klimatických podmínek

3.1.1 Vnější klimatická teplota

Základní veličina, která se považuje při návrhu vzduchotechnických soustav. Stanovuje se jako průměr pěti po sobě jdoucích nejchladnějších dnů v zimním období, které jsou zjištěny pomocí dlouhých meteorologických měření. V České republice jsou výpočtové teploty stanoveny na -12°C, -15°C a -18°C. [6, str 24]

3.1.2 Vlhkost vzduchu

Vlhkost vzduchu je závislá na množství atmosférických srážek v okolí. Pokud je vlhkost vzduchu vyšší, dochází k zvyšování obsahu vlhkosti v obvodových konstrukcích domu. Vlhkost v konstrukcích má za následek tepelnou ztrátu daného objektu. [9, str. 17, str. 20]

3.1.3 Tlak vzduchu

Jedná se o sílu, která působí v daném místě atmosféry kolmo na libovolně orientovanou plochu jednotkové velikosti, je vyvolán tíhou vzduchového sloupce sahajícího od hladiny, ve které se tlak zjišťuje, až k horní hranici atmosféry. Tlak vzduchu se měří v pascalech [Pa]. Na velikost atmosférického tlaku má vliv teplota vzduchu, obsah vodní páry v atmosféře, nadmořská výška a zeměpisná šířka. Pro vzájemné porovnávání se používá tlak redukovaný na hladinu moře. Tento tlak je průměrně 1013,25.

3.1.4 Sluneční záření

Jeden z hlavních a důležitých zdrojů energie tepla a světla. Intenzita slunečního záření se udává jako solární konstanta. Pohybuje se v hodnotách od 1340 W/m^2 do 1380 W/m^2. Sluneční energie se do budov a objektů dostává konvekcí a radiací skrz stěnové konstrukce a prosklené plochy. Množství sluneční záření dopadající na objekt je závislé na orientaci a geografické poloze domu a také na azimutu Slunce. V některých oblastech je důležitým faktorem i znečištění oblohy. Toto znečištění lze definovat součinitelem znečištění, závisí

na množství nečistot v ovzduší a na atmosférickém tlaku. Součinitel znečistění nabývá nejnižších hodnot v horských oblastech a naopak nejvyšších hodnot v oblastech měst a průmyslových zón. [6, str. 26, str. 69]

4 POŽADAVKY NA STAVEBNĚ FYZIKÁLNÍ PARAMETRY

Hlavním požadavkem u konstrukcí nízkoenergetických rodinných domů je snížit tepelné ztráty a využívat pozitivně tepelné zisky. Pokud je řešení provedeno správně mohou vzniknout až dvoutřetinové úspory na energiích. Samozřejmě při výstavbě takovýchto objektů by měli být dodržovány určitá pravidla.

Jedním z nejdůležitějších je takzvaná těsnost budovy. V podstatě jde o to, aby nedocházelo ke ztrátě tepelné energie, která by mohla být využita. Tato energie se ztrácí z budovy vzduchem přes spáry kolem oken, krbů atd. Vzduchotěsnost budovy se měří takzvaným Blower door testem. Jde o metodu, která se provádí za pomocí ventilátoru umístěného do otvoru v budově. Tímto způsobem měří rozdíl tlaků mezi exteriérem a interiérem a pomáhá identifikovat místa nežádoucích úniků. [11, str. 6]

4.1 Součinitel prostupu tepla

U prostupu tepla dochází k fyzikálnímu jevu zvanému přestup tepla. Tento fyzikální jev je popsán jako děj, při kterém dochází na rozhraní dvou látek s různou teplotou k přenesení tepla z jedné látky do druhé. Jedná se o zvláštní případ vedení tepla.

Součinitel prostupu tepla je velice důležitý při navrhování konstrukcí. Musí splňovat určité parametry a požadavky u jednotlivých konstrukcí a nakonec pro celkovou budovu. Tyto hodnoty udává vyhláška č.268/2009 Sb. [12]

Konstrukce vytápěných nebo klimatizovaných budov musí mít v prostorech s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu do 60 % součinitel prostupu nižších hodnot, než je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla. [5, str. 12-18] [9, str. 21-22]

$$U \leq U_N \left[W/\left(m^2 \cdot K\right)\right] \tag{8}$$

$\boldsymbol{U}$ – Součinitel prostupu tepla [W/(m2·K)],

$\boldsymbol{U}_{\mathrm{N}}$ – požadovaný součinitel prostupu tepla [W/(m2·K)].

Součinitel prostupu tepla je celková výměna tepla v mezi dvěma prostředími, které jsou odděleny od sebe stavební konstrukcí o tepelném odporu *R*. Součinitel prostupu tepla se stanovuje pomocí rovnic (9) a (10). [5, str. 12-18]

Stanovení součinitele prostupu tepla rovnicí (9) pomocí tepelných odporů tepla.

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + R_N + R_{se}} = \frac{1}{R}\left[W/\left(m^2 \cdot K\right)\right] \tag{9}$$

$\boldsymbol{U_k}$ - Součinitel prostupu tepla [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{R_{si}}$ – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [(m^2·K)/W],

$\boldsymbol{R_N}$ – celkový tepelný odpor konstrukce [(m^2·K)/W],

$\boldsymbol{R_{se}}$ – tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně [(m^2·K)/W].

Tab. 10. Tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce

Typ konstrukce		Tepelný odpor R_{si} [(m^2·K)/W]
Svislá		0,13
Vodorovná	Tepelný tok nahoru	0,10
	Tepelný tok dolů	0,17

Tab. 11. Tepelný odpor na vnější straně konstrukce

Typ konstrukce	Tepelný odpor R_{se} [(m2·K)/W]
Zimní období (do 1000 m.n.m.)	0,04
Zimní období (nad 1000 m.n.m.)	0,03
Letní období	0,07

Stanovení součinitele prostupu tepla rovnicí (10) pomocí součinitelů přestupu tepla, tloušťky konstrukce a součinitele tepelné vodivosti.

$$U_K = \left(\frac{1}{h_I} + \sum\frac{S}{\lambda} + \frac{1}{h_E}\right)\left[W/\left(m^2 \cdot K\right)\right] \tag{10}$$

$\boldsymbol{U_K}$ - Součinitel prostupu tepla [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{h_I}$ – součinitel přestupu teplna na vnitřní straně [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{h_E}$ – součinitel přestupu teplna na vnější straně [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{S}$ – tloušťka konstrukce [(m^2·K)/W],

$\boldsymbol{\lambda}$ – součinitel tepelné vodivosti [W/(m·K)].

Požadovaný součinitel tepla U_N se stanovuje dvěma způsoby:

- Pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotu v rozmezí 18°C až 22°C a pro všechny návrhové venkovní teploty podle tabulky 12. V tomto případě se jedná o budovy obytné (nevýrobní bytové), občanské (nevýrobní nebytové) budovy s převážně dlouhodobým pobytem lidí. [5, str. 12-18]
- Pro budovy s odlišnou převažující návrhovou teplotou ze vztahu (11).

$$U_N = U_{N,20} \cdot e_1 \left[W/\left(m^2 \cdot K\right) \right] \tag{11}$$

$\boldsymbol{U_N}$ – Požadovaný součinitel prostupu tepla [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{U_{N,20}}$ – součinitel prostupu tepla z tabulky 12. [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{e_1}$ – součinitel typu budovy, který je stanoven rovnicí (12) [-].

$$e_1 = \frac{16}{\theta_{IM} - 4} \tag{12}$$

$\boldsymbol{e_1}$ – Součinitel typu budovy [-],

$\boldsymbol{\theta_{IM}}$ – převažující návrhová vnitřní teplota [°C].

Tab. 12. Vybrané požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m^2·K)]		
	Požadované hodnoty $U_{N,20}$	Doporučené hodnoty $U_{REC,20}$	Doporučené hodnoty (pasivní domy) $U_{REC,20}$
Vnější stěna - těžká	0,30	0,25	0,18 až 0,12
Vnější stěna - lehká	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Střecha plochá a se sklonem do 45°	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Střecha se sklonem nad 45°	0,30	0,20	0,18 až 0,12
Podlaha a stěna vytápěného prostoru k zemině	0,45	0,30	0,22 až 0,15
Strop a vnitřní stěna z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,60	0,40	0,30 až 0,20

Tab. 13. Hodnoty součinitele typu budovy e_1[-]

Převažující návrhová vnitřní teplota θ_{im}[°C]	15	16	17	18-22	23	24	25	26	27	28
Součinitel typu budovy e_1[-]	1,45	1,33	1,23	1,00	0,84	0,80	0,76	0,73	0,70	0,69

Pro konstrukce vytápěných budov s relativní vlhkostí vnitřního vzduchu vyšší než 60% se požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_N stanoví jako nižší z hodnot, tak z podmínky pro zvýšenou vlhkost rovnice (13). [5, str. 12-18]

$$U_{\omega,N} = \frac{0{,}6 \cdot (\theta_{ai} - \theta_{\omega})}{R_{si} \cdot (\theta_{ai} - \theta_{e})} \left[W/\left(m^2 \cdot K\right) \right] \tag{13}$$

$\boldsymbol{U_{\omega,N}}$ – Podmínka pro zvýšenou vlhkost prostředí,

$\boldsymbol{R_{si}}$ – tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [(m^2·K)/W],

$\boldsymbol{\theta_{ai}}$ – návrhová teplota vnitřního vzduchu [°C],

$\boldsymbol{\theta_{e}}$ – návrhová teplota venkovního vzduchu v zimním období [°C],

$\boldsymbol{\theta_{\omega}}$ – návrhová teplota rosného bodu [°C].

Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} budovy nebo vytápěné zóny budovy musí splňovat podmínku podle rovnice (14).

$$U_{em} = U_{em,N} \left[W/\left(m^2 \cdot K\right) \right] \tag{14}$$

$\boldsymbol{U_{em}}$ – Průměrný součinitel prostupu tepla [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{U_{em,N}}$ – požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla [W/(m^2·K)].

Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla se stanovuje dvěma způsoby. Pro obytné budovy (nevýrobní bytové) a občanské budovy (nevýrobní nebytové) s převážně dlouhým pobytem lidí, které mají převažující návrhovou vnitřní teplotou v intervalu od 18 °C do 22 °C a s požadovaným průměrným součinitelem prostupu tepla do 0,5 [W/m2·K].

Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s odlišnou převažující návrhovou vnitřní teplotou pomocí rovnice (15). [5, str. 12-18]

$$U_{em.N} = U_{em,N,20} \cdot e_1 \left[W/m^2 \cdot K \right] \tag{15}$$

$\boldsymbol{U_{em,N}}$ – Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{U_{em,N,20}}$ – průměrný součinitel prostupu tepla obytných budov do 0,5 [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{e_1}$ – součinitel typu budovy (12) podle tabulky 13.

Průměrný součinitel obálky budovy se stanovuje ze vztahu (16).

$$U_{em} = \frac{H_T}{A}\left[W/m^2 \cdot K\right] \tag{16}$$

$\boldsymbol{U_{em}}$ – Průměrný součinitel obálky budovy [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{H_T}$ – měrná ztráta prostupem tepla [W/K],

$\boldsymbol{A}$ – teplosměrná plocha obálky budovy [m^2].

$$H_T = U \cdot A \cdot b\left[W/K\right] \tag{17}$$

$\boldsymbol{H_T}$ – Měrná ztráta prostupem tepla [W/K],

$\boldsymbol{U}$ – součinitel prostupu tepla [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{A}$ – teplosměrná plocha obálky budovy [m^2],

$\boldsymbol{b}$ – činitel teplotní redukce podle tabulky číslo 14 [-].

Tab. 14. Návrhové hodnoty činitele teplotní redukce

Konstrukce		Činitel teplotní redukce b [-]	
		Vytápěné	Částečně vytápěné
Okna, dveře aj.		1,15	0,52
Střechy a stropy nad venkovním prostředím		1,00	0,71
Lehké obvodové pláště		1,00	0,71
Půda, podstřešní prostor	neizolované, nestřešené	0,83	0,54
	neizolované, těsněné	0.74	0,46
	izolované, těsněné	0,57	0,29
Suterén, technické podlaží	zcela pod terénem	0,43	0,14
	zčásti pod terénem	0,49	0,20
	Odvětrané	0,57	0,29
Nadzemní přilehlá garáž, zimní zahrada aj.		0,49	0,20

4.2 Vlhkostní vlastnosti konstrukce

Uvnitř konstrukce se vyskytuje vodní pára, která vzniká pomocí kondenzace. Tato vodní pára přímo ovlivňuje požadovanou funkci konstrukce, jako například její životnost nebo zvýšení hmotnosti, ale také vede ke vzniku plísní. Proto se musí takové kondenzaci předcházet.

$$M_c = 0\left[kg/(m^2 \cdot a)\right] \tag{18}$$

$\boldsymbol{M_C}$ – Roční množství zkondenzované vodní páry [kg/(m^2·rok)].

Pro stavební konstrukce, u kterých kondenzace vodní páry uvnitř konstrukce neohrozí její požadovanou funkci, se požaduje omezení ročního množství zkondenzované vody uvnitř konstrukce tak, aby splňovalo podmínku (19).

$$M_C \leq M_{C,N} \tag{19}$$

$\boldsymbol{M_C}$ – Roční množství zkondenzované vodní páry [kg/(m^2·rok)],

$\boldsymbol{M_{C,N}}$ – maximální hodnota ročního množství zkondenzované vodní páry [kg/(m^2·rok)].

U jednoplášťových střech, konstrukcí se zabudovanými dveřními prvky, konstrukcí s vnějším tepelně izolačním systémem nebo vnějším obkladem, popřípadě jinou obvodovou konstrukci s difúzně málo propustnými vnějšími povrchovými vrstvami je hodnota maximálního ročního množství zkondenzované vody podle vztahu (20) nebo 3 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m^3. Pro materiál s objemovou hmotností nižší než 100 kg/m^3 se použije 6 % jeho plošné hmotnosti.

$$M_{C,N} = 0{,}10 \frac{kg}{(m^2 \cdot a)} \tag{20}$$

Pro ostatní stavební konstrukce je nižší z hodnot (21), nebo 5 % plošné hmotnosti materiálu, ve kterém dochází ke kondenzaci vodní páry, je-li jeho objemová hmotnost vyšší než 100 kg/m^3. Pro materiál s objemovou hmotností nižší než 100 kg/m^3 se použije 10 % jeho plošné hmotnosti.

$$M_{C,N} = 0{,}50 \frac{kg}{(m^2 \cdot a)} \tag{21}$$

Průměrné roční množství zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce musí být nižší, než je roční množství vypařitelné vodní páry uvnitř konstrukce (22).

$$M_C \leq M_{ev} \tag{22}$$

$\boldsymbol{M_C}$ – Roční množství zkondenzované vodní páry [kg/(m^2·rok)],

$\boldsymbol{M_{ev}}$ – roční množství vypařitelné zkondenzované vodní páry uvnitř konstrukce [kg/(m^2·rok)].

Tyto požadavky se uplatňují pro vnější i vnitřní konstrukce s výjimkou konstrukcí přilehlých k zemině a prokazují se bilančním výpočtem po měsících.

Kromě požadavků se u konstrukcí s větranou vzduchovou vrstvou požaduje ověřit průběh relativní vlhkosti vzduchu proudícího v této vrstvě φ_{cv}, která musí po celé délce této vrstvy splňovat podmínku (23). [5, str. 21-22]

$$\varphi_{cv} = 90\% \tag{23}$$

$\boldsymbol{\varphi_{cv}}$ – Vlhkost vzduchu proudícího ve vrstvě [%].

4.3 Tepelná stabilita místnosti

Požadavky na tepelnou stabilitu místnosti jsou různé v závislosti na období.

4.3.1 Tepelná stabilita místnosti v zimním období

Požaduje se, kritická místnost na konci doby chladnutí *t* vykazovala pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období podle vztahu (24).

$$\Delta\theta_V(t) \leq \Delta\theta_{V,N}(t)[°C] \tag{24}$$

$\boldsymbol{\Delta\theta_v(t)}$ – Hodnota poklesu výsledné teploty [°C],

$\boldsymbol{\Delta\theta_{v,N}(t)}$ – požadovaná hodnota poklesu výsledné teploty [°C], stanovené z tabulky 15.

Tab. 15. Vybrané požadované hodnoty poklesu výsledné teploty místnosti v zimním období

Druh místnosti (prostoru)	Pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období $\boldsymbol{\Delta\theta_{v,N}(t)}$ [°C]
S pobytem lidí po přerušní 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 topnou přestávkou: - budova masivní	6
- budova lehká	8

Za kritickou místnost považujeme takovou místnost, která má nejvyšší průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcí místnosti. Nejčastěji se jedná o rohovou místnost pod střechou. [5, str. 25-26]

4.3.2 Tepelná stabilita místnosti v letním období

Kritická místnost musí vykazovat nejvyšší denní teplotu vzduchu v místnosti v letním období podle vztahu (25).

$$\theta_{ai,\max} \leq \theta_{ai,\max,N} \left[°C\right] \tag{25}$$

$\boldsymbol{\theta_{ai,max}}$ – Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti [°C],

$\boldsymbol{\theta_{ai,max,N}}$ – požadovaná nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti [°C], stanovené z tabulky 16.

Tab. 16. Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\boldsymbol{\theta_{ai,max,N}}$ [°C]
Nevýrobní		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	- do 25 W/m^3 včetně	29,5
	- nad 25 W/m^3	31,5

Za kritickou místnost považujeme takovou místnost, která má největší plochu přímo osluněných výplní otvorů orientovaných na západ, jihozápad, jih, jihovýchod, východ, a to v poměru k podlahové ploše přilehlého prostoru.

Chlazení budovy se doporučuje navrhovat pouze v takových případech, kdy prokazatelně nelze stavebním řešením docílit splnění předchozích požadavků. Dále si musíme uvědomit, že strojně vybavené budovy na chlazení ve výsledku dosahují výrazně vyšší energetické náročnosti. [5, str. 26-27]

4.4 Tepelná ztráta místnosti

Tepelné ztráty budovy jsou velmi důležité pro navrhování domů. Různé druhy výpočtů těchto ztrát je popsáno v normě ČSN EN 12831. [13]

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru se vypočítá ze vztahu (26) za pomocí návrhové tepelné ztráty prostupem tepla vytápěného prostoru a návrhové tepelné ztráty větráním vytápěného prostoru. [13, str.18]

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \left[W\right] \tag{26}$$

$\boldsymbol{\Phi_i}$ – Celková tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W],

$\boldsymbol{\Phi_{T,i}}$ – návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W],

$\boldsymbol{\Phi_{V,i}}$ – návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W].

4.4.1 Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla

Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla je závislá na okolních konstrukcích a okolních místnostech, které si mezi sebou vyměňují tepelnou energii. Dále tepelná ztráta může narůstat díky prostupu tepla do zeminy. Tepelná ztráta prostupem tepla se vypočítá z rovnice (27). [13, str. 18]

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)[W] \tag{26}$$

$\boldsymbol{\Phi_{T,i}}$ – Návrhová tepelná ztráta prostupem tepla vytápěného prostoru [W],

$\boldsymbol{H_{T,ie}}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí pláštěm [W/K],

$\boldsymbol{H_{T,iue}}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do venkovního prostředí nevytápěným prostorem [W/K],

$\boldsymbol{H_{T,ig}}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu [W/K],

$\boldsymbol{H_{T,ij}}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do sousedního prostoru vytápěného na výrazně jinou teplotu [W/K],

$\boldsymbol{\theta_{int,i}}$ – výpočtová vnitřní teplota [°C],

$\boldsymbol{\theta_e}$ – výpočtová venkovní teplota [°C].

4.4.2 Návrhová tepelná ztráta větráním

Druhá složka celkových tepelných ztrát se nazývá návrhová tepelná ztráta větráním. Tato návrhová hodnota je velice důležitá pro tepelnou pohodu a je velmi důležitá z důvodu hygienických kritérií.

Návrhovou tepelnou ztrátu větráním pro vytápěný prostor je možno vypočítat pomocí rovnice (27). [13, str. 18]

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e)[W] \tag{27}$$

$\boldsymbol{\Phi_{V,i}}$ – Návrhová tepelná ztráta větráním vytápěného prostoru [W],

$\boldsymbol{H_{V,i}}$ – součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K], které je vypočteno z rovnice 28 ,

$\boldsymbol{\theta_{int,i}}$ – výpočtová vnitřní teplota [°C],

$\boldsymbol{\theta_e}$ – výpočtová venkovní teplota [°C].

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \, [W/K] \tag{28}$$

$\boldsymbol{H_{V,i}}$ – Součinitel návrhové tepelné ztráty větráním [W/K],

$\boldsymbol{V_i}$ – výměna vzduchu ve vytápěném prostoru [m^3/s],

$\boldsymbol{\rho}$ – hustota vzduchu při určité teplotě [kg/m^3],

$\boldsymbol{c_p}$ – měrná tepelná kapacita vzduchu při určité teplotě [kJ/kg·K].

4.5 Tepelné zisky

Tepelné zisky mohou být různých druhů. Dva základní druhy tepelných zisků jsou Vnitřní tepelné zisky, které se nacházejí uvnitř objektu a vnější tepelné zisky, které se nacházejí mimo daný objekt.

4.5.1 Vnitřní tepelné zisky

Vnitřní tepelné zisky jsou například objekty, které produkují tepelnou energii, nebo se jedná a pohybující živé objekty, které také produkují tepelnou energii. Ve výsledku celkový vnitřní tepelný zisk je součet všech těchto zdrojů tepla.

- Tepelné zisky od různých elektrických a kancelářských spotřebičů. V podstatě se převážně jedná o teplo produkované počítači, další technikou nebo také vařením, praním či žehlením. Velká část těchto zisků pochází z osvětlení. Je to způsobeno tím, že podstatná část elektrické energie při svícení se mění na teplo. Tímto způsobem jsou vybaveny především objekty s malým přísunem denního světla, například sportovní haly, divadla a koncertní sály. Tyto tepelné zisky se mohou pohybovat až ve stovkách wattů.
- Tepelné zisky od živých objektů. Tyto zisky jsou závislé nejen na velikosti objektu, ale i na činnosti, kterou daný objekt právě provozuje. V objektech může takové zisky zajišťovat člověk nebo i domácí zvíře. V případě člověka produkce citelného tepla může u muže dosahovat 62 W při mírné aktivní práci s teplotou vzduchu

20 °C. U žen potom 85 % citelné produkce tepla muže a u dětí až 75 % citelné produkce tepla muže.

4.5.2 Vnější tepelné zisky

Nejvýznamnější složkou vnějších tepelných zisků je hlavně sluneční záření, to je ale závislé na ročním období a není stálé. Tyto zisky se nadále dělí na tepelné zisky konvekcí (29) a tepelné zisky radiací (30).

$$\dot{Q}_{KON} = U_O \cdot A_O \cdot (\theta_E \cdot \theta_I)\,[\mathrm{W}] \tag{29}$$

$\boldsymbol{Q}_{\mathrm{KON}}$ – Tepelný zisk konvekcí [W],

$\boldsymbol{U}_{\mathrm{O}}$ – součinitel prostupu tepla okna [W/(m^2·K)],

$\boldsymbol{A}_{\mathrm{O}}$ – plocha okna s rámem [m^2],

$\boldsymbol{\theta}_{\mathrm{E}}$ – výpočtová plocha exteriéru [°C],

$\boldsymbol{\theta}_{\mathrm{I}}$ – výpočtová plocha interiéru [°C].

$$\dot{Q}_{RAD} = \left[A_{OP} \cdot I_O \cdot c_O + (A_O - A_{OP}) \cdot I_{DIF}\right] \cdot \tau\,[\mathrm{W}] \tag{30}$$

$\boldsymbol{Q}_{\mathrm{KON}}$ – Tepelný zisk radiací [W],

$\boldsymbol{A}_{\mathrm{O}}$ – plocha okna s rámem [m^2],

$\boldsymbol{A}_{\mathrm{OP}}$ – velikost osluněné plochy [m^2],

$\boldsymbol{I}_{\mathrm{O}}$ – intenzita sluneční radiace skrz jednoduché zasklení [W/m^2],

$\boldsymbol{I}_{\mathrm{DIF}}$ – intenzita sluneční radiace získaná difůzí skrz jednoduché zasklení [W/m^2],

$\boldsymbol{c}_{\mathrm{O}}$ – korekční činitel čistoty atmosféry [-],

$\boldsymbol{\tau}$ – stínicí součinitel [-], určený podle rovnice (31).

$$\tau = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \ldots \cdot \tau_N \tag{31}$$

Stínící součinitel je bezrozměrná veličina, která určuje poměr ve stejných podmínkách mezi tepelným tokem průhlednou nebo průsvitnou látkou o určité ploše a tepelným tokem standardizovaného okna. Pro představu těchto hodnot je zde uveden tabulka 17. [14, str. 47, str. 52]

Tab. 17. Vybrané hodnoty stínícího součinitele pro okna a stínící prvky

Druh zasklení	τ	Stínicí prvky	τ
Jednoduché sklo	1,00	Vnitřní žaluzie lamely 45° světlé	0,56
Dvojité sklo	0,90	Vnitřní žaluzie lamely 45° střední barvy	0,65
Jednoduché determální sklo	0,70	Vnitřní žaluzie lamely 45° tmavé	0,75
Vnější determální, vnitřní obyčejné	0,60	Vnitřní žaluzie lamely 45° světlé	0,15
Reflexní sklo jednoduché průměrná jakost	0,70	Vnější žaluzie lamely 45°, ven jasné, dovnitř tmavé	0,13

4.6 Tepelný výkon

Celkový návrhový tepelný výkon vytápěného prostoru je součet zátopového tepelného výkonu a návrhové tepelné ztráty vytápěného prostoru. Stanovuje se ve wattech a vypočítáme jej podle rovnice (32).

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_i + \Phi_{RH,i} \text{ [W]} \tag{32}$$

$\boldsymbol{\Phi_{HL,i}}$ **–** Celkový návrhový tepelný výkon [W],

$\boldsymbol{\Phi_i}$ **–** návrhová tepelná ztráta vytápěného prostrou [W],

$\boldsymbol{\Phi_{RL,i}}$ **–** zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru [W].

4.6.1 Zátopový tepelný výkon

Jsou používány u prostor, které jsou přerušovaně vytápěny a to proto, aby dosáhly požadované výpočtové vnitřní teploty.

Zátopový tepelný výkon se stanoví pomocí podlahové plochy vytápěného prostoru a pomocí zátopového součinitele, který je závislý na druhu budovy, stavební konstrukci, době zátopu a předpokládaném poklesu vnitřní teploty během útlumu vytápění (33). [13, str. 32]

$$\Phi_{RH,i} = A_i + f_{RH} \text{ [W]} \tag{33}$$

$\boldsymbol{\Phi_{RL,i}}$ **–** Zátopový tepelný výkon vytápěného prostoru [W],

$\boldsymbol{A_i}$ **–** podlahová plocha vytápěného prostoru [m^2],

$\boldsymbol{f_{RH}}$ – zátopový součinitel [W/m^2].

Zátopový součinitel se uvádí v národní příloze normy. Pokud tak není, užijí se základní hodnoty z tabulky 18.

Tab. 18. Hodnoty zátopového činitele

Zátopový čas	f_{RH} [W/m^2]								
	Předpokládaný pokles vnitřní teploty během teplotního útlumu								
	2 K			3 K			4 K		
	Hmotnost budovy			Hmotnost budovy			Hmotnost budovy		
	Nízká	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká	Nízká	Střední	Vysoká
1	18	23	25	27	30	27	36	27	31
2	9	16	22	18	20	23	22	23	25
3	6	13	18	11	16	18	18	18	18
4	4	11	16	6	13	16	11	16	16

4.7 Umístění budovy v terénu

Hlavní požadavek na umístění budovy do terénu je samotná orientace dané budovy. Velmi důležité pro nízkoenergetické a pasivní rodinné domy jsou zisky tepelné energie ze slunečního záření. Toto tepelné záření prochází do objektu nejlépe prosklenými nebo průhlednými plochami. Je tedy výhodné navrhovat umístění a orientaci takového dobu aby strana s největší koncentrací těchto ploch byla otočená na jižní stranu. Samozřejmě tato strana musí být co nejméně stíněna objekty nebo stromy, ale zároveň se také musí zachovat soukromí. Problém u takových prosklených a průhledných ploch bývá přehřívání prostor během horkých letních měsíců, avšak tento problém se dá řešit pomocí žaluzií nebo rolet.

Naopak tyto prosklené nebo průhledné plochy nejsou jen zdrojem tepla, ale bohužel jsou příčinou tepelné ztráty budov. Tyto ztráty jsou největší ve spojích těchto prosklených a stěnách domu. Je tedy potřeba volit dobrou izolaci a vyvarovat se různým netěsnostem tak, aby dovnitř budovy pronikalo co nejméně chladného vzduchu. [14, str. 2-3]

4.8 Tvar a dispozice budovy

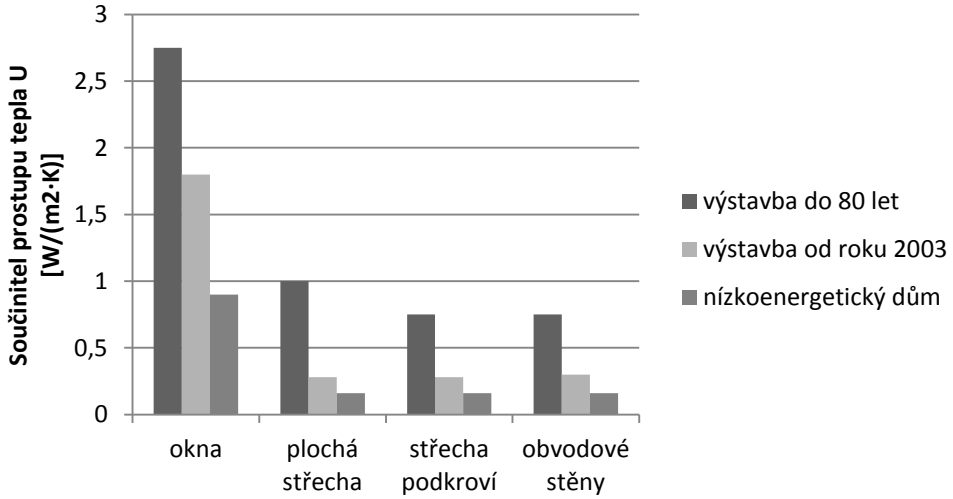
Při stavbě nízkoenergetických a pasivních domů se využívá takzvaných kompaktních tvarů. Jedná se o to, že čím jednoduší tvar budova má, tím méně tepelných mostů budova

disponuje. Nejvýhodnější tvary pro takové domy jsou srozumitelně krychle a kvádr. Také se doporučuje stavět domy s nepříliš rozsáhlým půdorysem.

Pro severní stranu budovy, kde se vyskytuje chladnější vzduch, je výhodné volit místnosti, které se nevytápějí. Například garáže, sklady nebo komory. Díky takto posazeným místnostem v podstatě vzniká pro vytápěné místnosti větší vrstva izolace oproti chladnějšímu vzduchu. Pro jižní stranu budovy bývá výhodné volit místnosti s co nejvyšším počtem prosklených a průhledných ploch, díky kterým může do objektu pronikat tepelné záření od Slunce. [16]

4.9 Konstrukce a stěny domu

Nízkoenergetické domy si zakládají na nízké spotřebě energií, s čím přímo souvisí schopnost udržet si co největší množství energie. Proto jsou nedílnou součástí nízkoenergetických budov dokonalé tepelné izolace. Tyto izolace dosahují tloušťky až 50 cm. Izolace je důležitá nejen mezi venkovním a vnitřním prostředím, ale také mezi vnitřními konstrukcemi mezi vytápěným a nevytápěným prostorem (garáž, sklep nebo půda atd.). Dále i podlahy, nebo stěny přilehlé k zemině musí disponovat důkladnou izolací, jelikož jenom zapuštění do zeminy bez izolace je vcelku neúčinné. Při použití podlahového vytápění je potřeba tuto izolaci k zemině více zesílit, aby se zbytečně nevytápěla zemina pod objektem.



Graf 3. Typické parametry stavebních konstrukcí

Při navrhování konstrukce u nízkoenergetických domů neexistuje ideální řešení, které by se dalo použít vždy. Důležité je konstrukce navrhovat tak, aby stěna byla dobře izolována i

v místě tepelných mostů. Bohužel těmto tepelným mostům se v konstrukci nelze vyvarovat.

Taková stěna, která má za úkol dobře izolovat a přitom nemá být silnější, než 50 cm nemůže být pouze z cihel a tvárnic. Velmi výhodné bývá zvolit nosné zdivo naopak co nejtenčí (přibližně okolo 24 až 30 cm) a následovně je posilnit důkladným izolačním materiálem. Taková izolace může být použita jako vnější kontaktní zateplení se stěrkovou omítkou, keramickým, dřevěným nebo jiným obkladem. Dále se používá i sendvičová konstrukce. Jedná se o izolaci, kde se izolace nachází mezi dvěma vrstvami zdiva nebo mezi zdivem a lehkou venkovní fasádou.

V dnešní době jsou velmi populární dřevostavby. U těchto staveb je velmi široká škála druhů konstrukcí. Jako například řešení s nosnou konstrukcí se sloupky, která je vyplněna izolací s různých druhů materiálů. Dalším zajímavým způsobem stavby je konstrukce z dřevěných panelů, vyrobených individuálně podle požadavků stavby. Na staveništi se pak jednotlivé díly poskládají do sebe. [15, str 4-6]

4.10 Konstrukce prosklených ploch a oken

Nízkoenergetické domy hojně využívají prosklených ploch a oken k získávání tepelné energie ze solárních zdrojů. Nejdůležitějším prvkem při návrhu takových ploch je kvalita. Důležité je, aby tyto plochy nedisponovali většími tepelnými ztrátami, než jsou jejich tepelné solární zisky. V roční bilanci proto musí oknem dopadnout dovnitř více energie, než jím unikne ven. Ideální řešení nabízí takzvané okna s trojsklem, popřípadě systém, kde je prostřední tabule skla nahrazena odrazivou fólií. Výhoda takového systému spočívá v menší hmotnosti. Využitelná je i selektivní vrstva, která se nachází na vnitřním povrchu a funguje jako polopropustná membrána. Do objektu propouští sluneční záření, které se v objektu mění na tepelnou energii, kterou tato selektivní vrstva udržuje v objektu tím, že ji odráží zpět do místnosti.

Další často používaný prvek používaný u prosklených ploch je vrstva mezi skly. Pro tuto vrstvu platí, čím větší vrstva tím lépe izoluje. Na trhu jsou běžné trojskla s mezerou 16 až 44 mm. Tyto mezery se plní například argonem nebo jiným vzácným plynem. Tyto plyny mají dobré izolační vlastnosti.

V dnešní době se často při návrzích nízkoenergetických domů uvažuje o vzduchotechnice. Při jejím použití je možno použít také neotvíratelná okna. Jejich cena je nižší, a díky této

vlastnosti mohou taková okna nabývat větších ploch. Z důvodů bezpečnosti v případu výpadků energií se však v každé místnosti nechává nejméně jedno otevíratelné okno.

Dalším parametrem prosklených ploch jsou rámy. Ty bohužel mají horší tepelnou izolaci než samotná skleněná plocha. Na rámy se používají různé druhy materiálů například dřevo nebo plast. Tyto rámy jsou i s izolací obvykle se jedná o izolaci polyuretanovou. Vliv na kvalitu okna má i takzvaný distanční rámeček mezi skly. Používají se nerezové nebo plastové rámečky. Tyto rámečky jsou mnohem účinnější než dříve používané hliníkové. Rámeček tvoří tepelný most, a proto je vhodné, aby byl zasazen v okenním rámu hlouběji. Tímto krokem se snižuje riziko kondenzace vodní páry na zasklení. [15 str. 5-6]

4.11 Konstrukce střechy

Střecha je důležitá součást budovy a obvykle plní hydroizolační funkci a funkci tepelné izolace objektu, je-li zastřešený prostor s požadavky na teplotu vnitřního prostředí. Střešní konstrukce ze základu dělíme na střechy ploché a šikmé. Do plochých střech spadají střechy se sklonem do 5° včetně. Dále jsou střechy děleny na jednoplášťové, víceplášťové a inverzní střechy. Uplatnění různých typů střech vyplývá z požadavků na šíření tepla a vlhkosti konstrukcí podle náročnosti vnitřního prostředí pod střechou. U dvouplášťových a víceplášťových střech se využívá vzduchová vrstva, který bývá větrána do vnějšího prostředí. Tato vrstva má za úkol odvádět vodní páry, které pronikají ze spodního pláště střechy, a tímto omezuje kondenzaci vodní páry.

Hydroizolační vrstva střechy chrání konstrukci střechy a vnitřní prostředí pod sebou před pronikáním vody v kapalném skupenství, sněhu a ledu. Tato hydroizolační vrstva se obvykle provádí z plastových folií nebo z asfaltových pásů. Tyto vrstvy se používají spíše u střech plochých nebo mírně skloněných. U střech s větším sklonem se používá tzv. skládaná hydroizolační vrstva. Tato vrstva je v podobě skládané krytiny. Může být pálená, betonová, plechová, plastová, cementovláknitá, z přírodního kamene atd. U střech se může použít i pojistná hydroizolační vrstva, která přebírá hydroizolační funkci při selhání hydroizolace.

Tepelněizolační vrstva má za úkol šíření tepla střechou. Používají se běžné materiály pro tepelné izolace. Například expandovaný pěnový polystyren, pěnový polyuretan nebo desky s minerálních látek aj.

Parozábrana omezuje šíření vodní páry difuzí do skladby střechy interiéru a tím omezuje nebo úplně zabraňuje kondenzaci vodní páry ve skladbě střechy. Tato zábrana se umisťuje co nejblíže k interiéru. Nejčastěji se používají plastové fólie, které mají vysoký difuzní odpor. Vrstva by měla být co nejvíce spojitá a tím pádem může plnit vzduchotěsnící funkci, která zabraňuje proudění vzduchu skrz skladbu střechy do interiéru, což zabraňuje nekontrolovatelným únikům tepla.

V prostoru střechy se mohou nacházet další vrstvy s různými funkčními a technickými vlastnostmi - spádová, vyrovnávací, ochranná, roznášecí, mikroventilační, vegetační, provozní aj. [17]

5 ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV

Hodnocení energetické náročnosti budovy se týká stavebníků, vlastníků a provozovatelů budov. Tyto požadavky jsou kladeny na energetickou náročnost budovy při její výstavbě, při změně dokončené budovy, energetickou klasifikaci při prodeji, či pronájmu, nebo povinnosti zpracovat průkaz energetické náročnosti budovy. Pro organizační složky státu.

5.1 Průkaz energetické náročnosti budov

Průkaz energetické náročnosti budovy popisuje energetickou náročnost budovy. Kvantifikuje veškeré energie spotřebované při standardizovaném provozu hodnocené budovy. Tyto průkazy jsou velmi podobné energetickým štítkům spotřebičů a řadí budovy do příslušných tříd energetických náročností, jak lze vidět v tabulce 19. [18]

Tab. 19. Třídy energetické náročnosti budovy

Třída energetické náročnosti budovy	Slovní vyjádření energetické náročnosti budovy
A	Mimořádně úsporná
B	Úsporná
C	Vyhovující
D	Nevyhovující
E	Nehospodárná
F	Velmi nehospodárná
G	Mimořádně nehospodárná

Požadavky na energetickou náročnost budov upravuje zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií (ve znění novely zákona č. 177/2006 Sb.) a vyhláška č. 148/2007 Sb. Stavebník, vlastník budovy nebo společenství vlastníků jednotek je podle tohoto zákona od 1. 1. 2009 povinen zajistit splnění požadavků na energetickou náročnost budovy a doložit je průkazem energetické náročnosti budovy při:

a) Výstavbě nových budov

b) Při větších změnách dokončených budov s celkovou podlahovou plochou nad 1000 m^2, které ovlivňují jejich energetickou náročnost

c) při prodeji nebo nájmu budov nebo jejich částí v případech, kdy pro tyto budovy nastala povinnost zpracovat průkaz podle písmene a.) nebo b.).

Průkaz energetické náročnosti budovy hodnotí veškeré energie potřebné pro provoz budovy. Mezi tyto energie patří energie na vytápění, přípravu tepelné vody, chlazení, úpravu vzduchu větráním a klimatizací a energie na osvětlení. Poté je budova zařazena do určité třídy podle energetické náročnosti budovy, která se udává v kWh/m^2. Rozdělení podle hodnoty energetických náročností budovy je zřejmé v tabulce 20. [19]

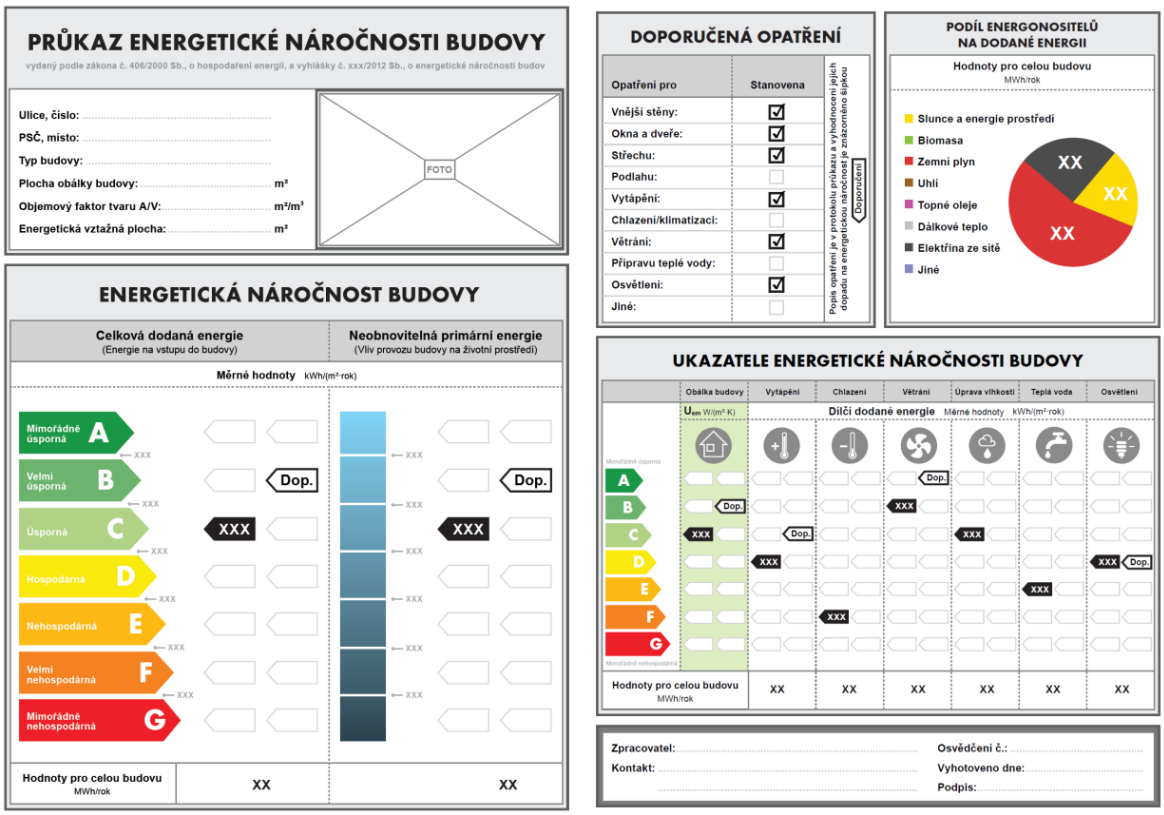
Tab. 20. Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy [kWh/m^2] [20]

Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
Rodinný dům	**< 51**	**51 – 97**	**98 – 142**	**143 – 191**	192 – 240	241 – 286	**> 286**
Bytový dům	**< 43**	**43 – 82**	**83 – 120**	**121 – 162**	**163 – 205**	**206 – 245**	**> 245**
Hotel a restaurace	**< 102**	**102 – 200**	**201 – 294**	**295 – 389**	**390 - 488**	**489 - 590**	**> 590**
Administrativní budova	**< 62**	**62 – 123**	**124 – 179**	**180 – 236**	**237 – 293**	**294 – 345**	**> 345**
Nemocnice	**< 109**	**109 – 210**	**211 – 310**	**311 – 415**	**416 – 520**	**521 – 625**	**> 625**
Budova pro vzdělávání	**< 47**	**47 – 89**	**90 – 130**	**131 – 174**	**174 – 220**	**221 – 265**	**> 265**
Sportovní zařízení	**< 53**	**53 – 102**	**103 – 145**	**146 – 194**	**195 – 245**	**246 – 297**	**> 297**
Budova pro velkoobchod a maloobchod	**< 67**	**68 – 121**	**122 – 183**	**184 - 241**	**242 – 300**	**301 – 362**	**> 362**

Vystavení energetického průkazu je dále hodnoceno podle následujících kritérií:

- **vytápění** – energetická náročnost výroby, distribuce a regulace energie na vytápění, tepelně-izolační vlastnosti obálky budovy.
- **mechanické větrání se zvlhčováním** – energetická náročnost a regulace nuceného přívodu, odtahu, příp. zvlhčování vzduchu v budově.
- **chlazení** – energetická náročnost přípravy chladu, distribuce a regulace chladu v budově.
- **příprava teplé vody** – efektivnost systému ohřevu, distribuce a regulace výtoku teplé vody.

osvětlení – energetická náročnost a regulace systému osvětlení v budově. [21]

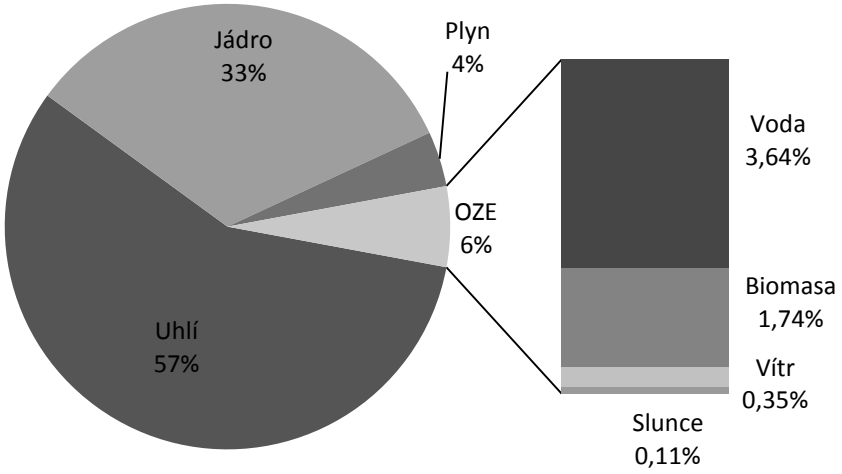


Obr. 2. Návrh grafického znázornění průkazu

6 ZDROJE ENERGIÍ

V dnešní době si lze vybírat z mnoha druhů energií pro domy. Hlavní kategorie těchto zdrojů jsou obnovitelné a neobnovitelné zdroje energie. Momentálně jsou více používané neobnovitelné zdroje energie, jelikož jsou levnější.

Avšak v České republice zaznamenáváme nárůst využití obnovitelných zdrojů energie. V roce 2007 činil podíl obnovitelných zdrojů energie v ČR 4,7% a jak je zřejmé na Graf 4. V roce 2009 v ČR bylo využíváno už 6% této energie. [22]



Graf 4. Podíly jednotlivých zdrojů energie v ČR v roce 2009

6.1 Neobnovitelné zdroje energie

Jedná se o takový zdroj energie, jehož vyčerpání je očekáváno v určitém časovém horizontu, ale jeho obnovení by trvalo mnohem déle. Typickým příkladem takových zdrojů jsou fosilní paliva například uhlí, ropa, zemní plyn, rašelina a v poslední době i jaderná energie, která se získává ze štěpných materiálů a ty jsou v přírodě omezené. [23]

6.2 Obnovitelné zdroje energie

V případě obnovitelných zdrojů energie se jedná o takový zdroj energie, v jehož čerpání lze teoreticky pokračovat až miliardy let. Toto označení se používá u forem energie na Zemi, získané hlavně ze spalování vodíku v nitru slunce, které se projeví jako sluneční záření. Další zdroje na zemi pochází ze Zemského nitra a setrvačnosti Měsíce a Země. [24]

Energie ze slunce

Energie ze slunce má největší potenciál mezi obnovitelnými zdroji. Tato energie vzniká díky termonukleární reakci. Takto reakce přeměňuje sluneční vodík na hélium za uvolnění velkého množství energie. Ze Slunce je poté tato energie přepravena na Zemi zářením. Toto záření na zemi je schopno vyprodukovat přibližně 1360 W/m^2. Tento výkon se označuje jako solární konstanta.

- Tato energie se využívá přímo, to je pomocí slunečních kolektorů, kde sluneční energie přímo ohřívá vodu, anebo fotovoltaických článků, které přímo ze záření produkují elektrickou energii.
- Nepřímé využití energie je v potenciální energii vody (vodní elektrárny), kinetická energie ve vzduchu (vítr) nebo chemická energie biomasy (akumulace sluneční energie)

7 SYSTÉMY PRO TVORBU VNITŘNÍHO KLIMATU

Pro dosažení vhodného vnitřního prostředí je potřeba volit správná zařízení, které budou efektivní, bude se vyskytovat v danou lokalitu vhodné palivo a měli by vyhovovat velikosti budovy či objektu. Pro takové vnitřní prostředí je potřeba navrhnout otopnou soustavu.

Všechna zařízení, která obsahují zdroj tepla, se dají považovat za otopnou soustavu. Jedná se například o otopná tělesa, různé rozvody, potrubní sítě aj.

Teplovodní soustavy můžeme rozdělit podle oběhu vody na přirozený oběh a oběh s nuceným prouděním.

- **Přirozený oběh** pracuje na principu rozdílné hustoty topné vody a vratné vody. A to ta, že voda ve vratném potrubí má vyšší hustotu, takže tlak vratné vody v kotli je vyšší než hydrostatický tlak vody přívodní. Tento přetlak způsobí pohyb vody v okruhu a tak dochází k přirozenému oběhu vody. Tyto soustavy jsou vhodnější pro menší objekty s většími výškovými rozdíly mezi otopnými tělesy a zdrojem tepla. Používají se především tuhá paliva.
- **Nucený oběh** pracuje díky zařazení čerpadla do oběhu ohřívané vody. Oběhová čerpadla se umisťují nejčastěji v přívodním potrubí. Tento systém je schopen překonat mnohonásobně větší tlakové ztráty než u přirozeného oběhu. Je zde také možnost navrhovat vhodnou regulaci vytápění. Používá se nejčastěji u budov s tepelným s větším tepelným příkonem. [25]

Většině zařízením je potřeba dodávat energie pro jejich chod. Převážně se jedná o energii elektrickou. Tu získáváme z rozvodné sítě, nebo můžeme využít již zmíněných fotovoltaických článků v kapitole 6.2.1. pro získávání elektrické energie přímo ze slunečního záření.

Další nedílnou součástí vytváření kvalitního a přívětivého vnitřního prostředí je v dnešní době vzduchotechnický systém. Tento systém nám může pomáhat v regulaci teploty ve vnitřním, může nám odvádět škodliviny z vnitřního prostředí, nebo používat odváděný vzduch k předehřívání čerstvého vzduchu a tím ušetřit při vytápění těchto prostor.

7.1 Vytápěcí kotel

Vytápěcí kotel je součástí tepelného oběhu. Jedná se o tepelný zdroj, který by se měl nacházet co nejblíže k největším spotřebitelům a měl by být přístupný, aby mohl být

snadno dostupný kvůli montáži a opravám. Při instalaci těchto zařízení je potřeba dodržovat platné právní předpisy. V dnešní době se nejčastěji používají kotle nízkotlaké teplovodní.

Kotle dělíme podle hlavních kritérií podle:

- Pracovního média
- Druhu spalovaného paliva;
- Technického řešení kotle.

Při rozdělení podle pracovního média máme tři druhy kotlů a to jsou teplovodní kotle, které vedou vodu do 115 °C, horkovodní kotle, které vedou vodu nad 115 °C a dále parní kotle.

Rozdělení v závislosti na druhu spalovaného paliva máme:

- **Kotle na tuhá paliva** – tyto vytápěcí kotle v současné době dávají přednost tuhým palivům jako je dřevo nebo dřevní štěpka. Jedná se o ekologičtější kotle. Používají se většinou jen v případech, kdy v dané lokalitě není přístup k zemnímu plynu.
- **Kotle na zemní plyn –** v dnešní době nejpoužívanější palivo. Přispívá k lepšímu ovzduší, avšak jeho zásoby se odhadují maximálně na 200 let. V blízké době se tedy může očekávat zdražení tohoto typu paliva.
- **Elektrokotle –** Kotle využívají elektrickou energii. Tyto kotle jsou využívány jen málo, jelikož cena za elektrickou energii je mnohem vyšší než u předchozích zmíněných způsobů paliv.

Rozdělení koltů podle technického řešení se v současnosti rozlišují podle velikosti na malé kotle přibližně do 50 kW, střední kotle přibližně do 350 kW, nebo velké kotle přibližně nad 350 kW. Dále se technicky mohou dělit podle konstrukce kotle (konvenční, nízkoteplotní, kondenzační), nebo také podle materiálového provedení (litinové, ocelové aj.).

Tyto kotle jsou instalovány společně s různými pomocnými zařízeními a příslušenstvím instalovány v kotelnách. Kotelna je prostor, ve kterém může být i více než jeden kotel, avšak při počtu jednoho kotle musí mít kotel jmenovitý tepelný výkon minimálně 50 kW.

Při použití více kotlů musí součet jmenovitých tepelných výkonů kotlů dosahovat 100 kW. [26, str. 154-156]

Nejčastější kotelny jsou plynové kotelny. Tyto kotelny dělíme do tří kategorií podle normy ČSN 07 0703 čl. 28:

- **Kotelny I. kategorie** – jedná se o kotelny, které mají součet jmenovitých tepelných výkonů nad 3,5 MW;
- **Kotelny II. kategorie** – kotelny se součtem jmenovitých tepelných výkonů nad 0,5 MW do 3,5 MW;
- **Kotelny III. kategorie** – kotelny se jmenovitým výkonem alespoň jednoho kotle od 50 kW při více kotlech od 100 kW do součtu jmenovitých výkonů 0,5 MW.

7.1.1 Stanovení tepelného výkonu

Aby bylo zajištěno správné vytápění objektu a dostatečné dodávky tepla pro ostatní spotřebiče, je potřeba správné stanovení tepelného výkonu. Tepelný výkon musíme určit na základě venkovní teploty, změny požadavků na teplotu vytápěných objektů a vlivu provozních podmínek technologií. Tepelný výkon se určuje na základě norem ČSN 06 0310 [27] nebo ČSN EN 12381 [13].

Pro určení tepelného výkonu můžeme vycházet z tepelné ztráty místnosti do exteriéru, pokud zanedbáme ztráty do okolních místností a ostatní tepelné spotřebiče. Potřebný přípojný tepelný výkon následně získáme z rovnice (34).

$$\Phi_{PRIP} = \Phi_{TOP} + \Phi_{VET} + \Phi_{TV} \quad [\text{kW}] \tag{34}$$

$\boldsymbol{\Phi_{PRIP}}$ **–** Přípojný tepelný výkon [kW],

$\boldsymbol{\Phi_{TOP}}$ **–** potřeba tepla pro vytápění [kW],

$\boldsymbol{\Phi_{VET}}$ **–** potřeba tepla pro teplovzdušné vytápění [kW],

$\boldsymbol{\Phi_{TV}}$ **–** potřeba tepla pro ohřev teplé užitkové vody [kW].

7.2 Příprava teplé vody

Zařízení pro ohřev vody má být navrženo a vybaveno tak, aby teplota teplé vody v místě odběru dosahovala teplotu 50 °C až 55 °C. Jinou teplotu teplé vody je možno volit se zdůvodněním zejména u technologických odběrů. [28]

Ohřívání vody se dělí na různé způsoby ohřevu:

- Podle způsobu předávání tepla:
  - ohřívání přímé, ohřívání se děje směšováním vodní páry a vody,
  - ohřívání nepřímé, ohřívání probíhá prostupem tepla dělící stěnou,
- podle místa ohřevu:
  - ohřívání místní, voda se ohřívá v místě odběru
  - ohřívání ústřední, voda se ohřívá v kotelně a je dodávána rozvody
- podle konstrukce zařízení:
  - ohřívání zásobníkové, voda se ohřívá do zásoby
  - ohřívání průtočné, voda se ohřívá pouze při průtoku
  - ohřívání smíšené, ohřívání průtočné doplněné zásobníkem

7.2.1 Návrh přípravy teplé vody

Výpočty se provádějí podle normy ČSN 06 0320 [28, str. 12]. Tyto výpočty vycházejí z předpokládané teploty studené vody $\boldsymbol{\theta_1}$ = 10 °C a teploty teplé vody před výtokovou armaturou $\boldsymbol{\theta_3}$ = 55 °C. Tyto výpočty jsou uvažovány pro místo spotřeby, proto je nutno zvětšit teplo potřebné pro ohřev vody koeficientem (1 + $\boldsymbol{z}$), který zohledňuje technologicky nutné ztráty při ohřevu vody a ztráty v rozvodech.

7.2.1.1 Stanovení potřeby tepelné vody

Tato spotřeba se stanovuje pro mytí osob, mytí nádobí a úklid.

Potřeba TV pro mytí osob $\boldsymbol{V_o}$ v dané periodě se stanoví ze vztahu (35) a (36).

$$V_o = n_i \cdot \sum V_d \ [\mathrm{m}^3] \tag{35}$$

$$\sum V_d = \sum (n_d \cdot U_3 \cdot t_d \cdot p_d) [\mathrm{m}^3] \tag{36}$$

Potřeba teplé vody na mytí nádobí $\boldsymbol{V_j}$ v dané periodě se stanoví ze vztahu (37).

$$V_j = n_j \cdot V_d [\mathrm{m}^3] \tag{37}$$

Potřeba teplé vody pro úklid a mytí podlah $\boldsymbol{V_u}$ v dané periodě stanovíme ze vztahu (38).

$$V_u = n_u \cdot V_d \,[\mathrm{m}^3] \tag{38}$$

Velková potřeba teplé vody $\boldsymbol{V_{2P}}$ v dané periodě se stanoví ze vztahu (39).

$$V_{2P} = V_o + V_j + V_u \,[\mathrm{m}^3] \tag{39}$$

$\boldsymbol{V_o}$ – Potřeba teplé vody pro mytí osob [m^3],

$\boldsymbol{V_d}$ – objem dávky [m^3],

$\boldsymbol{V_j}$ – potřeba teplé vody pro mytí nádobí [m^3],

$\boldsymbol{V_u}$ – potřeba teplé vody pro mytí podlahy a úklid [m^3],

$\boldsymbol{V_{2P}}$ – celková potřeba teplé vody [m^3],

$\boldsymbol{n_i}$ – počet uživatelů [-],

$\boldsymbol{n_j}$ – počet jídel [-],

$\boldsymbol{n_d}$ – počet dávek [-],

$\boldsymbol{n_u}$ – počet normativních ploch [-],

$\boldsymbol{U_3}$ – objemový průtok teplé vody o teplotě $\boldsymbol{\theta_3}$ do výtoku [m^3/h],

$\boldsymbol{t_d}$ – doba dodávky [h],

$\boldsymbol{p_d}$ – součinitel prodloužení doby dodávky [-].

7.2.1.2 Stanovení spotřeby tepla

Potřeba tepla odebraného z ohřívače teplou vodou $\boldsymbol{Q_{2P}}$ ze vztahu (40).

$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} \,[\mathrm{kWh}] \tag{40}$$

Teoretické teplo odebrané z ohřívače $\boldsymbol{Q_{2t}}$ ze vztahu (41).

$$Q_{2t} = c \cdot V_{2P} \cdot (\theta_2 - \theta_1) \,[\mathrm{kWh}] \tag{41}$$

Teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody $\boldsymbol{Q_{2z}}$ se stanoví ze vztahu (42).

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \,[\mathrm{kWh}] \tag{42}$$

Teplo dodané ohřívačem do teplé vody $\boldsymbol{Q_{1P}}$ ze vztahu (43).

$$Q_{1P} = Q_{2P} \,[\mathrm{kWh}] \tag{43}$$

$\boldsymbol{Q_{2P}}$ – Teplo dodané ohřívačem do teplé vody během periody [kWh],

Q_{2t} – teoretické teplo odebrané z ohřívače v době periody [kWh],

Q_{1P} – teplo dodané ohřívačem do teplé vody během periody [kWh],

Q_{2z} – teplo ztracené při ohřevu a distribuci teplé vody v době periody [kWh],

V_{2P} – celková potřeba teplé vody v dané periodě [m^3],

θ_1 – teplota studené vody (předpokládá se $\theta_1 = 10$ °C) [°C],

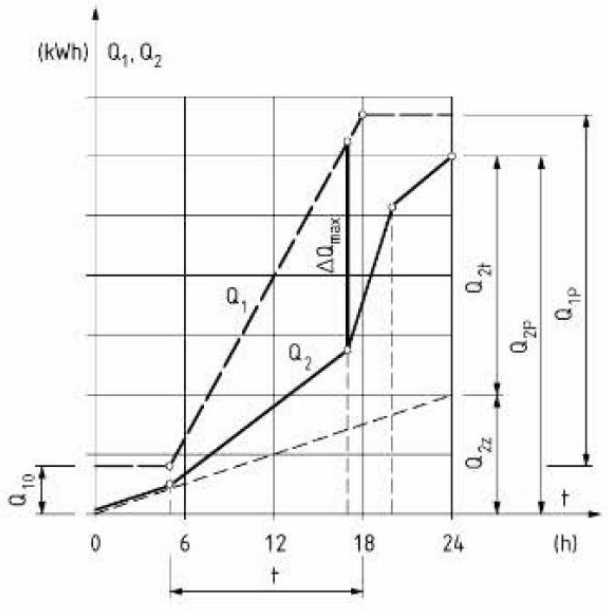
θ_2 – teplota teplé vody (předpokládá se $\theta_2 = 55$ °C) [°C],

z – součinitel poměrné ztráty [-].

[28, str. 12-13]

7.2.1.3 Stanovení křivky odběru a dodávky tepla

Křivka odběru tepla je závislost odběru tepla Q_2 z ohřívače na čase t během periody. Křivka dodávky tepla je závislost dodávky Q_1 do ohřívače na čase t během periody. Případný svislý posun křivky Q_1 a Q_2 na počátku periody znamená, že je v zásobníku teplo Q_{10} z předchozí periody jako lze vidět na obrázku číslo 3. [28, str. 13]



Obr. 3. Příklad dodávky a odběru tepla při ohřevu zásobníkem

Stanovení objemu zásobníku

Objem zásobníku se stanoví pomocí křivek dodávky tepla a odběru tepla. Po zakreslení obou křivek do společného grafu (obrázek číslo 3) lze získat největší možný rozdíl mezi křivkami dodávky a odběru tepla $\boldsymbol{Q_1}$ a $\boldsymbol{Q_2}$. Ten představuje nutnou zásobu tepla, ze které se stanoví velikost zásobníku $\boldsymbol{V_z}$. [28, str. 14]

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} [\mathrm{m}^3] \tag{44}$$

$\boldsymbol{V_z}$ **–** Objem zásobníku [m^3],

$\boldsymbol{\Delta Q_{max}}$ **–** největší možný rozdíl tepla mezi $\boldsymbol{Q_1}$ a $\boldsymbol{Q_2}$ [m^3],

$\boldsymbol{c}$ – měrná tepelná kapacita vody [kWh/(m^3·K)],

$\boldsymbol{\theta_1}$ **–** teplota studené vody [°C],

$\boldsymbol{\theta_2}$ **–** teplota teplé vody [°C].

7.2.1.4 Stanovení tepelného výkonu pro ohřev vody

Jmenovitý tepelný výkon pro ohřev vody $\boldsymbol{\Phi_{1n}}$ se stanoví ze vztahu (45).

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{\max} [\mathrm{kW}] \tag{45}$$

$\boldsymbol{\Phi_{1n}}$ **–** Jmenovitý tepelný výkon ohřevu [kW],

$\boldsymbol{Q_1}$ **–** teplo dodané ohřívačem do TV v čase $\boldsymbol{t}$ od počátku periody [kWh],

$\boldsymbol{t}$ **–** čas [h],

$\boldsymbol{\Phi_{1n}}$ **–** jmenovitý tepelný výkon ohřevu [kW].

[28, str. 14]

7.3 Tepelné čerpadlo

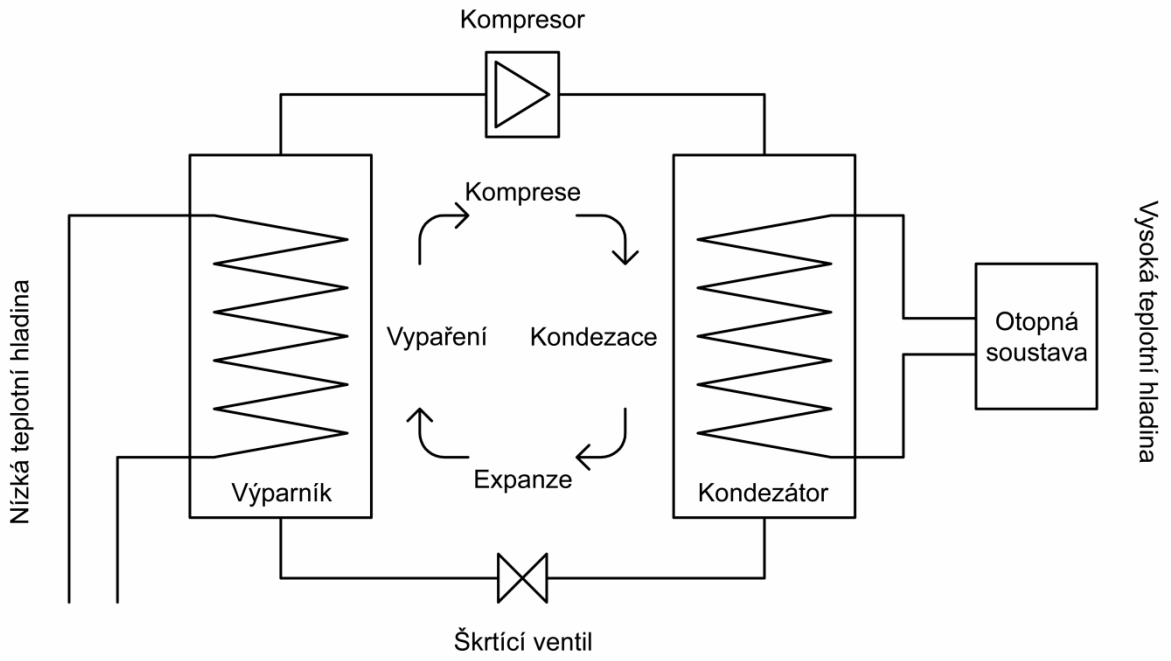
Jedná se o přístroje, které jsou poháněny elektrickou energií a získávají tepelnou energii z vnějšího okolí a dodávají ji do objektu. Teplo z okolí jde získat různými způsoby, ze země, z vody nebo ze vzduchu. Toto získané teplo musí být před použitím převedeno na vyšší teplotu. Efektivita tepelného čerpadla je úměrná s teplotní hladinou čerpadla.

Tepelné čerpadlo pracuje na principu cirkulace chladiva v uzavřeném okruhu. Z vnějšího zdroje odebírá tepelnou energii s nižší tepelnou hladinou, která je využita k ohřevu jiné látky s vyšší tepelnou hladinou v otopné soustavě.

Tepelná čerpadla můžeme dělit:

- **Kompresorová**

  Jedná se o nejrozšířenější typ čerpadel. Elektromotor pohání kompresor, který stlačuje odpařené chladivo na vysoký tlak a tím ho ohřívá na vyšší teplotu. Dochází k předání tepla odváděnému médiu. V kondenzátoru se chladivo opět zkapalní a dochází ke sdílení tepla. Dále je pak chladivo znovu pod tlakem uvolněno a jde zpět ochlazené do výparníku. Tento proces je vyobrazen n obrázku 4.



Obr. 4. Tepelné čerpadlo kompresorové

- **Absorpční**

  Využívají termokompresor ke stlačení odpařovaného chladiva. Teplo se získává chemicko-technologickým postupem. Stlačováním chladiva nedochází ke zvýšení tlaku. Teplo které tepelné čerpadlo získá je mnohem větší než v případě kompresorového čerpadla.

- **Adsorpční**

  Pracují na podobném principu jako absorpční tepelná čerpadla. Pomocí adsorpce dochází k ukládání pohlcovaného plynu nebo páry v pevné látce, a vzniká tak vysoká teplota, kterou následně využívá tepelné čerpadlo. [31, str. 218-223], [30, str. 111-116]

7.3.1 Návrh tepelného čerpadla

U návrhu tepelného čerpadla je nejdůležitější stanovit topný faktor. Tímto faktorem se u tepelných čerpadel označuje účinnost. Tepelný faktor stanovíme podle vztahu (46).

$$COP = k \cdot \frac{\theta_S}{\theta_S - \theta_Z} [-] \tag{46}$$

COP **–** Topný faktor tepelného čepradla [-],

k **–** Korelační koeficient respektující skutečný oběh [-]; k = 0,4 až 0,6,

$\boldsymbol{\theta_S}$ **–** absolutní teplota spotřebiče tepla [K],

$\boldsymbol{\theta_Z}$ **–** absolutní teplota zdroje tepla [K].

Dále je nutno z technických parametrů čerpadla potřebné hodnoty chladícího výkonu. Tento chladící výkon určíme ze vztahu (47).

$$Q_{CH} = Q_{TC} - P_{TC} [\mathrm{W}] \tag{47}$$

$\boldsymbol{Q_{CH}}$ **–** Chladící výkon tepelného čerpadla [W],

$\boldsymbol{Q_{TP}}$ **–** výkon tepelného čerpadla [W],

$\boldsymbol{P_{TP}}$ **–** příkon tepelného čerpadla [W].

Pokud známe chladící výkon tepelného čerpadla a odběrný výkon půdy. Je možné navrhnout ze vztahu (48) účinnou plochu zemního kolektoru.

$$A = \frac{Q_{CH}}{q_P} [\mathrm{m}^2] \tag{48}$$

A **–** Celková účinná plocha zemního kolektoru tepelného čerpadla [m^2],

$\boldsymbol{Q_{CH}}$ **–** chladící výkon tepelného čerpadla [W],

$\boldsymbol{q_P}$ – měrný odváděcí výkon na 1 m_2 potrubí podle tabulky 21.[W/m_2].

Tab. 21. Měrný odváděcí výkon dle typu půdy

Typ půdy	Odběrný výkon [W/m^2]
Suchá písčitá	10 – 15
Vlhká písčitá	15 – 20
Suchá jílovitá	20 – 25
Vlhká jílovitá	25 – 30
Půda se spodní vodou	30 – 35

7.4 Soustava otopných těles

Správné funkce otopné soustavy lze dosáhnout jejím vhodným umístěním. Největších vytápěcích účinků lze dosáhnout, pokud otopná tělesa vytápějí oblast výskytu osob co nejrovnoměrněji.

Uspořádání otopné soustavy mohou být děleny na jednotrubkové a dvoutrubkové.

V jednotrubkovém zapojení jsou otopná tělesa zapojena sériově za sebou. Otopná voda protéká postupně všemi otopnými tělesy, které jsou zapojeny v okruhu. [34 str. 9]

Dvoutrubkové otopné soustavy mají jednotlivá tělesa připojená paralelně, tím pádem se v soustavě nachází potrubí přívodní a vratné. U otopných těles se vyskytuje stejný spád otopné vody. [34 str. 8]

- **Protiproudé** – vratné potrubí se vede ve stejné trase jako přívodní potrubí. V potrubí se vyskytují tlakové ztráty.
- **Souproudé** – vratné potrubí je vedeno souběžně s přívodním potrubím tak, aby směr tekutiny byl stejný. Toto zapojení soustavě zajišťuje stabilitu. Používá se hlavně tam, kde je možné použít zapojení do kruhu.

7.4.1 Návrh soustavy otopných těles

Pro návrh otopné soustavy potřebujeme spočítat ztráty v potrubních sítích. Nejprve je vhodné zjistit talkový úbytek pro nestlačitelné kapaliny v potrubí ze vztahu (49).

$$\frac{p_2 - p_1}{l} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = R \tag{49}$$

R **–** Tlaková ztráta jednoho metru přímého vedení [Pa/m],

l – délka počítaného potrubí [m],

λ **–** součinitel tření [-],

w **–** střední rychlost v průřezu úseku [m/s],

d **–** vnitřní průměr potrubí [m],

ρ **–** hustota vody [kg/m^3].

Tlaková ztráta třením se následně spočítá pomocí vztahu (50).

$$\Delta p_{zt} = p_2 - p_1 = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho = R \cdot l \text{ [Pa]} \tag{50}$$

Δp**zt** **–** Tlaková ztráta třením [Pa],

p1 – tlak na konci úseku potrubí [Pa],

p2 **–** tlak na začátku úseku potrubí [Pa].

Tlaková ztráty vraženými odpory pomocí vztahu (51).

$$\Delta p_{zm} = \sum_{i=1}^{n} \xi_i \cdot \frac{w^2}{2} \cdot \rho \text{ [Pa]} \tag{51}$$

Δp**zm** **–** Tlaková ztráta vraženými odpory [Pa],

w **–** střední rychlost v průřezu úseku [m/s],

ξ – příslušný součinitel vraženého odporu [-],

n – počet místních odporů v úseku [-],

ρ **–** hustota vody [kg/m^3].

Následně celková ztráta je součtem ztrát třením a místními odpory.

$$\Delta p_{zu} = \Delta p_{zt} + \Delta p_{zm} \text{ [Pa]} \tag{52}$$

Δp**zu** **–** Celková tlaková ztrátav potrubí [Pa],

Δp**zt** **–** tlaková ztráta třením [Pa],

Δp**zm** **–** tlaková ztráta vraženými odpory [Pa].

[34 str, 42-45]

Po spočtení tlakových ztrát je možné navrhnout trojcestný a regulační ventil pro okruh. Výpočet trojcestného ventilu podle vztahu (53).

$$\Delta p_{VENTIL} = \Delta p_{ČERPADLO} - \Delta p_{POTRUBÍ} - \Delta p_{SPOTŘPOTŘ} [\text{bar}] \tag{53}$$

Δp_{VENTIL} – Tlaková ztráta v potrubí [bar],

$\Delta p_{\text{ČERPADLO}}$ – tlaková ztráta čerpadla [bar],

$\Delta p_{\text{SPOTŘEBIČ}}$ – tlaková ztráta spotřebiče [bar],

$\Delta p_{\text{POTRUBÍ}}$ – tlaková ztráta potrubí [bar].

$$k_v = \frac{Q_{nom}}{\sqrt{\Delta p_{vetil}}} [\text{m}^3/\text{h}] \tag{54}$$

$$K_{ws} = (1{,}1 \div 1{,}3) \cdot k_v [\text{m}^3/\text{h}] \tag{55}$$

Následně tlaková ztráta ventilu se určí pomocí vztahu (56).

$$\Delta p_{VENTIL,h100} = \left(\frac{\dot{Q}_{nom}}{K_{vs}} \right) [\text{bar}] \tag{56}$$

Při výpočtu u regulačního ventilu se použije totožný postup jako při návrhu trojcestného ventilu, akorát je zde rozdíl použití jiné hodnoty nominálního průtoku.

V poslední řadě k návrhu čerpadla je potřeba k disponibilnímu tlaku připočítat tlakovou ztrátu trojcestného ventilu i ventilu regulačního.

$$\Delta p_{č} = \Delta p_{disp} + \Delta p_{vent} + \Delta p_{vent} [\text{bar}] \tag{57}$$

7.5 Sluneční kolektory

Slouží k využití energie ze slunečního záření k přípravě teplé vody. Existují různé druhy slunečních kolektoru například trubicové, ploché, koncentrační nebo kapalinové. Nejvíce používané kolektory v místních podmínkách jsou ploché kapalinové kolektory. Nejčastěji se používají v systémech pro přípravu teplé vody, na podporu otopné soustavy, nebo vyhřívání vody v bazénech. Touto technologií lze ročně získat 300 kW/m^2 až 500 kW/m^2.

Kolektor se skládá z více součástí:

- **Absorbér** – jedná se o část, ve které dochází k předávání tepla ze záření do teplonosné kapaliny.
- **Skříň** – část, která slouží k upevnění kolektoru na požadovanou konstrukci.
- **Izolace** – slouží k omezení úniku tepla.

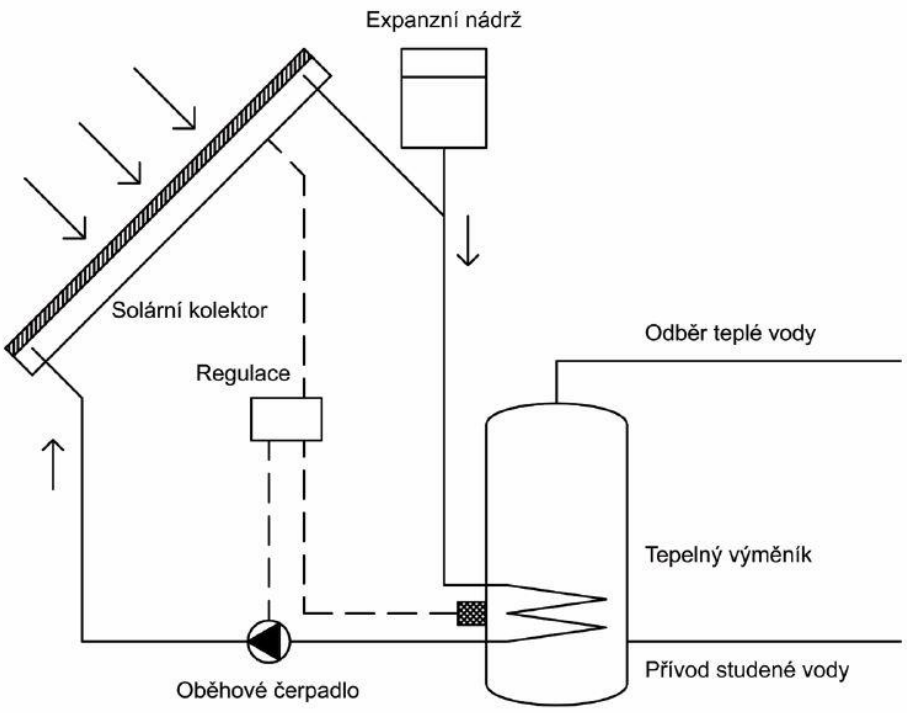
- **Krycí sklo** – vytváří skleníkový efekt, zvyšuje efektivitu.

Kolektory se převážně umisťují na střechu objektu. Pro nejvyšší účinnost se volí střecha orientovaná směrem na jih nebo jihovýchod. Sklon kolektoru v letním období je ideální 30°C, v zimním období 60°C. Proto se obvykle volí sklon úhlu kolem 35° až 45°.

Pro využití solárních konektorů je potřeba i dalších zařízení, jako například tepelný výměník, nádrž teplé vody a různé regulační prvky.

Řešení těchto solárních systémů se provádí více způsoby. Jedno z nich je jednookruhové řešení systému. Toto řešení se využívá k jednoduchému ohřevu vody, například při ohřevu vody v bazénu. Studené voda v bazénu je čerpána a hnána přes solární kolektor, kde se ohřívá, do zásobníku. Jakmile je ohřáto potřebné množství vody, je ze zásobníku zpět puštěno do bazénu.

Dalším řešením systému je dvouokruhové řešení. Tyto systémy jsou používány k přípravě teplé vody. Princip tohoto systému je takový, že vede teplo teplonosnou látkou z kolektoru do výměníku, kde předává teplo teplé užitkové vodě. Čerpadlo v tomto systému udržuje teplonosnou látku v oběhu a expanzní nádrž vyrovnává tlak v solárním systému.



Obr. 5. Dvouokruhové řešení solárního systému

[31, str. 119-130]

7.5.1 Návrh slunečních kolektorů

Při navrhování slunečních kolektorů pro přípravu teplé vody je potřeba znát spotřebu teplé vody v objektu za delší časový úsek. To zjistíme z následující tabulky 22.

Tab. 22. Množství spotřeby teplé vody

Spotřeba	Objem vody na osobu [litr/den]	Spotřeba na osobu [kWh/den]
Nízká spotřeba	15 – 30	0,6 – 1,2
Průměrná spotřeba	31 – 60	1,3 – 2,4
Vysoká spotřeba	61 – 120	2,5 – 4,8

Jako první krok návrhu je potřeba zjistit objem zásobníku ze vztahu (58). Objem zásobníku by měl být dvakrát větší než celková spotřeba vody pro daný počet osob, aby byly zohledněny neslunné dny během roku.

$$V_{ZAS} = 2 \cdot V_{OS} \cdot n \,[\mathrm{l}] \tag{58}$$

$\boldsymbol{V_{ZAS}}$ **–** Objem zásobníku [l],

$\boldsymbol{V_{OS}}$ **–** denní spotřeba vody jedné osoby [l],

$\boldsymbol{n}$ **–** počet osob [-].

Pro zjištění celoroční spotřeby tepla k přípravě teplé vody použijeme vztah (59).

$$Q_{TV} = 365 \cdot Q_{OS} \cdot n \ [\mathrm{kWh}] \tag{59}$$

$\boldsymbol{Q_{TV}}$ **–** Celoroční spotřeba tepla k přípravě teplé vody [kWh],

$\boldsymbol{Q_{OS}}$ **–** spotřeba tepla na ohřev teplé vody na jednu osobu za den [kWh],

$\boldsymbol{n}$ **–** počet osob [-].

Na základě výpočtu celoroční spotřeby tepla k přípravě teplé vody lze zjistit potřebnou velikost plochy solárních kolektorů. K výpočtu je potřeba znát hodnotu sluneční radiace a solární zisk při daném sklonu solárního kolektoru. U vztahu pro výpočet velikosti plochy (60) použijeme pokrytí sluneční energií 60% a průměrnou účinnost 30%.

$$A_{KOL} \approx \frac{0{,}6}{0{,}3} \cdot \frac{Q_{TV}}{H_{SOLAR} \cdot f_{SKLON}} \,[\mathrm{m^2}] \tag{60}$$

$\boldsymbol{A_{KOL}}$ **–** Velikost plochy solárního systému [m^2],

$\boldsymbol{Q_{TV}}$ **–** celoroční spotřeba tepla k přípravě teplé vody [kWh],

$\boldsymbol{H_{SOLAR}}$ – roční sluneční radiace [kWh/m^2],

$\boldsymbol{f_{SKLON}}$ – energetický zisk při daném sklonu solárního kolektoru [-].

7.6 Fotovoltaický panel

Jedná se o panely, které využívají slunečního záření, a přeměňuje toto sluneční záření na elektrickou energii. Takzvaný fotovoltaický článek se skládá z křemíkových polykrystalických plátů, a ty vytváří velkoplošné polovodičové P-N Přechody.

Princip těchto fotovoltaických panelů je jev, při kterém se uvolňují elektrony z přijímaného elektromagnetického záření. Vzniká tak elektrický náboj, který je pak přiváděn z panelu do elektrického spotřebiče, nebo do záložního akumulátoru. Tuto přebytečnou energii lze prodávat provozovateli energetické sítě.

Fotovoltaické panely mohou dosahovat výkonu od 100 Wp/m^2 do 173 Wp/m^2 při intenzitě osvětlení 1000 W/m^2 a teplotě panelu 25°C. Účinnost dnešních fotovoltaických panelů je přibližně kolem 14%. U takových panelů lze návratnost předpokládat za 9 až 12 let. Jejich životnost se předpokládá na 20 let. [31, str. 91-99]

7.6.1 Návrh fotovoltaického zařízení

Nejdříve je nutné si zjistit použitelnou plochu objektu například části střechy orientované směrem na jih. Poté je možné stanovit přibližný výkon ze vztahu (61).

$$P_{FV} = A \cdot \eta \,[\text{kW}] \tag{61}$$

$\boldsymbol{P_{FV}}$ – Instalovaný výkon fotovoltaického zařízení [kW],

$\boldsymbol{A}$ – využitelná plocha [m^2],

$\boldsymbol{\eta}$ – účinnost fotovoltaického panelu, přibližně 14%.

Zjištěný výkon lze použít k následnému výpočtu ročního výtěžku systému (62). K tomuto výpočtu potřebujeme i roční sluneční radiaci a tzv. Performance Ratio. Jedná se o reálně získané energie a teoreticky dosažitelné energie. Performance ratio získáme z tabulky 23.

$$E_{EL} = H_{SOLAR} \cdot f_{SKLON} \cdot P_{FV} \cdot PR \,[\text{kWh/rok}] \tag{62}$$

$\boldsymbol{E_{EL}}$ – Elektroenergetická vytíženost [kWh/rok],

$\boldsymbol{H_{SOLAR}}$ – roční sluneční energie; obvykle pro ČR 1000 [kWh/m^2],

f_{SKLON} – energetický zisk při daném sklonu solárního kolektoru [-],

P_{FV} – instalovaný výkon fotovoltaického zařízení [kW],

PR – performance Ratio.

[31, str. 106-111]

Tab. 23. Performance ratio fotovoltaických systémů

Charakteristika Systému	Performance Ratio
Výborné zařízení, odvětrávané, nezastíněné, malé znečištění	0,85
Dobré zařízení, odvětrávané, nezastíněné	0,80
Průměrná úroveň zařízení	0,75
Průměrná úroveň zařízení, vinou špatného odvětrávaní nebo zastínění	0,7
Špatná úroveň zařízení, větší ztráty způsobené zastíněním, znečištěním nebo výpadkem.	0,6
Velmi špatná zařízení s velkým zastíněním a poruchami	0,5

8 ELEKTRONICKÉ BEZPEČNOSTNÍ SYSTÉMY EZS A EPS

Pro zvýšení bezpečnosti osob v budově a ochraně majetku nám v dnešní době slouží systémy EZS (elektronické zabezpečovací systémy) a EPS (elektronická požární signalizace).

8.1 Elektronické zabezpečovací systémy

Označení elektronický zabezpečovací systém (EZS) je možné používat v mnoha případech. Nejčastěji se ale používá pro poplašné systémy - ALARMY. Většina alarmů do domu reaguje na narušení právě vyvoláním poplachu.

Elektronický proto, že se při jeho výrobě používá nepřeberné množství elektroniky, díky které dnešní systémy nabízejí nepřeberné množství funkci. Výstražný systém se může spustit analogovou (např. přerušením drátu) i digitální (detektor pohybu-PIR) detekcí. Komunikace mezi detektory a ústřednou může být vedena kabelem, bezdrátově anebo kombinací předešlých způsobů tj. jeden detektor může být připojen kabelem a druhý bezdrátově.

Systémů elektronického zabezpečení je nepřeberné množství, od těch kde ústředna funguje i jako detektor a signalizace až po složité systémy s jednotlivými komponenty rozmístěnými nezávisle na sobě. [32]

8.2 Elektronická požární signalizace

Elektrická požární signalizace (EPS) je vyhrazené požárně bezpečnostní zařízení, které zajišťuje pomocí hlásičů včasnou signalizaci požáru. Signály z hlásičů požáru jsou přijímány ústřednou EPS. U ústředny je zajištěna stálá obsluha, která v případě požáru přivolá jednotku požární ochrany. Pokud není zajištěna stálá obsluha, je jednotka požární ochrany přivolána pomocí zařízení dálkového přenosu.

Na trhu se vyskytují různé druhy EPS systémů. Například Jednostupňová EPS, která má jednu nebo více hlavních ústředen, na které jsou připojeny samočinné a tlačítkové hlásiče požáru. Dále třeba EPS s individuální adresací, která umožňuje identifikaci stavů jednotlivých hlásičů na hlásící lince. [33]

Hlavní části EPS:

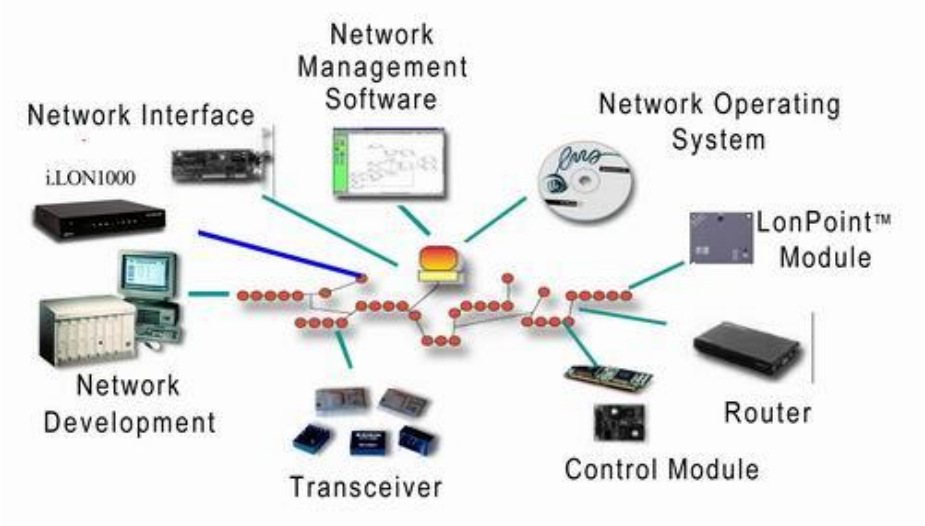
- **Hlásiče požáru** – sledují a vyhodnocují určité fyzikální parametry a jejich změny provázející vznik požáru. Hlásiče mohou být tlačítkové, u kterých poplach spouští lidský činitel, nebo samočinné, takové které vyhodnocují fyzikální parametry a reaguje na jejich změnu.
- **Ústředna EPS** – ústředna vyhodnocuje signalizaci hlásičů, ovládá připojená zařízení, kontroluje provozuschopnost celého systému a v poslední řadě dodává nepřetržité napájení hlásičů požáru a dalších prvku. V základu nám ústředna signalizuje tři stavy: PROVOZ, PORUCHA, POŽÁR.
- **Přídavná zařízení EPS** – jedná se o doplňky jako například Obslužná pult požární ochrany, jehož prostřednictvím je možné ovládat EPS nebo Klíčový trezor požární ochrany, ve kterém je klíč od objektu a umožní jednotce požární ochrany dostat se do objektu.

Elektrická požární signalizace se řadí mezi vyhrazené požárně bezpečnostní zařízení, a dle vyhlášky č. 246/2001 Sb., o požární prevenci, je nutné provádět na tomto zařízení pravidelné kontroly provozuschopnosti a zkoušky činnosti za účelem zajištění požární bezpečnosti objektu nebo zařízení. [33]

9 SBĚRNICOVÁ KOMUNIKACE LONWORKS

Technologie LonWorks nabízí univerzální komunikaci po libovolném vedení včetně RS-485, síťového rozvodu 230V nebo kabelové televize. Tím je vhodný nejen pro řízení spotřebičů a automatizaci budov (klimatizace, topení, světlo apod.), ale i dálkové odečty měřičů energií nebo regulaci v průmyslu. [29]

Technologii LonWorks vyvinula firma Echelon v letech 1989 až 1992 ve spolupráci s firmami Toshiba a Motorola, přičemž v roce 1992 byla uvedena na trh. Ta vychází z obecné definice sítě zvané Local Operating Networks (LON), tj. místní datová síť. Ty jsou obecně složeny z inteligentních zařízení a uzlů, které jsou propojeny jedním či více komunikačními médii a komunikují spolu jedním komunikačním protokolem. Uzly jsou naprogramovány na vysílání zpráv při změně různých stavů a podmínek nebo jako reakci na přijatou zprávu. Samotný Echelon nabízí velké množství hardwarových i softwarových komponent pro vystavění distribuované sítě LonWorks (viz. Obr. 6). Technologie je však již přijata mnoha výrobci a komponenty dnes už vyrábí a podporuje i tisíce dalších firem (okolo 3000 firem po celém světě) včetně výrobců a distributorů v České republice. [29]



Obr. 6. Příklad možností sítě LonWorks

Data mezi jednotlivými nody mohou být přenášena po různých přenosových mediích:

- Kroucená dvojlinka
- Napájení 24 V DC
- Napájení 230 V AC
- Optické vlákno
- Rádiový signál
- Tunelování přes Ethernet/Internet

9.1 Komunikační protokol LonTalk

Tento protokol, který byl navržen v roce 1989 firmou Echelon a standardizován jako EIA 709.1 Standard, definuje přístup na sběrnici a řízení přenosu paketu (zpráv - messages) po existující síti. Síťový protokol LonTalk byl navržen dle ISO OSI referenčního modelu. To umožňuje programům běžícím na aplikačním CPU komunikovat s aplikací, která běží na jiném uzlu tvořeného Neuronovým čipem kdekoliv ve stejné síti. Služby protokolu, které jsou vyvolávány programy a objekty pracující na aplikační hladině OSI modelu. [29]

9.2 Vrstvy protokolu

- Fyzická vrstva – Definuje propojení po fyzickém komunikačním médiu.
- Datová – Kódování dat, rámcování, přístup k médiím a detekce kolize.
- Síťová – Stará se Unicast a Multicast, konečné adresování a směřování paketů.
- Transportní – Ukončuje procesy stavy ACK, detekuje duplikátní zprávy.
- Session – Dialogy, volání vzdálených procedur, obnovení připojení.
- Prezentační – Proměné v síti, aplikační zprávy, cizí rámce.
- Aplikační – Standartní objekty a typy, síťové služby.

9.3 Hardwarová struktura uzlu

Celý jeden uzel (angl. node) LonWorks sítě je hardwarově složen z několika částí, které lze rozdělit do následujících bloků:

- **Neuron chip** - řídící část uzlu, zajišťující komunikaci prostřednictvím protokolu LonTalk a případně i běh uživatelské aplikace jako například komunikaci se senzory, ovládání akčních členů nebo spolupráce s jiným CPU či MCU.
- **Napájecí zdroj (Power supply)** - napájí každý uzel.
- **Obvody rozhraní (Coupling circuits)** - zajišťují samotný interface mezi neuron chipem a samotným fyzickým médiem. Na obrázku se využívá integrovaného obvodu PLT-22, který umožňuje přenášet data a utvořit síť po napájecím vedení.

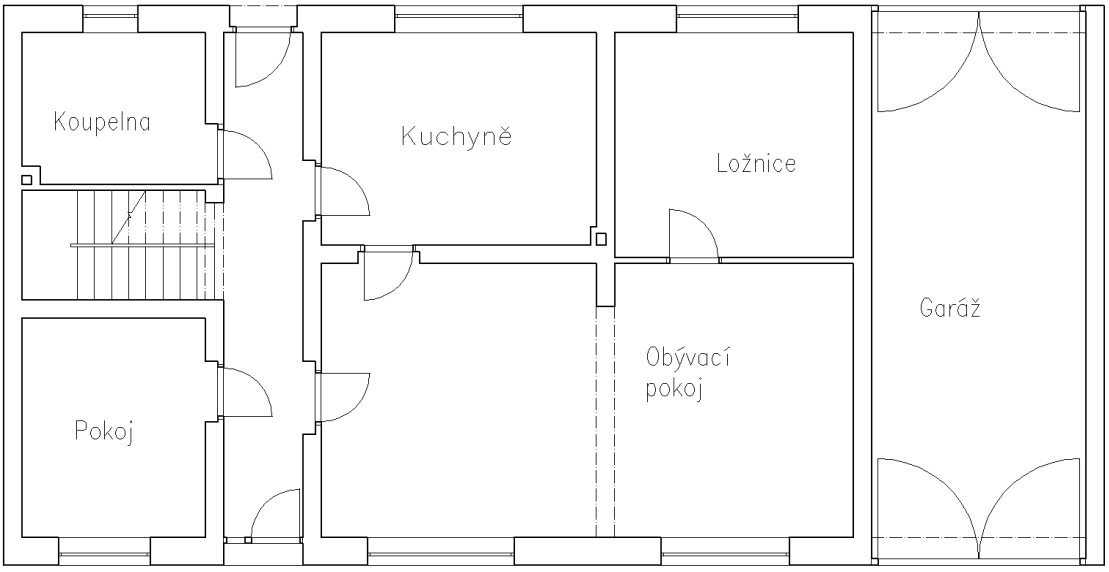
II. PRAKTICKÁ ČÁST

10 POPIS KONKRÉTNÍHO NAVRHOVANÉHO DOMU

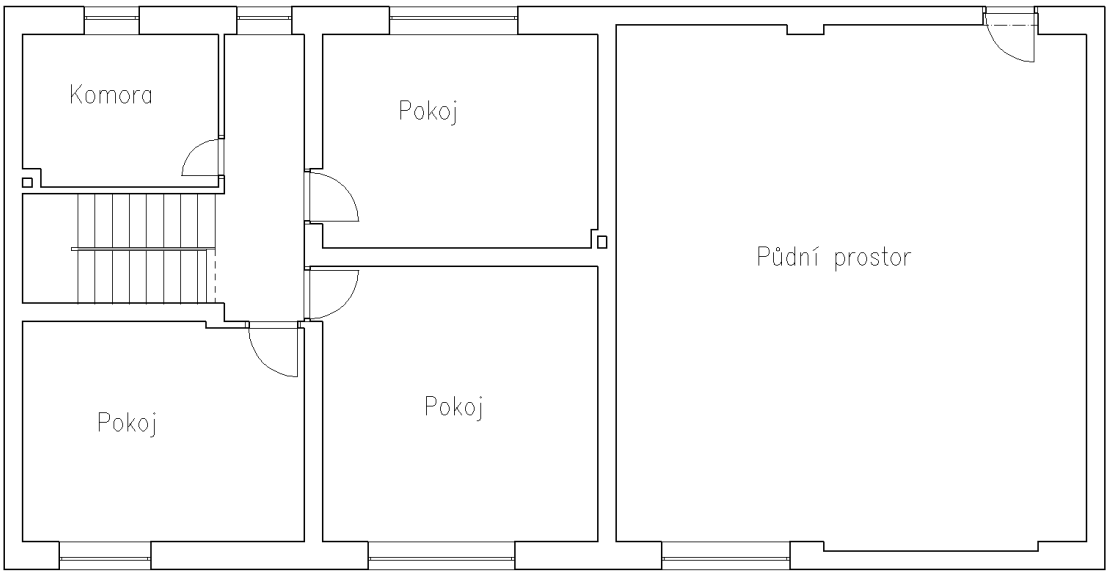
Jedná se o rodinný domek v obci Střížovice. Tento dům je obýván celoročně a vyskytuje se asi sedm kilometrů jihovýchodně od města Kroměříž. Dům je bez sklepové části. Dále je rozdělen na dvě nadzemní podlaží.

Dům disponuje třemi vstupy a dvěma vraty, která tvoří průjezdnou garáž. Hlavní vstup je orientovaný na sever. Blízko k hlavnímu vstupu se nachází dětský pokoj a obývací pokoj. Dále se v prvním nadzemním podlaží vyskytuje kuchyně s jídelním koutem a koupelna. Do druhého nadzemního podlaží se přistupuje pomocí schodiště s mezipatrem. V druhém nadzemním podlaží se nachází menší chodba, která je přímo napojená na schodiště. Dále se zde vyskytují tři pokoje a jedna menší místnost. Nachází se zde i půdní prostor. Tento prostor má svůj samostatný přístup zvenčí. V každé místnosti s výjimkou schodiště a garáže se vyskytuje okno.

10.1 Konstrukční vlastnosti domu



Obr. 7. První podlažní patro



Obr. 8. Druhé podlažní patro

Tab. 24. Přehled místností v domě

číslo	Druh místnosti	Plocha [m^2]	
1	Zádveří, chodba	10,79	1. nazdemní podlaží
2	Pokoj	10,80	
3	Schodiště	5,94	
4	Koupelna	7,50	
5	Obývací pokoj	17,55	
6	Kuchyně jídelna	15,75	
7	Ložnice	14,43	
8	Průjezd, garáž	32,20	
11	Chodba se schodištěm	11,80	2. nadzemní podlaží
12	Komora	8,00	
13	Pokoj	16,60	
14	Pokoj	20,25	
15	Pokoj	15,75	
16	Půdní prostor	64,00	

Tab. 25. Okrajové podmínky v dané lokalitě

Lokalita	**Kroměříž**
Nadmořská výška	207 m
Venkovní výpočtová teplota	– 12 °C
Venkovní výpočtová teplota v otopném období	– 3,9 °C
Počet otopných dní	227 dní

11 PARAMETRY DOMU

11.1 Tepelně technické parametry

V této kapitole jsou popsány tepelné vlastnosti domu. Tyto tepelné parametry jsou důležité i pro zhodnocení budovy k vydání energetického štítku.

11.1.1 Součinitel tepelného prostupu

Součinitel tepelného prostupu je velmi důležitá vlastnost. Je závislá především na skladbě obvodové části budovy. Ta musí být navrhnuta tak, aby nedocházelo ke kondenzaci vodních par v konstrukci a zároveň, aby splňovala tepelně izolační vlastnosti.

Vlhkost v konstrukci zapříčiňuje zkrácení životnosti konstrukce, mohou vznikat plísně. Proto je nutné, aby každý rok se z konstrukce odpařilo více vody, než kolik se jí v konstrukci zkondenzuje.

K výpočtům byl použit software od firmy Svoboda software s názvem Stavební fyzika.

V případě rekonstruovaného domu je obvodový plášť budovy tvořen konstrukcí, která je složena z vrstev od interiéru (Tab. 26.).

Tab. 26. Složení obvodové konstrukce bez zateplení

Název	**Tloušťka *d* [m]**
Omítka vápenná	0,02
Zdivo Cihla pálená	0,30
Omítka vápenná	0,04

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla:

- Tepelný odpor konstrukce $\boldsymbol{R}$: 0,44 m^2K/W
- Součinitel prostupu tepla konstrukce $\boldsymbol{U}$: 1,649 W/m^2K

Celoroční bilance vlhkosti:

- Množství zkondenzované vodní páry $\boldsymbol{M_{c,a}}$: 28,584 kg/m^2,rok
- Množství vypařitelné vodní páry $\boldsymbol{M_{ev,a}}$: 7,377 kg/m^2,rok

Při výpočtech parametrů součinitele prostupu tepla a šíření vlhkosti konstrukcí bylo toto obvodové zdivo domu shledáno jako nevyhovující podle normy ČSN 730540-2. Součinitel prostupu tepla dosahuje hodnot 1,65 W/m^{2}K, což je rozhodně větší hodnota, než požadovaných 0,31 W/m2K. Ani podmínka množství kondenzátu v obvodové konstrukci není nižší než odpařitelné množství kondenzátu za rok. Přípustné množství kondenzátu nebylo menší, než 0,1 kg/m^2.rok, nebo 3% plošné hmotnosti materiálu.

Tímto byla konstrukce shledána za nevhodnou. Bylo navrženo zaizolování konstrukce tak, aby splňovalo podmínky normy. V tabulce 27. vidíme vrstvy nově navržené konstrukce od interiéru.

Tab. 27. Složení obvodové konstrukce se zateplením

Název	**Průměr *d* [m]**
Omítka vápenná	0,02
Zdivo Cihla pálená	0,30
Omítka vápenná	0,04
Isover fassil (izolační desky z minerální plsti)	0,16
Baumit termo omítka	0,04

Tepelný odpor a součinitel prostupu tepla:

- Tepelný odpor konstrukce $\boldsymbol{R}$: 4,40 m^{2}K/W
- Součinitel prostupu tepla konstrukce $\boldsymbol{U}$: 0,219 W/m^{2}K

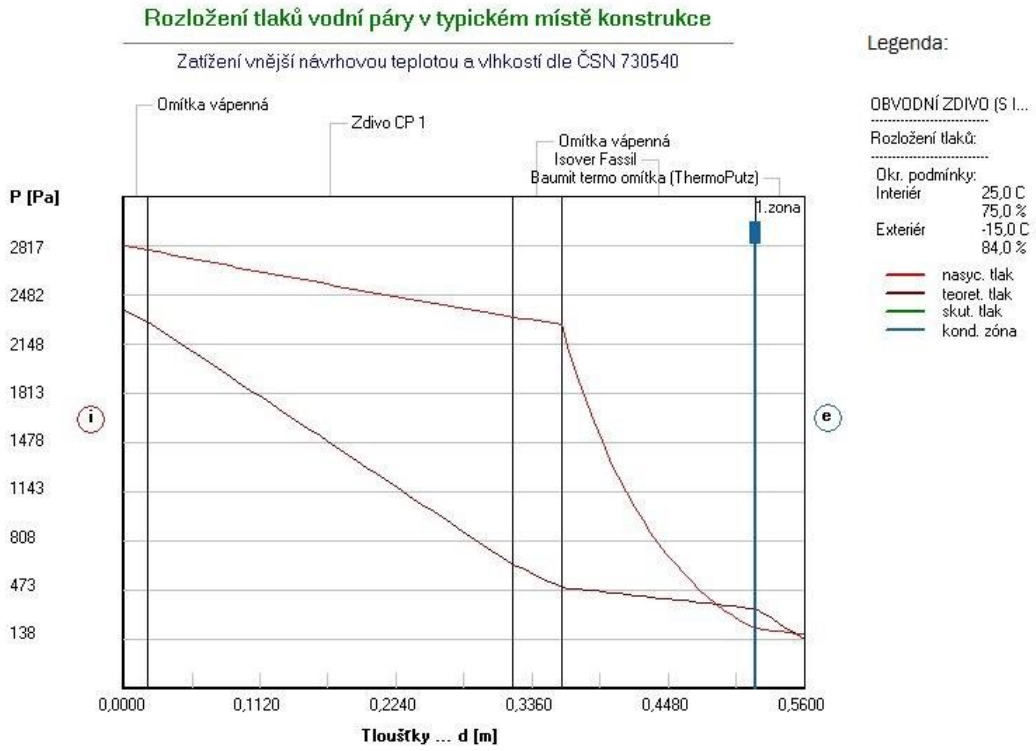
Celoroční bilance vlhkosti:

- Množství zkondenzované vodní páry $\boldsymbol{M_{c,a}}$: 0,185 kg/m^2,rok
- Množství vypařitelné vodní páry $\boldsymbol{M_{ev,a}}$: 5,364 kg/m^2,rok

Při výpočtech parametrů u upravené konstrukce bylo dosaženo potřebných hodnot, které jsou požadovány v normě ČSN 730540-2. Konkrétně se jedná o požadavek na součinitel prostupu. Ten je v normě požadován nižší než 0,31 W/m^{2}K. Spočítaný součinitel prostupu tepla dané konstrukce činí 0,22 W/m^{2}K. To znamená, že požadavek je splněn. Dalším splněným požadavkem normy je, že roční množství kondenzátu musí být nižší než roční kapacita odparu. Roční množství kondenzátu dosahuje hodnot 0.185 kg/m^2,rok a roční kapacita odparu je 5.364 kg/m^2,rok. Dalším splněným požadavkem je, že roční množství

kondenzátu je nižší než 3% plošné hmotnosti materiálu. V případě naší budovy se jedná o hodnotu 0,240 kg/m2,rok a ta je vyšší než roční množství kondenzátu v konstrukci.

Na obrázku 9. můžeme vidět místo kondenzace vodní páry, které je označeno modrým pásem v místě spoje tepelné izolace a vnější omítky (1. zona na obrázku).



Obr. 9. Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci

Celkové zhodnocení všech součinitelů prostupu tepla u různých konstrukcí, které jsou obsaženy v domě, jsou uvedeny v tabulce 28.

Tab. 28. Zjištěné hodnoty součinitele prostupu tepla U, činitele teplotní redukce b, měrné ztráty prostupem H

	A [m^2]	$U_{SKUTEČNÉ}$	U_{REP}	U_{REC}	b	$H_{SKUTEČNÉ}$	H_{NORMA}
Obvodová stěna	289,36	0,219	0,30	0,25	1,00	63,37	86,81
Okna U = 1,0	29,88	1,000	1,50	1,20	1,15	34,36	51,54
Dveře	6,76	1,000	1,70	1,20	1,15	7,77	13,22
Podlaha	165,60	0,197	0,45	0,30	1,00	32,62	74,52
Střecha	165,60	0,157	0,30	0,20	1,00	26,00	49,68
Celkem	657,20					164,13	275,77

K vystavení energetického štítku tedy potřebujeme výsledné hodnoty. A ty jsou následující:

- $\boldsymbol{U_{EM}}$ – normované: 0,37 W/m^{2}K
- $\boldsymbol{U_{EM}}$ – skutečné: 0,22 W/m^{2}K
- Energetický štítek: B – Úsporná budova

11.1.2 Stabilita místnosti v zimním období, odezva na tepelnou zátěž

Tepelná stabilita místnosti byla vyhodnocena pomocí softwaru „Stavební fyzika - Stabilita“. Po vyhodnocení výsledků podle normy ČSN 730540-2 byla zjištěna doba pro maximální délku otopné přestávky. Maximální délka otopné přestávky byla stanovena na 0h. Delší otopná přestávka by nesplňovala požadavek $\Delta \boldsymbol{T_{r,N}}$ (τ) = 3,00 C přičemž $\Delta \boldsymbol{T_{r,N}}$ (τ) > $\Delta \boldsymbol{T_{r,N}}$ (0,00). Přípustná otopná přestávka je natolik krátká, že je nutné zabránit přerušení vytápění místnosti při dané vnější teplotě.

Odezva místnosti na vnitřní a vnější tepelnou zátěž v letním období byla programem „Stavební fyzika - Simulace“ vyhodnocena na hodnotu $\boldsymbol{T_{ai,max}}$ = 28,04 °C. Požadovaná hodnota je $\boldsymbol{T_{ai,max,N}}$ = 27,00 C. Jelikož investor souhlasil s krátkodobým a minimálním překročením teploty, nebylo řešeno strojní chlazení. Chlazení by se dalo řešit dodatečně tepelným čerpadlem, které umožnuje chlazení.

11.1.3 Stanovení tepelných ztrát a stanovení navrhovaného výkonu

Při výpočtu stability místnosti byla vyhodnocena délka otopné přestávky maximálně na nula hodin. Při překročení této doby by nebyla splněna podmínka na pokles výsledné teploty v místnosti v zimním období. Kvůli této podmínce nebylo v domě použito přerušované vytápění.

Jednou ze základních vlastností domu jsou tepelné ztráty v jednotlivých místnostech. Tyto tepelné ztráty byly stanoveny podle normy ČSN EN 12831. U každé místnosti byly spočítány dva druhy ztrát. Jedná se o ztráty prostupem tepla a o ztráty větráním v místnosti. Jsou-li tyto dvě hodnoty známy, je možné určit celkový navrhovaný výkon. Ten pak poslouží k návrhu výměníku tepla. Celkový návrhový výkon dostaneme ze vztahu:

$$\Phi_{HL} = \sum \Phi_{T,I} + \sum \Phi_{V,I} = 3{,}273 + 3{,}655 = 6{,}928\,kW \tag{63}$$

$\boldsymbol{\Phi_{HL}}$ – Celkový návrhový výkon [W],

$\boldsymbol{\Phi_{T,I}}$ – návrhová tepelná ztráta prostupem tepla ve vytápěné místnosti [W],

$\boldsymbol{\Phi_{V,I}}$ – návrhová tepelná ztráta větráním ve vytápěné místnosti [W].

Podrobné výsledky a hodnoty jsou uvedeny v tabulce 29. Celkový návrhový výkon vyšel přibližně 7kW.

- Tepelné ztráty prostupem $\Phi_{T,I}$ = 3,27 kW, což je 47,9 % z celkového výkonu.
- Tepelné ztráty větráním $\Phi_{V,I}$ = 3,6 kW, což je 52,1 % z celkového výkonu.

Tab. 29. Tepelné ztráty místností

číslo	Druh místnosti	Plocha [m^2]	Objem [m^3]	Ztráty prostupem [W]	Ztráty větráním [W]	Návrhový výkon [W]
1	Zádveří, chodba	10,79	30,21	176	169	345
2	Pokoj	10,80	30,24	251	170	421
3	Schodiště	5,94	16,63	62	93	155
4	Koupelna	7,50	21,00	178	118	296
5	Obývací pokoj	39,20	109,76	727	616	1343
6	Kuchyně jídelna	15,75	44,10	229	247	476
7	Ložnice	14,43	40,40	403	227	630
8	Průjezd, garáž	32,20	90,16	31	337	368
11	Chodba se schodištěm	11,80	30,68	86	172	258
12	Komora	8,00	20,80	140	117	257
13	Pokoj	16,60	43,16	238	242	480
14	Pokoj	20,25	52,65	408	295	703
15	Pokoj	15,75	40,95	347	230	577
16	Půdní prostor	64,00	166,40	-3	622	619
	Celkem			3273	3655	6928

11.1.4 Stanovení tepelného výkonu

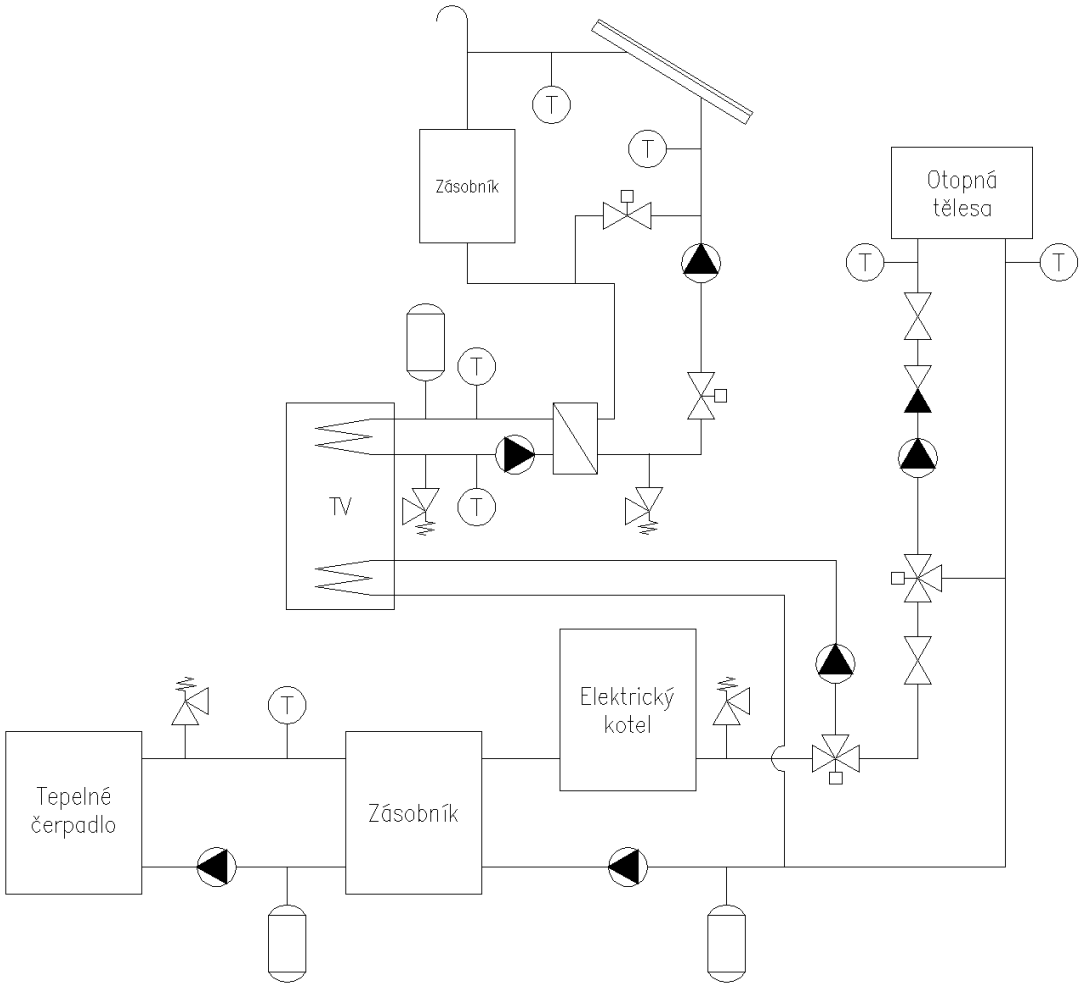
Vytápěcí výkon je takový, který je odebírán tepelnými tělesy. Návrh těchto výkonů byl proveden pro všechny místnosti domu. Přehled těchto výkonů je uveden v tabulce 30.

Tab. 30. Tepelný výkon otopných těles

číslo	Druh místnosti	Výkon OT [kW]
1	Zádveří, chodba	345
2	Pokoj	426
3	Schodiště	165
4	Koupelna	343
5	Obývací pokoj	1416
6	Kuchyně jídelna	496
7	Ložnice	637
8	Průjezd, garáž	384
11	Chodba se schodištěm	275
12	Komora	275
13	Pokoj	496
14	Pokoj	708
15	Pokoj	604
16	Půdní prostor	637
	Celkem	7207

12 NÁVRHY SYSTÉMU TECHNIKY PROSTŘEDÍ

V této kapitole budou popsány návrhy jednotlivých technických zařízení a konkrétní důvody jejich použití. Systém bude primárně využívat tepelné čerpadlo, které bude doplněno o elektrický kotel. Jedná se o bivalentní zdroj energie. Dále jsou pro ohřev teplé vody nainstalovány solární kolektory. Pro chlazení v teplých měsících může být použito tepelné čerpadlo, které má možnost využití chladícího média. Návrh zapojení je vidět na obrázku 10.



Obr. 10. Návrh zapojení vytápěcí soustavy a soustavy pro ohřev TV

12.1 Vytápěcí systém s využitím obnovitelného zdroje

Tento vytápěcí systém je tvořen pomocí více zařízení. Základem celého systému bylo zvoleno tepelné čerpadlo s elektrickým kotlem. Systém je použit pro vytápění i pro přípravu teplé vody. Na systém přípravy teplé vody jsou připojeny i solární panely, které vodu ohřívají za pomocí slunečního záření.

Soustava je samozřejmě vybavena různými zabezpečovacími a pojistnými zařízeními, která mají za úkol regulovat nebo zabraňovat poruchám v daném potrubí.

12.1.1 Návrh tepelného čerpadla

U tepelného čerpadla je důležitým parametrem topný faktor. Topný faktor tepelného čerpadla zjistíme z rovnice (64).

$$COP = k \cdot \frac{\theta_s}{\theta_s - \theta_z} = 0{,}5 \cdot \frac{50 + 273{,}15}{(50 + 273{,}15) + (0 + 273{,}15)} = 3{,}23 \tag{64}$$

Do objektu bylo zvoleno tepelné čerpadlo s průměrným topným faktorem v topném období 4,55. Pomocí technické dokumentace tepelného čerpadla bylo zjištěno, že výkon tepelného čerpadla je 10,4 kW a příkon tepelného čerpadla je 2,19 kW. Chladící výkon čerpadla zjistíme podle rovnice (65).

$$Q_{CH} = Q_{TC} - P_{TC} = 10{,}4 - 2{,}19 = 8{,}21 kW \tag{65}$$

Díky výpočtu chladícího výkonu čerpadla je možno určit účinnou plochu, která bude nutná pro instalaci zemního kolektoru tepelného čerpadla. Tato hodnota je spočtena za předpokladu vlhké písčité půdy podle tabulky (66).

$$A = \frac{Q_{CH}}{q_P} = \frac{8210}{20} = 386 m^2 \tag{66}$$

Výsledné parametry tepelného čerpadla jsou:

- Výkon čerpadla – 10,4 kW
- Příkon čerpadla – 2,19 kW
- Topný faktor – 4,8

12.1.2 Vytápěcí kotel na přípravu vody v otopné soustavě

Pro tento účel byl zvolen elektrický kotel o výkonu 18 kW. Kotel poběží v běžném provozu na minimální úrovni. Tento kotel byl zvolen i na základě nízkých pořizovacích

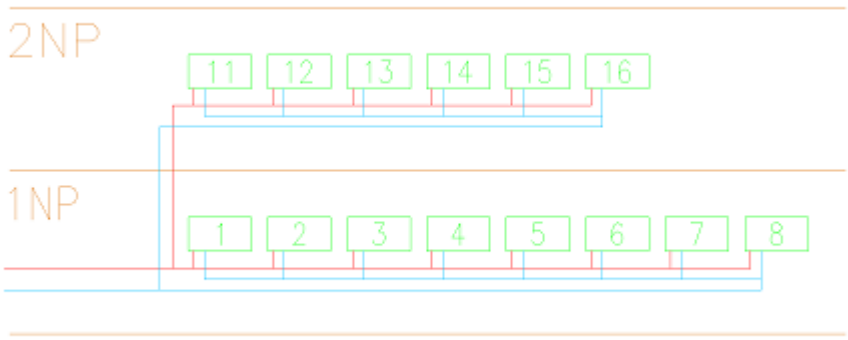
nákladů a rychlé reakce na okamžitou potřebu tepla. Výkon 18 kW byl vybrán kvůli potřebě vytopit dům i v případě výpadku tepelného čerpadla.

Technické parametry elektrického kotle:

- Maximální výkon – 18 kW
- Účinnost – 99,5 %
- Elektrické napětí - 3x230 V/400 V,50 Hz
- Elektrické krytí - IPX4D
- Objem – 7 l

12.1.3 Návrh potrubní sítě otopné soustavy

Pro potrubní síť bylo zvoleno souproudé zapojení. Toto zapojení lze vidět na obrázku 11. Na obrázku je znázorněno zjednodušené schéma zapojení. Otopná tělesa jsou očíslována stejným způsobem jako místnosti v budově. Půdorys domu se zakreslenými otopnými tělesy a celou potrubní sítí se nachází v příloze P1.



Obr. 11. Zjednodušené zapojení soustavy OT

Byla stanovena celková ztráta vytápěcího okruhu. Ta činí přibližně Δp = 17200 Pa. Za předpokladu zanedbání všech vřazených armatur byl zjištěn dopravní tlak čerpadla $\Delta p_{ČERPADLO}$ = 24080 Pa.

Pro správný návrh čerpadla je nutné vypočítat armatury jako trojcestný ventil a regulační ventil otopných těles.

Výpočet trojcestného ventilu

$\Delta p_{ČERPADLO}$ = 0,241 bar

$\Delta p_{SPOTŘEBIČ}$ = 0,045 bar

$\Delta p_{POTRUBÍ}$ = 0,127 bar

Q_{nom} = 3 m^3/h

$$\Delta p_{VENTIL} = \Delta p_{ČERPADLO} - \Delta p_{POTRUBÍ} - \Delta p_{SPOTŘPOTŘ} = 0{,}241 - 0{,}127 - 0{,}045 = 0{,}069\,\text{bar} \quad (67)$$

$$k_v = \frac{\dot{Q}_{nom}}{\sqrt{\Delta p_{vent}}} = \frac{3}{\sqrt{0{,}069}} = 11{,}42\,\text{m}^3/\text{h} \quad (68)$$

$$K_{vs} = (1{,}1 \div 1{,}3) \cdot k_v = (12{,}56 \div 14{,}84)\,\text{m}^3/\text{h} \quad (69)$$

Podle údajů výrobce byl vybrán ventil s nejbližší hodnotou K_{vs}, v našem případě K_{vs} = 13 m^3/h.

Talková ztráta ventilu byla určena podle vztahu (70).

$$\Delta p_{VENTIL,h100} = \left(\frac{\dot{Q}_{nom}}{K_{vs}}\right)^2 = \left(\frac{3}{13}\right)^2 = 0{,}053\,\text{bar} \quad (70)$$

Výpočet regulačního ventilu Q_{nom} = 0,2 m^3/h.

$$k_v = \frac{\dot{Q}_{nom}}{\sqrt{\Delta p_{vent}}} = \frac{0{,}2}{\sqrt{0{,}069}} = 0{,}76\,\text{m}^3/\text{h} \quad (71)$$

$$K_{vs} = (1{,}1 \div 1{,}3) \cdot k_v = (0{,}84 \div 0{,}99)\,\text{m}^3/\text{h} \quad (72)$$

Podle údajů výrobce byl vybrán ventil s nejbližší hodnotou K_{vs}, v našem případě K_{vs} = 0,9 m^3/h.

Talková ztráta ventilu byla určena podle vztahu (73).

$$\Delta p_{VENTIL,h100} = \left(\frac{\dot{Q}_{nom}}{K_{vs}}\right)^2 = \left(\frac{0{,}2}{0{,}9}\right)^2 = 0{,}049\,\text{bar} \quad (73)$$

V konečné fázi návrhu čerpadla je potřeba přičíst tlakovou ztrátu trojcestného ventilu a regulačního ventilu.

$$\Delta p_{č} = \Delta p_{disp} + \Delta p_{vent} + \Delta p_{vent} = 0{,}241 + 0{,}053 + 0{,}049 = 0{,}343\,\text{bar} \quad (74)$$

Se znalostí potřebného tlaku na čerpadle, potřebné dopravní výšce a maximálního průtoku bylo vybráno čerpadlo. Pro okruh v domě bylo vybrán trojcestný ventil s K_{vs} = 13 m^3/h čerpadlo Wilo-Stratos 32/1-10.

12.1.4 Požadavky na přípravu teplé vody

V tomto návrhu je počítáno s požadavkem na přípravu teplé vody pro čtyři osoby. Pro jednu osobu je potřeba 4,3 kWh. Požadavky na přípravu teplé vody jsou počítány podle kapitoly 7.2.1.1.

Celková potřeba vody pro čtyři osoby:

$$Q_{TP} = n \cdot 4{,}3 = 4 \cdot 4{,}3 = 17{,}2kWh \tag{75}$$

Teplo ztracené při ohřevu, distribuci teplé vody:

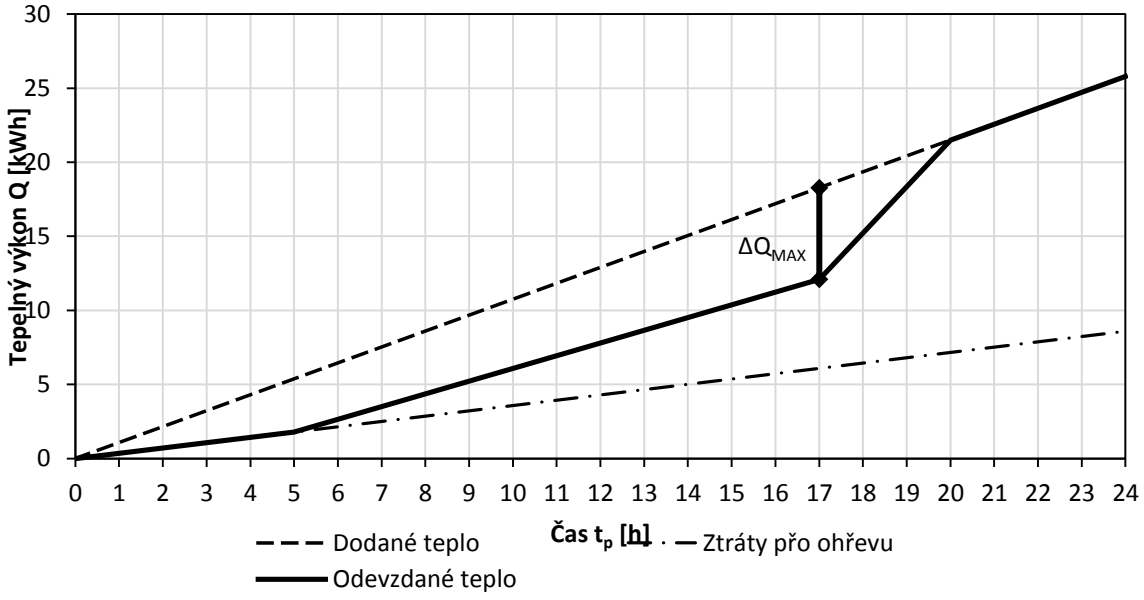
$$Q_{2z} = z \cdot Q_{TP} = 0{,}5 \cdot 17{,}2 = 8{,}6kWh \tag{76}$$

Teplo dodané ohřívačem do vody během periody ohřevu:

$$Q_{2P} = Q_{2z} + Q_{TP} = 8{,}6 + 17{,}2 = 25{,}8kWh \tag{77}$$

Tab. 31. Teplá voda v odebírané době (množství)

Doba [h]	Procento odebírané vody [%]	Teplo [kWh]
5 - 17	35	6,02
17 - 20	50	8,60
20 - 24	15	2,58



Graf 5. Dodávka odběr tepli při ohřevu vody

Z grafu je patrno, že největší rozdíl odebíraného tepla je 6,175 kWh.

Velikost zásobníku teplé vody podle rovnice (78):

$$V_z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} = \frac{6{,}175}{1{,}163 \cdot (55 - 10)} = 0{,}12 m^3 = 120 l \tag{78}$$

Jmenovitý tepelný výkon ohřívače teplé vody z rovnice (79):

$$\Phi_{1n} = \left(\frac{Q_1}{t} \right)_{\max} = \frac{25{,}8}{24} = 1{,}075 kW \tag{79}$$

Technické parametry zásobníku na teplou vodu:

- Objem – 130 l
- Příkon – 2,2 kW
- Regulace teploty – ano
- Ochrana před vodním kamenem

12.1.5 Solární kolektory na ohřev teplé vody

Při optimalizaci návrhu solárních kolektorů poslouží znalost průměrné denní spotřeby teplé vody a znalost spotřeby energie k jejímu odběru.

Je zde předpoklad, že jedna osoba spotřebuje 45 litrů a tomu odpovídá 1,85 kWh/den.

Velikost akumulačního zásobníku je tedy možné vypočítat z rovnice (80):

$$V_{ZAS} = 2 \cdot V_{OS} \cdot n = 2 \cdot 45 \cdot 4 = 360 l \tag{80}$$

Stanovení spotřeby energie k ohřevu za rok podle rovnice (81):

$$Q_{TV} = 365 \cdot Q_{OS} \cdot n = 365 \cdot 1{,}85 \cdot 4 = 2701 kWh \tag{81}$$

Ze získaných hodnot spotřeby energie, která činí 2701 kWh, lze spočítat velikost solárního kolektoru. Sklon kolektoru bude uvažován na 30°. Takovému sklonu kolektoru odpovídá solární zisk 1,1 a roční sluneční radiace 1000 kWh/m^2.

$$A_{KOL} \approx \frac{0{,}6}{0{,}3} \cdot \frac{Q_{TV}}{H_{SOLAR} \cdot f_{SKLON}} \approx \frac{0{,}6}{0{,}3} \cdot \frac{2701}{1000 \cdot 1{,}1} = 4{,}91 m^2 \tag{82}$$

Sluneční kolektor má plochu 2,6 m^2. Proto bude potřeba u tohoto druhu kolektoru minimálně dvou kusů, aby byla získána požadovaná energie.

Technické parametry slunečního kolektoru:

- Plocha kolektoru – 2,6 m^2
- Objem kapaliny – 2,4 l
- Maximální pracovní tlak – 0,6 MPa
- Hmotnost – 60 kg

12.2 Návrh elektroinstalace

Elektroinstalace v navrhovaném domě je rozdělena na dvě části, a to na silnoproud a slaboproudé rozvody elektrické sítě. U vnitřní silnoproudé elektroinstalace se jedná o osvětlení a zásuvkové obvody. Tato silnoproudá elektroinstalace je samostatně jištěna. Pro elektrické požární, zabezpečovací systémy, telefon, televizní signál a ovládání je určena slaboproudá elektroinstalace.

Dům je připojen na elektrickou síť pomocí hlavní domovní skříně. Ta se váže k přípojce elektřiny nízkého napětí. Tato skříň dále vede elektřinu kabelem do domovních rozvodů, které má dále na starosti domovní rozvodnice. V domovní rozvodnici se nachází jističe k jednotlivým zásuvkám a světelným okruhům, hlavní vypínač a chrániče.

Pro návrh kabelu vedoucího od domovní skříně k domovní rozvodnici použijeme vztah (83).

$$A = \frac{P_S \cdot \rho \cdot l}{U_F \cdot \Delta u \cdot \cos\varphi} \cdot 10^6 = 10{,}84\,\text{mm}^2 \tag{83}$$

$\boldsymbol{P_S}$ – Předpokládaný současný výkon [kW],

$\boldsymbol{\rho}$ – měrný odpor materiálů vodiče [Ωm]; pro měď $\rho = 0{,}0178 \cdot 10^{-6}$ Ωm,

$\boldsymbol{l}$ – délka vodiče k přípojce [m] **,**

$\boldsymbol{U_F}$ – fázové napětí [V]; $U_F = 230$ V,

$\boldsymbol{\Delta u}$ – úbytek napětí na přípojce [V]; $\Delta u = 2{,}3$ V,

$\boldsymbol{\cos\varphi}$ – účiník sítě [-]; $\cos\varphi = 0{,}9$.

Minimální průřez vodiče je tedy stanoven na 10,84 mm. Velikost průřezu je brána pro kabel, který vede elektřinu od domovní skříně do domovní rozvodnice. Zajišťuje se tak předpoklad zatížení největším výkonem. Předpokládaný současný výkon se stanoví pomocí součinem poměrného koeficientu a celkovým příkonem spotřebitelů.

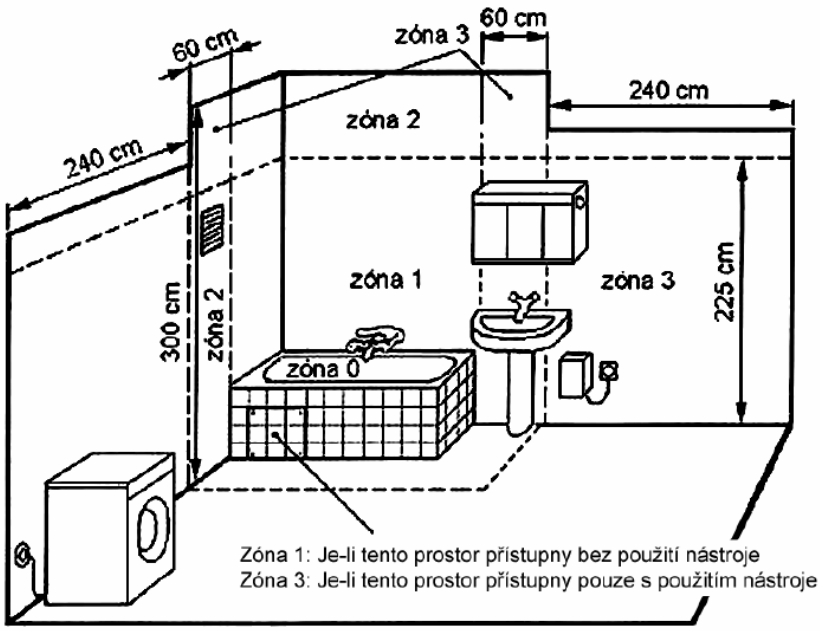
$$P_S = \beta \cdot P_c \tag{84}$$

P_S – Předpokládaný současný výkon [kW],

β – poměrný koeficient; β = 0,75,

P_C – celkový příkon spotřebičů [kW] .

Pro větší bezpečnost v místnostech se sociálním zařízením jsou zásuvky opatřeny proudovým chráničem, který zvyšuje bezpečnost před elektrickým zkratem. Toto opatření také kontroluje norma ČSN 33 2000-7-701. Norma rozděluje koupelnu do tří zón. Tyto zóny určují vzdálenosti od sprchového koutu, či vany. Zóny vidíme na obrázku 12.



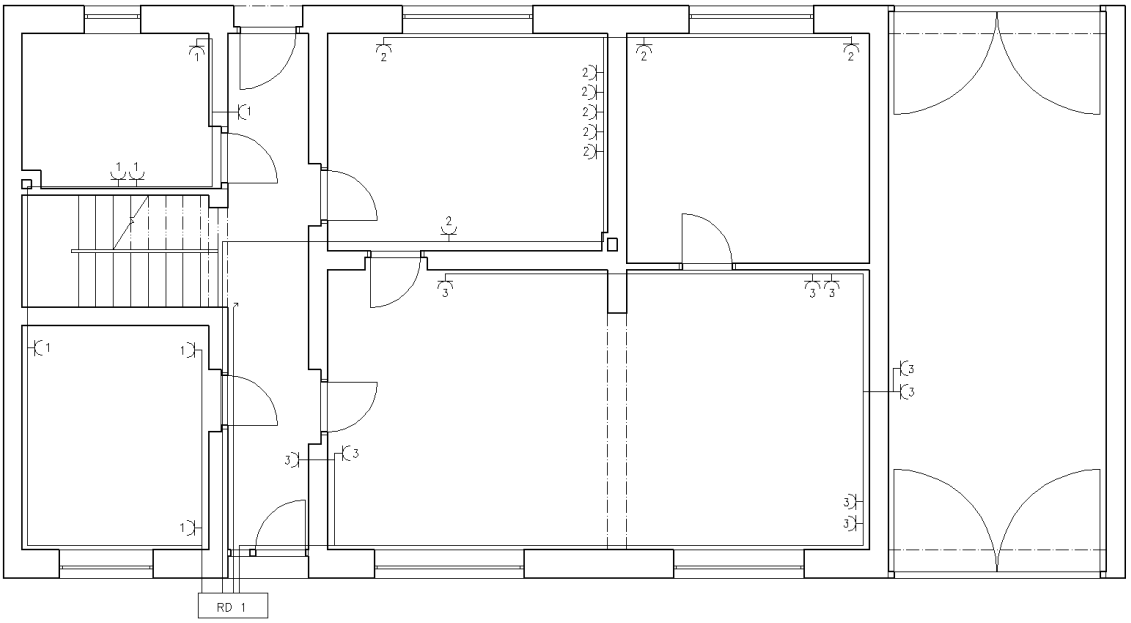
Obr. 12. Rozdělení koupelnových zón podle normy

Všechny tyto zóny musejí být chráněny proudovým chráničem s vypínacím proudem 30 mA. Chrániče fungují tak, že jakmile přijde ke styku s nebezpečným napětím, dojde k odpojení spotřebiče.

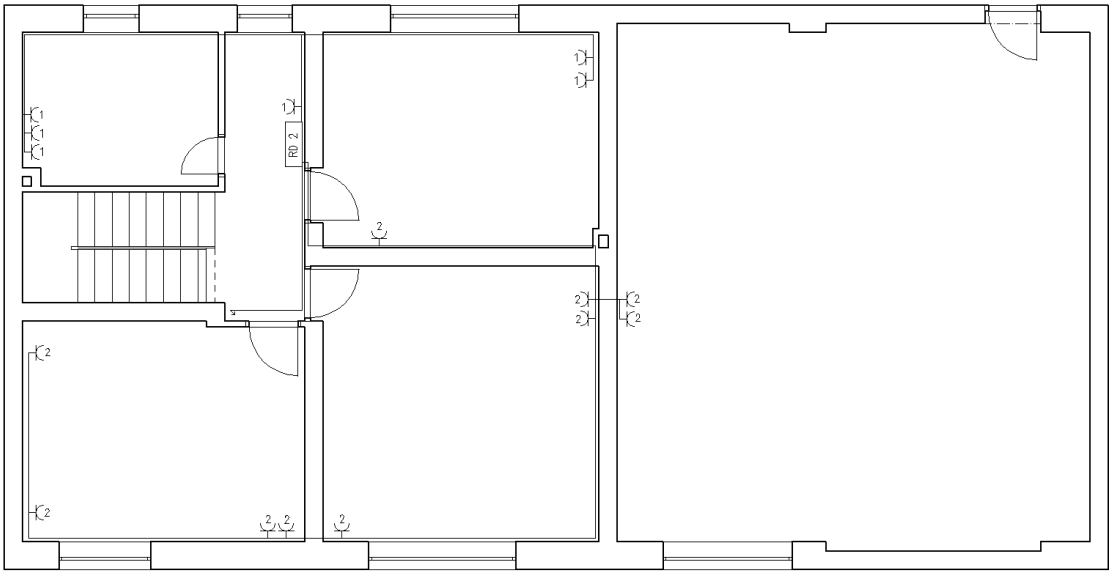
Návrhy rozmístění zásuvek jsou zřejmé z návrhu na obrázcích (Obr. 13, Obr. 14). Zásuvky jsou napojeny na dva jističe, jistič 10 A a 16 A. Tyto jističe jsou určeny nejvyšším současným příkonem. Tyto obvody jsou umístěny ve zdech asi 30cm nad podlahou. V případě místností koupelny a kuchyně jsou zásuvky umístěny výše, aby byli dostupné pro spotřebiče. V případě spotřebičů, které mají více než 2000 VA, byl navrhnut samostatný zásuvkový okruh.

Návrhy světelných rozvodů jsou zakresleny v obrázcích (Obr. 15, Obr. 16). Jsou vedeny pod stropní a stěnovou omítkou. Ovládání světel je řešeno dotykovým ovládáním

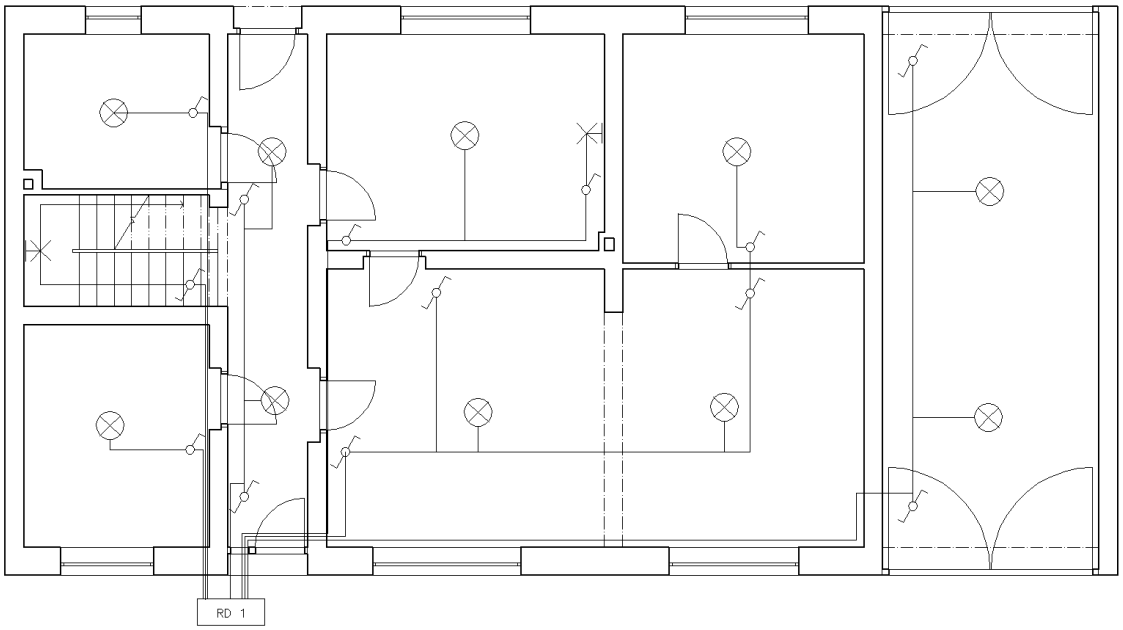
umístěným 1,3 m nad podlahou. Jednotlivé okruhy jsou napojeny na jistič 10 A. Umístění světel bylo navrhnuto takovým způsobem, aby docházelo k vytvoření příznivých světelných podmínek v místnostech.



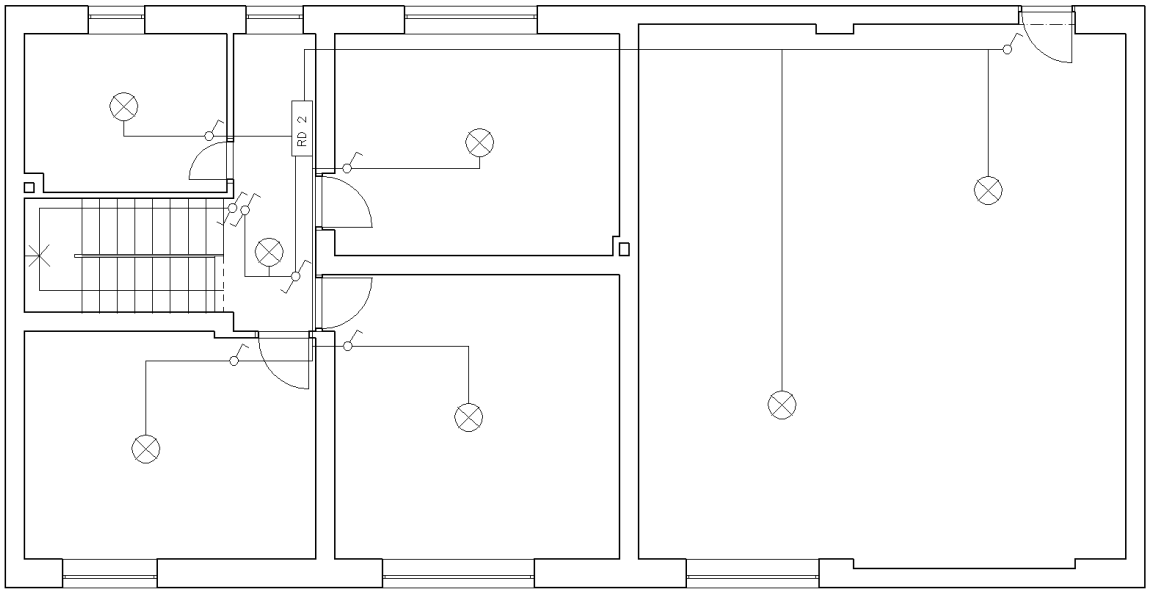
Obr. 13. Rozvody elektrických zásuvek 1.podlaží



Obr. 14. Rozvody elektrických zásuvek 2.podlaží



Obr. 15. Rozvody osvětlení 1. Podlaží



Obr. 16. Rozvody osvětlení 2. podlaží

12.2.1 Návrh fotovoltaických panelů

Fotovoltaické panely slouží k výrobě elektrické energie. Postup návrhu je popsán v kapitole 7.6.1. V prvním kroku návrhu je potřeba určit využitelnou plochu, na které bude možnost panely nainstalovat. Na střeše, která je orientována jižním směrem je přibližně 100m^2. Na střeše jsou již umístěny kolektory na ohřev teplé vody. Proto bylo na fotovoltaické panely vymezeno 50m^2.

Celkový výkon fotovoltaiky lze spočítat podle vztahu (85). Uvažujeme, že účinnost je přibližně 14%.

$$P_{FV} = A \cdot \eta = 50 \cdot 0{,}14 = 7kW \tag{85}$$

Dále je předpokládána sluneční radiace 1000 kWh/m^2, energetický zisk je 1,1 a hodnota PR je odečtena z tabulky 23. Pomocí těchto hodnot získáme energetickou výtěžnost fotovoltaického systému dle vztahu (86).

$$E_{EL} = H_{SOLAR} \cdot f_{SKLON} \cdot P_{FV} \cdot PR = 1000 \cdot 1{,}1 \cdot 7 \cdot 0{,}7 = 5390kWh/rok \tag{86}$$

Hodnota se blíží k průměrné hodnotě spotřeby rodinného domu.

Technické parametry fotovoltaického panelu:

- Špičkový výkon – 235 Wp
- Maximální napětí – 30,1 V
- Napětí naprázdno – 37,1 V
- Maximální proud – 7,81 A
- Zkratový proud – 8,31 A
- Účinnost – 14,4 %

12.3 Bezpečnostní systémy EZS a EPS

Dnešní moderní domy bývají vybaveny systémovým vybavením pro zabezpečení objektu po stránce ochrany majetku, nebo vniknutí cizí osoby na soukromý pozemek, ale také po straně ochrany před požárem. Tyto systémy zvyšují takzvaný komfort bydlení.

Elektronický zabezpečovací systém i elektronický požární systém jsou napojeny na sběrnicový systém LonWorks. Díky propojení senzorů pomocí této komunikace je možno data použít i v aplikacích, které mohou být jednoduše sledovány a mohou zvýšit požadavky na bezpečnost.

Zabezpečovací a požární systémy jsou v domě rozděleny do určitých skupin. Tyto skupiny nám určují zóny v domě, které slouží v případě vyhodnocení. Uživatel díky těmto zónám může zjistit, v které části domu hrozí nebezpečí a jakého je druhu. Systém je napojen na GSM bránu a je schopný kontaktovat uživatele vzdáleně při vzniknutí požáru nebo při detekci narušení.

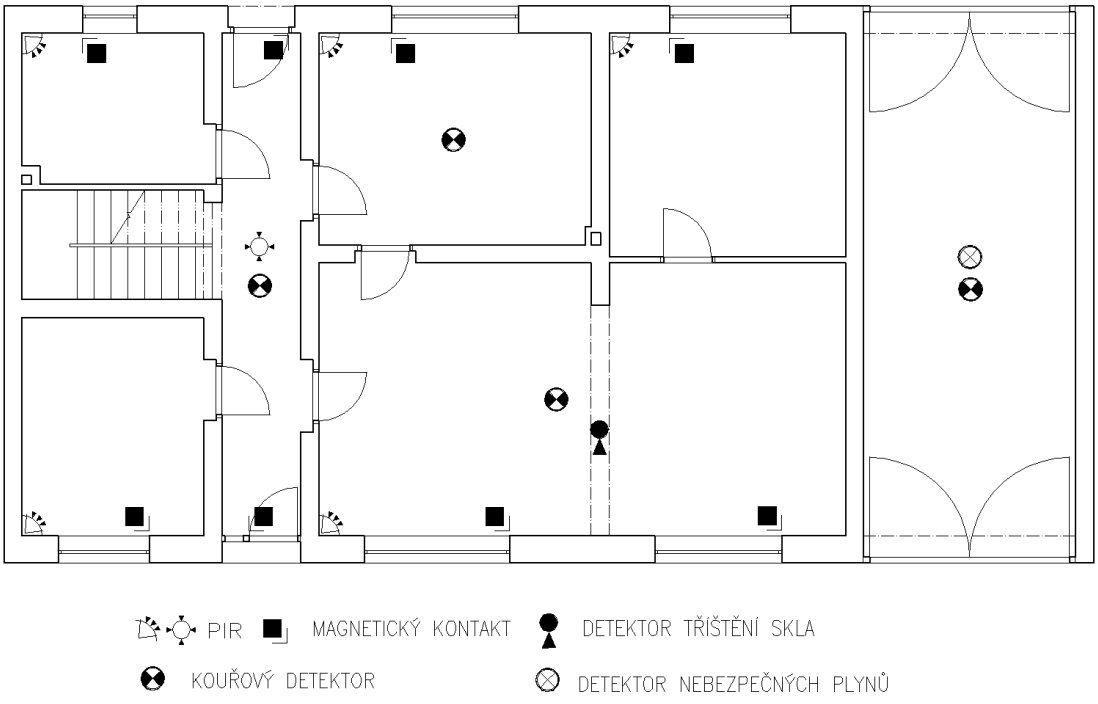
12.3.1 Návrh elektronické zabezpečovací signalizace

Hlavním úkolem systému EZS je zavčas signalizovat nebo upozornit majitele při fyzickém vniknutí cizích osob na soukromý pozemek nebo do objektu. Hlavní pozornost byla zaměřena na objekt a jeho kritická místa. Za kritická místa jsou v domě považovány části konstrukce domu, prostřednictvím kterých je jednoduché se dostat do objektu. Konkrétně v našem případě se jedná o okna a dveře. Pro tato kritická místa byla zvolena plášťová ochrana formou magnetických kontaktů. Tyto kontakty jsou umístěny na všech okenních rámech a dveřních zárubních, které se vyskytují v plášti domu. V případě vniknutí osoby do objektu jsou místnosti vybaveny detektory pohybu PIR. V případě větších skelných ploch je plášťová ochrana vylepšena pomocí akustického detektoru rozbití skla. Rozmístění těchto čidel je zřejmé z obrázků (Obr. 17, Obr. 18).

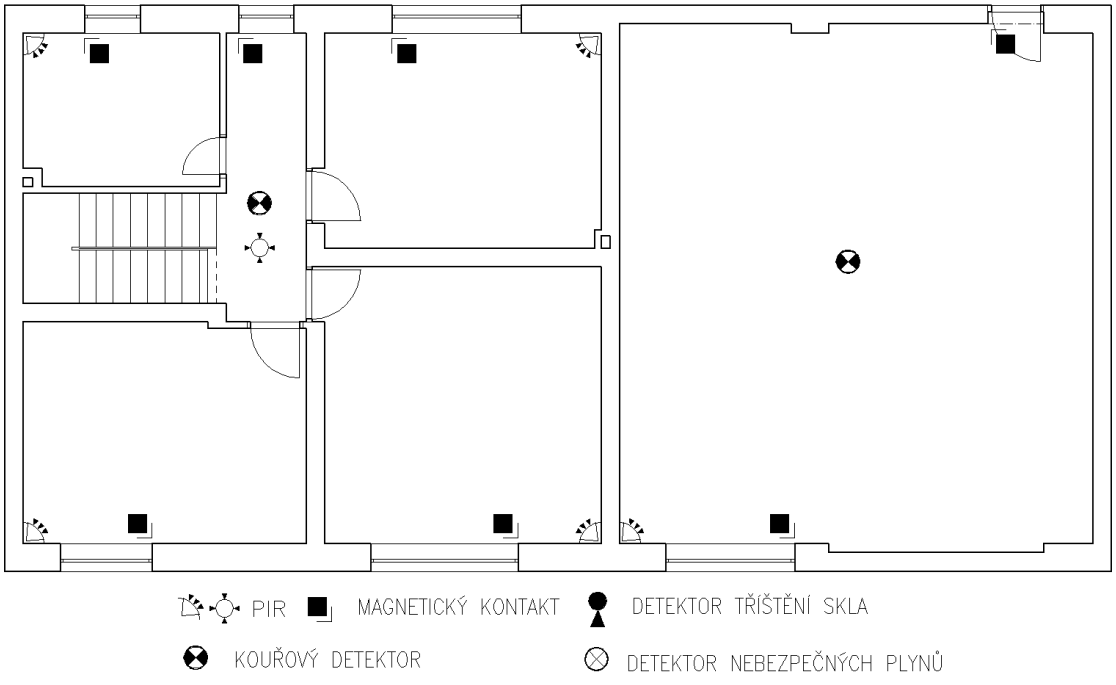
12.3.2 Návrh elektronické požární signalizace

Elektronická požární signalizace chrání majetek a osoby při vzniku požáru v objektu. Za tímto účelem byla navržena tato signalizace. Detektory kouře byly umístěny v chodbách obou podlaží, především v kuchyni a v obývacím pokoji. Jedná se o dva pokoje, které jsou v objektu nejvíce využívány. Další detektor kouřových zplodin a detektor nebezpečných plynů je instalován v garáži. Zde se mohou vyskytovat nebezpečné těkavé nebo hořlavé látky, které slouží k obsluze automobilů. V případě vzniku a detekce požáru je spuštěna světelná i akustická signalizace, aby upozornila obyvatele domu.

Umístění těchto detektorů a signalizace je možno vidět na obrázku (Obr. 17, Obr. 18).



Obr. 17. Návrh EPS a EBS 1. nadzemní podlaží



Obr. 18. Návrh EPS a EBS 2. nadzemní podlaží

13 ŘÍZENÍ, KOMUNIKACE A INFORMAČNÍ SYSTÉM

Systém LonWorks slouží ke sběrnicové komunikaci přístrojů. Tyto přístroje mezi sebou komunikují, podávají si mezi sebou důležité informace, o stavu systému nebo přímo řídí jiné prvky v síti. V domech se systém používá převážně na monitorování stavů techniky, ovládání určitých prvků jako například osvětlení, žaluzie, popřípadě regulace topení. Tento systém je navržen tak, aby co nejvíce zjednodušoval uživatelské nastavení domu.

Systém komunikuje po sběrnici RS-285 a síťovém rozvodu 230 V. Vedení bylo navrženo tak, aby se co nejméně zasahovalo do samotné konstrukce domu a bylo kdykoliv přístupné pro pozdější úpravu a manipulaci. Tento návrh inteligentních rozvodů je zaveden do všech místnosti v domě.

Jako výkonové jednotky systému LonWorks považujeme zdroj a acutory systému. Tyto jednotky jsou umístěné v rozvaděči, kde je možný bezproblémový přístup k těmto jednotkám a mohou být kdykoliv modifikovány. Nalezneme zde i komunikační rozhraní USB, přes které se do systému nahrávají programy pro jednotlivé jednotky, popřípadě mění již zavedený program.

Systém bude navržen tak, aby bylo možné ovládat systém topení a systém ohřevu teplé vody, popřípadě automatická regulace pomocí různých druhů snímacích čidel. Nadále bude navrženo ovládání osvětlení v budově, které v určitých částech domu bude využívat i automatické osvětlení podle jasu. Se systémem osvětlení úzce souvisí také systém žaluzií. Dále je systém propojen se systémy EZS a EPS, kdy při vyhodnocení poplachu nebo požáru mohou být sepnuta výstražná zařízení a dojde k automatickému rozsvícení únikových východů. Zároveň se tyto systémy nesmí navzájem rušit v komunikaci. V budově bude přítomna i interaktivní dotyková obrazovka, kde uživatel bude schopný z jednoho místa ovládat téměř všechny prvky, které budou napojené na systém LonWorks.

Rozmístění příslušných ovládacích prvků, snímacích čidel, které byly pro dům navrženy, jsou zakresleny v obrázcích (Obr. 20, Obr. 21).

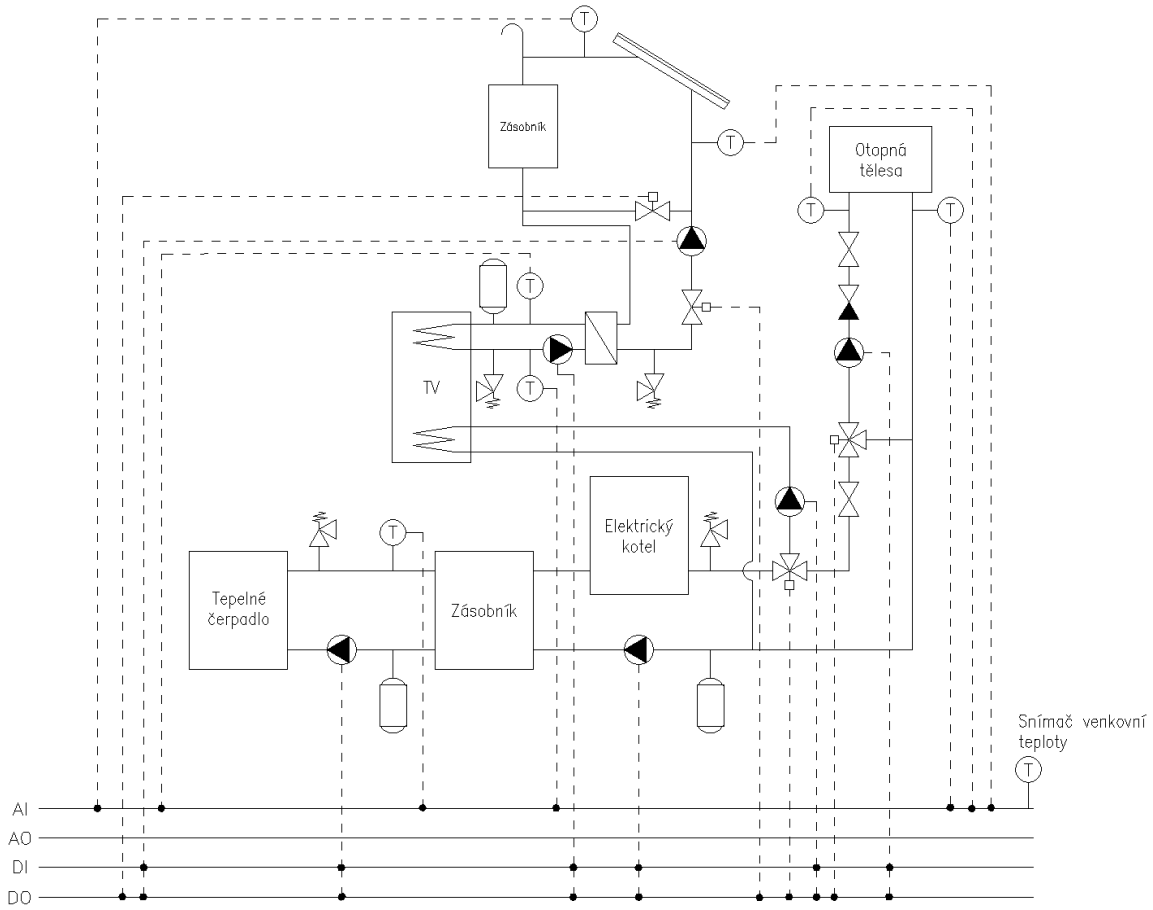
13.1 Návrh zapojení systému

Systém je vybaven snímači a akčními členy. Snímače zjišťují hodnoty a převádí je na elektrické signály, které jsou vedeny do řídící jednotky. Zde jsou vyhodnoceny a zpětně pomocí akčních členů probíhá zásah do systému podle vyhodnocení řídící jednotky.

Každý prostor v budově má snímač teploty a regulační orgán, tím je zajištěna regulace v každé místnosti. Systém byl navrhnut jako centrální, všechny prvky lze ovládat z centrálního panelu. Ovládání centrálního panelu je navrhnuto a pospáno v kapitole 13.6.

Regulátor pro otopný okruh byl navržen tak, aby se řídil závisle podle venkovní teploty. Regulace je prováděna pomocí trojcestného směšovacího ventilu, kde se může navracet voda z otopného okruhu. Schéma regulace je patrné z obrázku 19.

Dalším regulovaným okruhem jsou solární panely. Jedná se především o regulaci oběhové kapaliny, která předává tepelnou energii do zásobníku teplé vody. Pokud je teplonosná látka v solárním systému málo zahřátá, je potřeba tuto oběhovou kapalinu ohřát několikrát přes solární panel, než bude použita k přípravě teplé vody.



Obr. 19. Schéma regulace soustavy

13.2 Návrh ovládání vytápěcího systému

Tepelné čerpadlo, které zajištuje vytápění domu bylo zvoleno tak, aby obsahovalo regulátor. Tento regulátor nám umožňuje regulovat výkon čerpadla. Samotná regulace je umožněna díky připojeným čidlům, která zjišťují teplotní parametry v budově. V tomto případě se jedná o automatické vytápění. Další možností vytápění jsou předdefinované scény vytápění. Jedná se o různě upravené scénáře pro topení. Tyto scénáře mohou být nadefinované tak, jak vyžaduje sám uživatel. V době odstavení tepelného čerpadla je nastaveno přerušované spínání, aby odstavené čerpadlo nezamrzlo.

Komunikace těchto zařízení probíhá na sběrnici. Po připojení osobního počítače nebo diagnostických zařízení muže být provedena diagnostika nebo přeprogramování stávajícího programu. V případě výpadku této komunikační sítě je možné regulátor tepelného čerpadla ovládat ručně na vestavěném ovládacím panelu.

Po nainstalování systému budou do regulátorů tepelného čerpadla nahrány programy topení. Tyto programy budou zároveň automaticky upravovány prostřednictvím teplotních čidel, aby byla zajištěna nejkvalitnější teplotní pohoda.

13.3 Návrh ovládání solárního okruhu k ohřívání TV

Řízení solárního okruhu pro ohřev teplé vody je připojeno tak, aby pracovalo zcela automaticky a uživatel domu jej nemusel vůbec obsluhovat. Tento oběh je řízen čidly, která jsou umístěna u solárních kolektorů a tepelného výměníku. Systém solárního okruhu je připojen k síti LonWorks, která umožňuje systém vypínat a zapínat, regulovat jeho výkon podle potřeby. Dále je zde také možnost vyhodnocení systému a jeho kontroly.

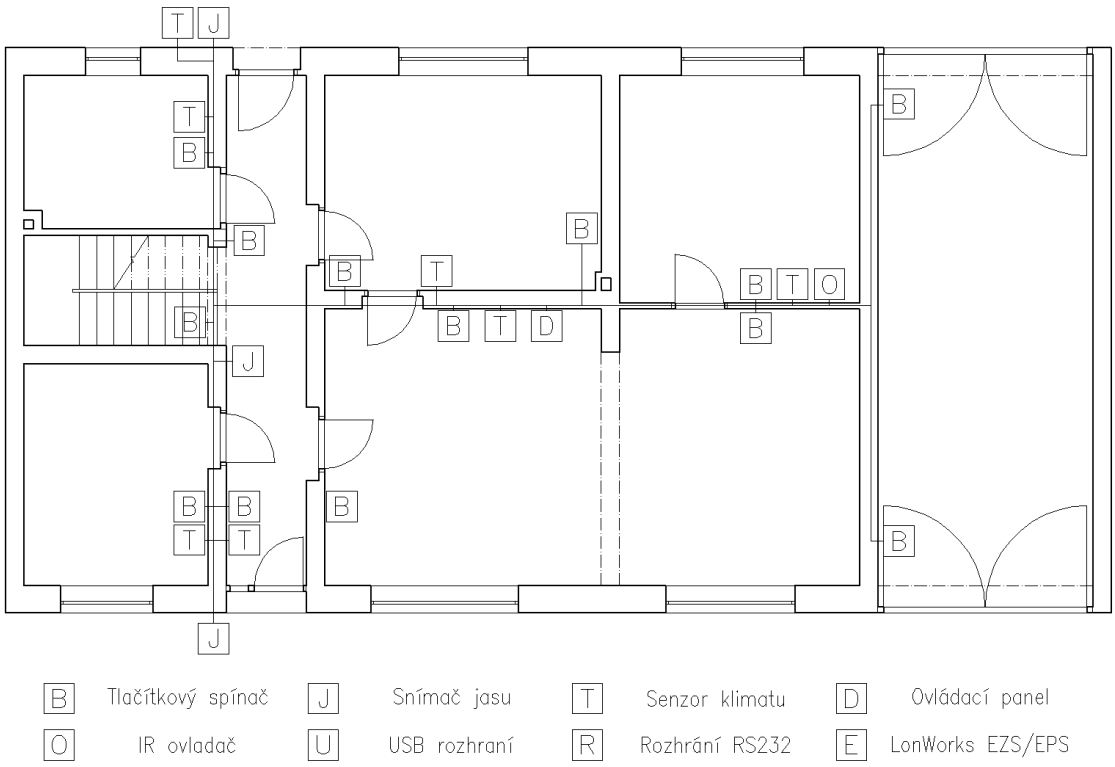
13.4 Návrh ovládání osvětlení

Jelikož do domu bude instalován sběrnicový systém LonWorks nebude se jednat o obyčejné silnoproudé osvětlení. Zapojení, rozmístění světel a tlačítkových spínačů bude odpovídat návrhu na obrázku (Obr. 15, Obr. 16). Na těchto návrzích jsou zvolené spínače přiřazeny k jednotlivým okruhům světel. Ve finální verzi zapojení může být jakýkoliv spínač přiřazen k jakémukoliv světlu. Další z možností je spínání světla čidlem pohybu na schodišti, které by bylo navíc podmíněno čidlem snímající přirozeně denní osvětlení. Toto čidlo by rozhodovalo, zda je schodiště dostatečně osvětleno.

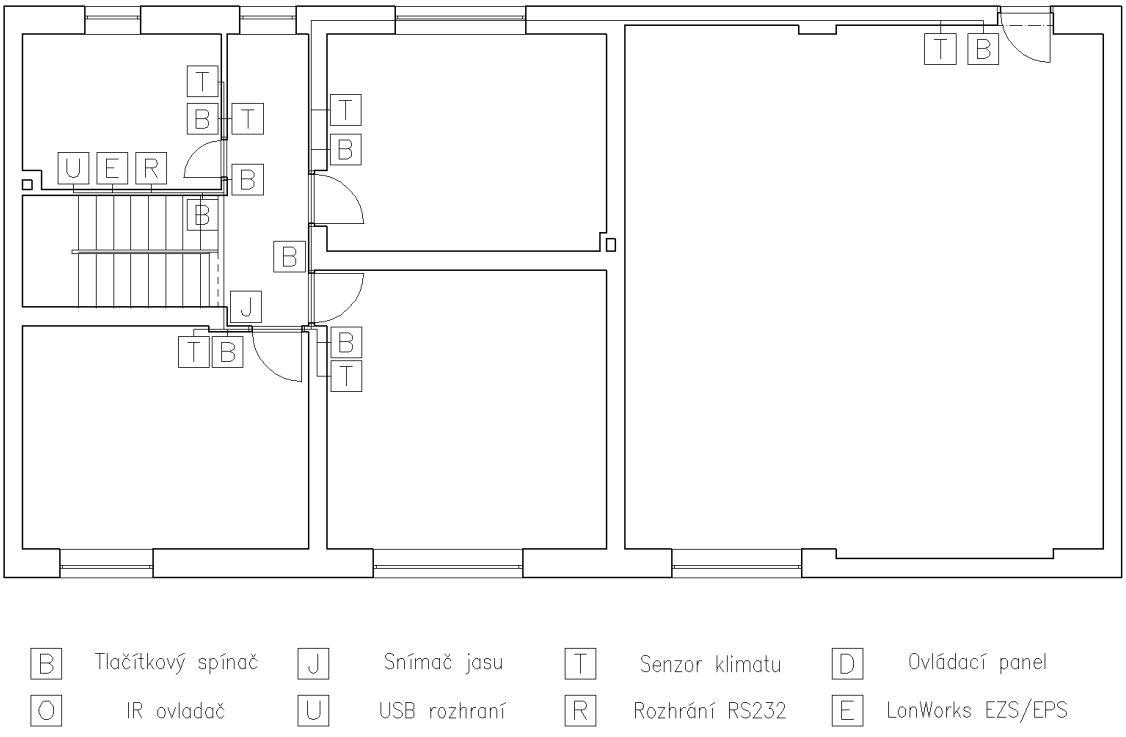
Spínací tlačítka osvětlení u systému LonWorks mají výhodu libovolného programování funkcí. Všechna základní spínací tlačítka jsou naprogramována tak, aby krátký stisk tlačítka dané osvětlení vypnul nebo zapnul a při jeho dlouhém stisku, či podržení byla upravena intenzita osvětlení. Dále mohou být přidána další tlačítka, která budou sloužit ke scénickému rozsvícení světel. Všechna jednotlivá světla a přednastavené scény jdou také ovládat pomocí dotykového panelu, na kterém lze vidět i grafické zobrazení světel.

13.5 Návrh ovládání žaluzií

Ovládání žaluzií funguje na podobném principu jako ovládání světel. Jejich ovládání je řešeno pomocí tlačítkových spínačů, dálkového ovládání nebo dotykového panelu. Dále pomocí čidel intenzity venkovního osvětlení budou mít žaluzie automatický mód. Využitím těchto čidel se budou moci žaluzie samostatně zatahovat nebo natáčet lamely tak, aby do místnosti proudilo právě požadované množství světla. Dále je také možné v letních měsících omezit přehřívání v kritických. Další z možností je nastavení scénických stavů žaluzií. Například při odchodu z domu jedním tlačítkem stáhnout všechny žaluzie.



Obr. 20. Návrh ovládacích prvku LonWorks 1. Podlaží

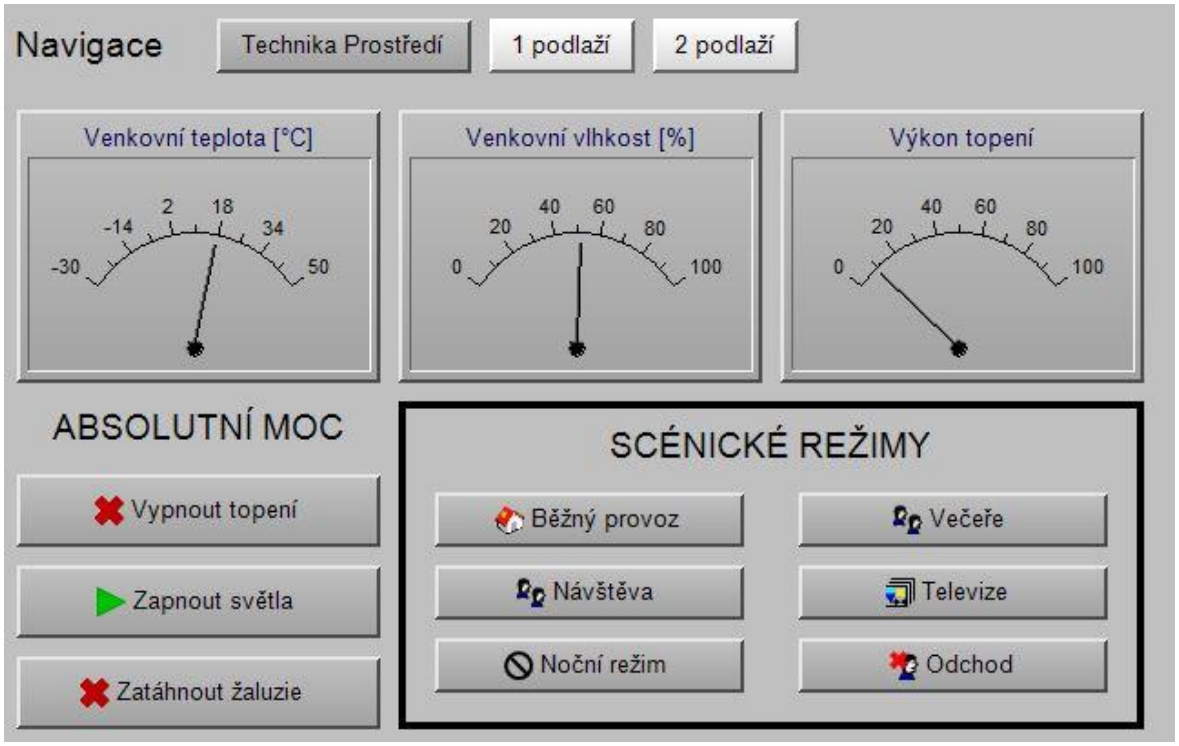


Obr. 21. Návrh ovládacích prvku LonWorks 2. Podlaží

13.6 Vizualizace, ovládací systém SCADA

Jako centrální ovládání těchto inteligentních rozvodů byla zvolena dotyková obrazovka, která je umístěna v nejvíce frekventované místnosti domu, tou je obývací pokoj. Dotyková obrazovka je zabudovaná ve stěně. Jedná se o podobnou technologii jako jsou dnešní tablety a chytré telefony. Tato ovládací dotyková obrazovka je připojena k hlavní řídící jednotce inteligentních rozvodů a je schopná ovládat jakékoliv prvky připojené na tuto síť.

Program jako takový byl navržen na základní monitorování a ovládání potřebných prvků v domě. Na hlavní obrazovce tedy vidíme hodnoty venkovní teploty, vlhkost venkovního vzduchu. Dále se zde nacházejí tři tlačítka absolutní moci. Tato tlačítka jsou nastavena v módu „toggle“. Jedná se o jedno tlačítko střídavě se dvěma funkcemi. Mají za úkol okamžitého zapnutí nebo vypnutí základních funkcí domu jako je vytápění, osvětlení nebo žaluzie. Nejdůležitějším prvkem hlavní nabídky je navigace v programu, pomocí které se můžeme pohybovat v programu. Jako posledním prvkem jsou zde takzvané scénické režimy. Jedná se o přednastavené scény světel žaluzií pro nejvíce používané situace. Tyto scénické režimy mohou být různé. Hlavní menu lze vidět na obrázku (Obr. 22).



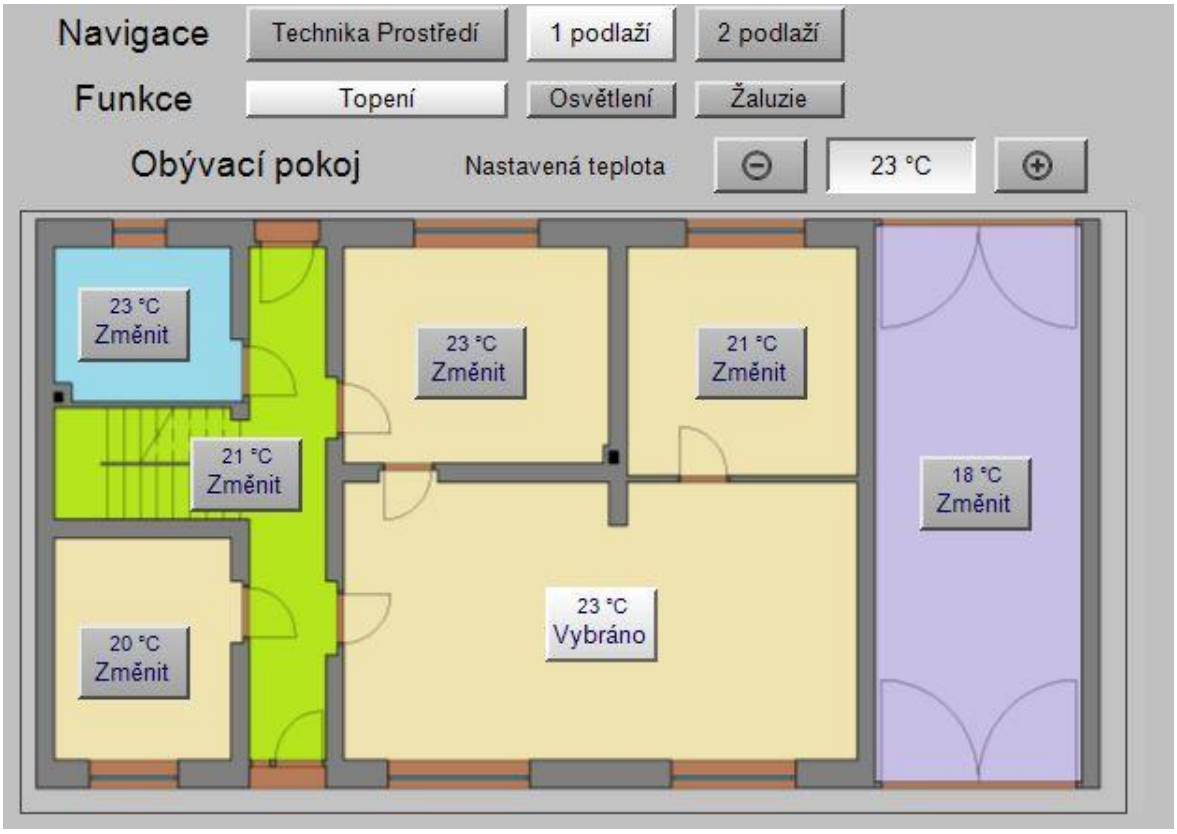
Obr. 22. Hlavní obrazovka

V menu navigace po přepnutí programu na 1. Podlaží nebo 2. Podlaží je možné libovolně upravovat nastavení topení, osvětlení a ovládání stavů žaluzií. Tyto možnosti se nachází hned pod navigačním menu.

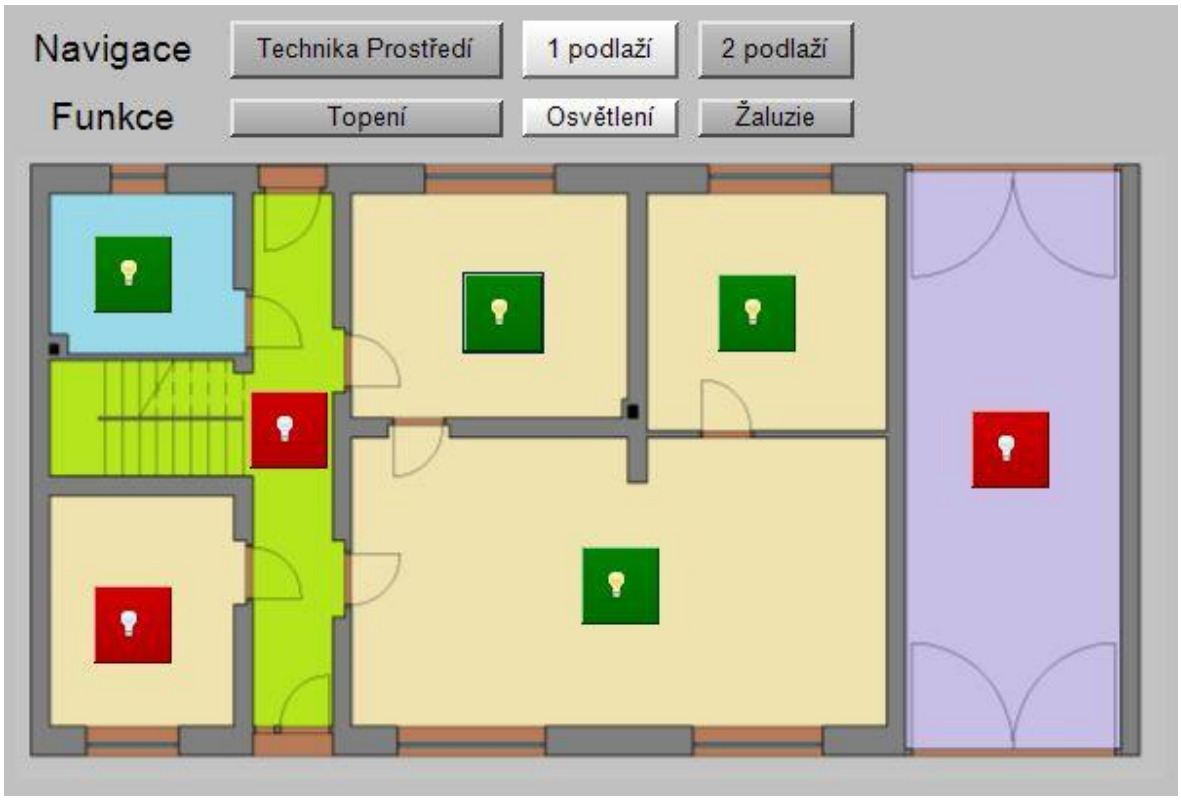
U nastavení topení se nachází i nákres domu pro jednodušší představu o místnostech a jejich dohledání. Nastavení teploty se provádí výběrem místnosti, ve které chceme upravovat danou teplotu a pomocí tlačítek nastavit požadovanou hodnotu topení. U každé místnosti jde vidět i aktuální hodnota teploty v místnosti, jak je uvedeno na obrázku 23.

Nastavení osvětlení se provádí podobně jako nastavení vytápění. Místo informační teploty je na panelu vidět, které světla jsou zapnuta (zelená ikona s rozsvícenou žárovkou) a vypnuta (červené tlačítko se zhasnutou žárovkou). Tlačítka na vypínání a zapínaní světel jsou ve funkci „toggle“. Obrazovka nastavení osvětlení na obrázku 24.

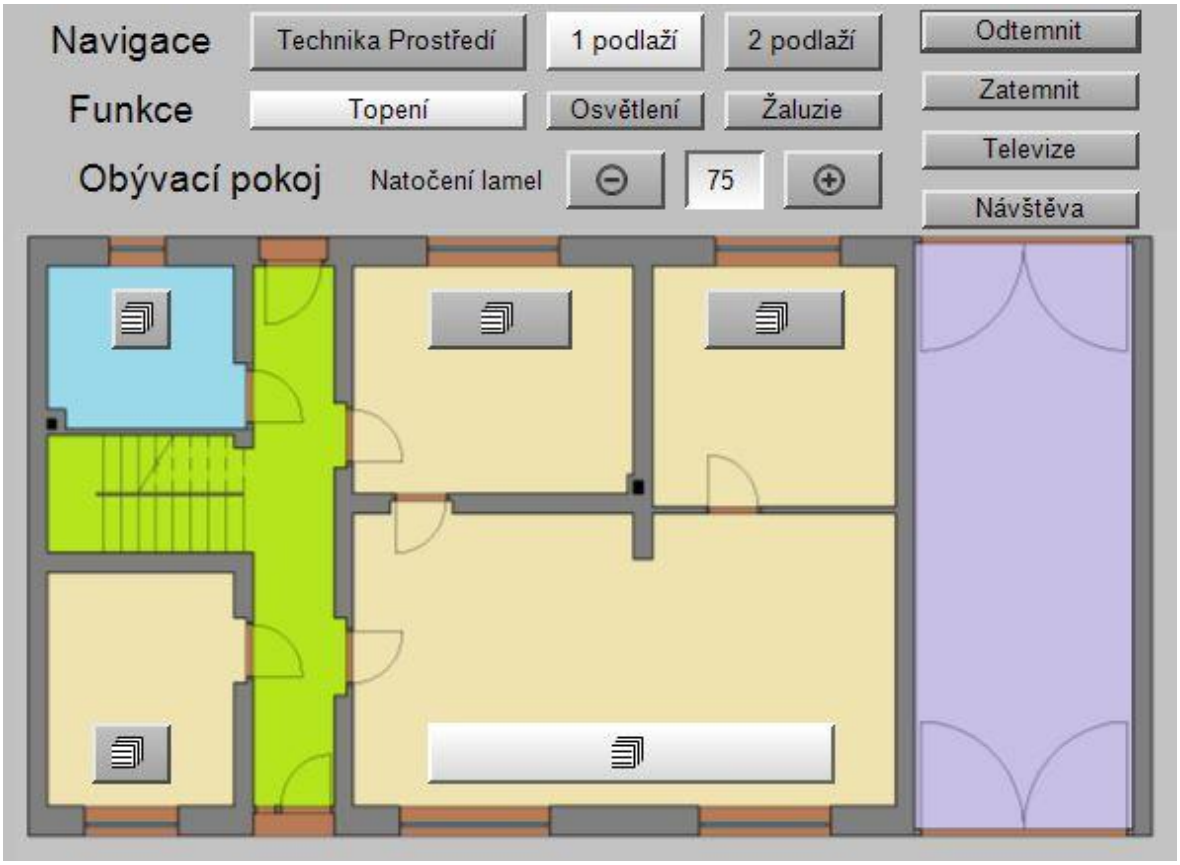
Poslední obrazovka je určena pro ovládání stavů žaluzií. Zde si podobně jako při nastavení topení zvolíme místnost a individuálně nastavujeme parametry žaluzií. Prvním nastavitelným parametrem žaluzií je posun. Tím lze ovládat polohu žaluzie. Druhým parametrem u žaluzií je natočení lamel. Tento parametr se nastavuje podobně jako změna teploty u vytápěné místnosti. Poslední možností v menu žaluzií jsou scény různým zatmění pro určité události. Obrazovku těchto nastavení lze vidět na obrázku 25.



Obr. 23. Nastavení topení v jednotlivých místnostech



Obr. 24. Nastavení osvětlení



Obr. 25. Nastavení žaluzií

13.7 Elektronický informační systém

Jedná se o aplikaci, která podává přehled o stavu vybavení, jejich dokumentaci, doklady či faktury, přehled financí, různých druhů úkonů uživatelů. Tato aplikace funguje na samostatném serveru, který je v domě. Jedná se o webovou aplikaci, která je přístupná ze všech multimediálních zařízení, například chytrý mobilní telefon, tablet, osobní počítač a jiné. Na obrázku 26. je znázorněn přibližný grafický návrh aplikace.

Tento systém je postaven na své vlastní databázi a jako další používá i externí databáze, například databázi systému LonWorks, která je přímo napojena na ovládání a monitorování domovních systémů. Dále mohou být použity protokoly ical, idav k importu kontaktů, nebo kalendářních akcí z mobilních telefonů nebo emailových klientů.

Struktura Elektronického informačního systému:

Uživatelé (příklady uživatelů)

- Rodič 1 (admin)
- Rodič 2 (parent)
- Dítě 1 (kid)
- Dítě 2 (kid)

Hlavní stránka:

- Rozvrh činností
- Přehled úkolu ke splnění
- Notifikace zpráv, novinek

Seznam uživatelů:

- Jmenný seznam uživatelů (výpis)
- Možnost přidávat upravovat a mazat uživatele

Profil uživatele:

- Jednotlivé údaje o uživateli
- Možnost editace uživatele
- Karta osobní údaje
- Karta rozvrhu
- Karta úkolů

Evidence úkolu:

- Možnost vytváření, zadávání, editace a mazání úkolů

Profil úkolu:

- Název, popis, stav, zadavatel a vykonavatel úkolu

Karta rozvrhu:

- Uživatelem nadefinovaný rozvrh rutinního týdne
- Synchronizace s mobilním či e-mailovým kalendářem

Evidence místnosti:

- Seznam místností
- Přiřazování vybavení místnostem

Profil místnosti:

- Jednotlivé údaje o místnosti
- Karta informace
- Karta vybavení

Evidence vybaveni:

- Rozděleni vybavení do tří kategorií:
- Nábytek
- Elektronika
- Ostatní
- Seznam vybavení
- Možnost upravovat stav a polohu vybavení

Profil vybavení:

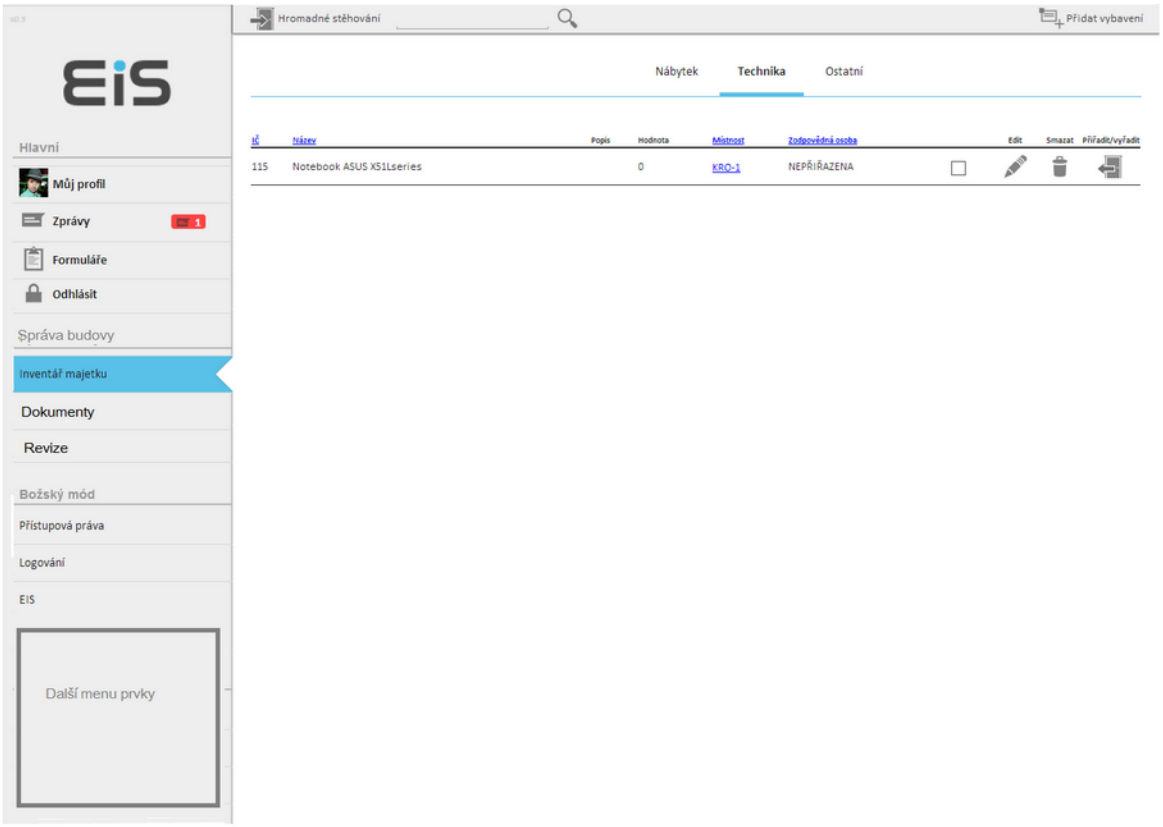
- Popis, revize, expirace záruk
- Možnost vložení dokladu, faktury, manuálu,
- Upozorněni na revize a důležité události

Evidence peněz:

- Kontrola stavu finance

Kontrola systému domu:

- Napojeni na databáze LonWorks
- Kontrola strojového vybavení a možnost ovládání domu



Obr. 26. Grafický návrh elektronického informačního systému

Tou asi nejdůležitější složkou tohoto systému je hlídání techniky v domě. V případě revizního data nám systém dopředu nahlásí, u kterého přístroje a kdy je potřeba vykonat revizi.

Výhodou tohoto systému je možnost aktuálně sledovat výdaje své rodiny, aby bylo jasné, jak si na tom rodina finančně stojí. Proto má EIS i aplikační část, která se zabývá tímto problémem.

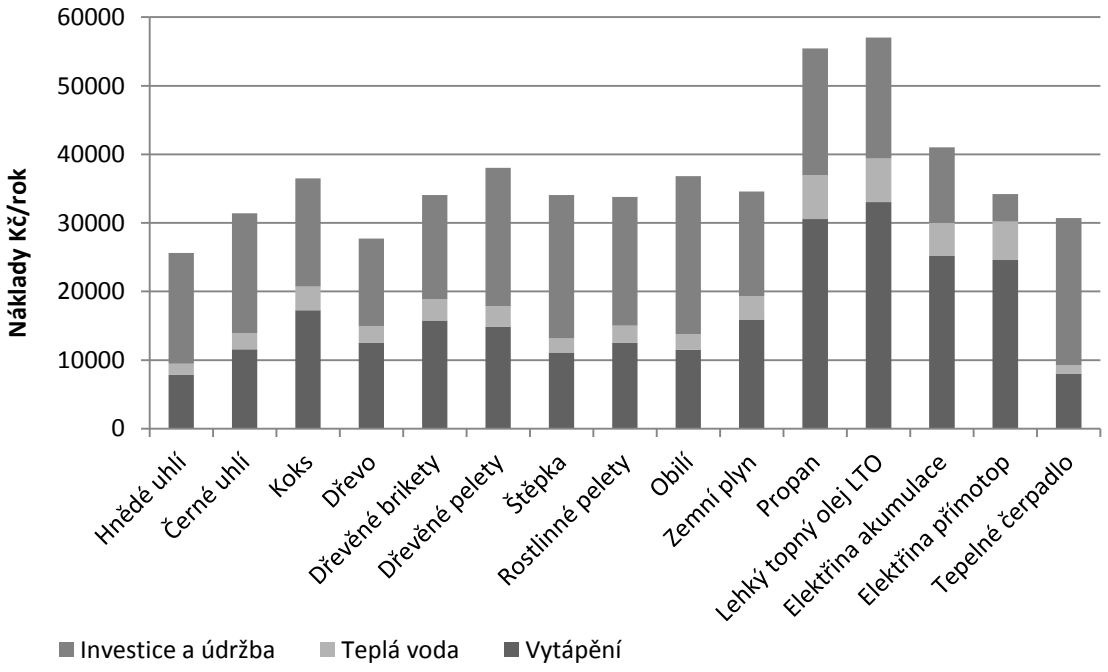
14 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V budově byly použity systémy, které využívají obnovitelné zdroje energie. Tyto systémy mohou vrátit uživateli vstupní náklady, jelikož mají nízké provozní náklady. Inteligentní systémy v domě mají velkou pořizovací cenu a bohužel se nepočítá s jejich návratností. Tyto systémy slouží spíše jako nadstandartní komfort pro uživatele domu, popřípadě k ochraně majetku proti požáru či cizímu vniknutí a odcizení majetku.

14.1 Náklady na vytápění a ohřev teplé vody

V těchto nákladech jsou uvažovány náklady pro vytápění a náklady pro přípravu teplé vody. Spotřeba energie za rok byla stanovena výpočtem pomocí programu od TZB Info [35]. Ta činí 7272 kWh/rok. K přípravě teplé vody je primárně využito solárních kolektorů. Bohužel tyto kolektory nedosahují příznivého výkonu stále. V tomto případě je soustava pro přípravu teplé vody dohřívána tepelným čerpadlem.

V Graf 6 jsou vidět různé druhy nákladů energie v rodinném domě. Z grafu lze vyčíst, jaké by byly náklady na vytápění, přípravu teplé vody a údržbu za rok při použití různých druhů topných paliv. Nejlevnější variantou je hnědé uhlí. Zvolené tepelné čerpadlo dosahuje hodnot kolem 30 690 Kč/rok.



Graf 6. Roční náklady při použití alternativních energií

Náklady, které byly vynaloženy při pořizování vytápěcího systému, systému na přípravu teplé vody, solárního systému a ostatních použitých zařízení jsou zobrazeny v tabulce číslo 32.

Tab. 32. Cena použitých technologií u vytápění a přípravy teplé vody

Použité technologie	**Cena** [Kč]
Tepelné čerpadlo	160 000
Vytápěcí kotel	18 000
Příprava teplé vody	7 200
Solární systém	93 000
Ostatní zařízení v soustavě	43 540
Celkem	321 740

14.2 Náklady na inteligentní elektroinstalaci

Tato instalace v sobě zahrnuje všechny komponenty týkající se inteligentního sběrnicového systému LonWorks, zabezpečovacích prvku EZS a EPS.

Tab. 33. Cena použitých technologií u inteligentní elektroinstalace

Použité technologie	**Cena** [Kč]
LonWorks	305299
EZS a EPS	51233
Celkem	356532

Celkové náklady na požadovanou inteligentní elektroinstalaci byly stanoveny na přibližně 35632 Kč. Návratnost investice v tomto případě nelze uvažovat, jelikož se tyto systémy považují spíše jako větší komfort bydlení.

14.3 Technicko-ekonomické zhodnocení fotovoltaického systému

Pro zhodnocení systému byl vybrán projekt, který je navržen pro 40m^2 což by vyhovovalo naší ploše vyhrazené pro fotovoltaické panely. Projekt je nahodnocen na celkovou částku 198 815 Kč. V ceně je zahrnuto 20 kusů fotovoltaických panelů, nosné konstrukce, kabely, rozvaděč, práce i doprava, projekt, administrativa, revize i licence. Doba životnostiprojektu je přibližně 20 let. Bylo počítano s hodnotou 1 kWh stojí 4,80 Kč. Úspora tohoto systému činí přibližně 24 700 Kč.

K výpočtu doby návratnosti byl použit diskont a míra inflace:

- Diskont: r = 5 %
- Inflace: α = 3 %.

Pomocí těchto údajů byla následně spočtena prostá doba návratnosti podle vztahu (87).

$$T_s = \frac{IN}{CF} = \frac{198815}{24700} \cong 9\,\text{let} \tag{87}$$

$\boldsymbol{T_s}$ **–** prostá doba návratnosti [Kč],

IN **–** celkové investice [Kč],

CF **–** průměrný roční výnos [Kč].

Investice do takového fotovoltaického systému by se teoreticky mohla vrátit do 9 let. Pro přesnější dobu návratnosti se používá spíše diskontovaná doba návratnosti. Tuto dobu

$$T_{sd} = \frac{\ln\left[1 + \frac{IN}{CF} \cdot (\alpha - r)\right]}{\ln\frac{1+\alpha}{1+r}} = \frac{\ln\left[1 + 9 \cdot (0{,}03 - 0{,}05)\right]}{\ln\frac{1+0{,}03}{1+0{,}05}} = 10{,}3\,\text{let} \tag{88}$$

lze stanovit pomocí vztahu (88).

$\boldsymbol{T_{sd}}$ **–** diskontovaná doba návratnosti [Kč],

IN **–** celkové investice [Kč],

CF **–** průměrný roční výnos [Kč],

α **–** inflace [-],

r **–** diskont [-].

Ze vzorce vidíme, že čistá návratová hodnota se dostaví až za 10 let.

Čistou současnou hodnotu můžeme spočítat pomocí vzorce (89).

$$NPV = CF \cdot \frac{(1 + r - \alpha)^t - 1}{(r - \alpha) \cdot (1 + r - \alpha)^t} - IN\ [\text{Kč}] \tag{89}$$

NPV bylo

NPV **–** čistá současná hodnota [Kč],

IN **–** celkové investice [Kč],

CF **–** průměrný roční výnos [Kč],

α **–** inflace [-],

r **–** diskont [-].

Tato hodnota byla vypočítaná ***NPV*** = 233 197 Kč. Hodnota nám udává hodnotu budoucích toků a případných současných výdajů. Zohledňuje se časový faktor. Toto procento vyjadřuje výnos, a zároveň poukazuje, kolik procent investice vynese navíc.

Další zajímavou hodnotou je ***IIR*** takzvané vnitřní výnosové procento, které bylo stanoveno pomocí výpočtů.

$$IIR \cong 14{,}6\%$$

Po vypočítání ***IIR*** je patrné, že celková investice do tohoto systému vydělá tolik, jako by byly stejné finanční prostředky uloženy v bance s úrokovou sazbou 14,6%.

ZÁVĚR

Úkolem této diplomové práce bylo navrhnout řešení inteligentního domu s využitím obnovitelných energetických zdrojů a inteligentní sítě, která je postavena na sběrnicovém systému LongWorks. V práci byl použit dům na základě reálných podkladů. Dům byl navržen tak, aby splňoval požadavky stanovených norem a bylo docíleno optimální tepelné pohody.

V teoretické části práce byly prostudovány úsporné budovy, různé způsoby tvorby požadovaného mikroklimatu. Dále zde byly uvedeny postupy jednotlivých návrhů. Samotné návrhy byly pak popsány v praktické části práce. Další zmíněnou problematikou v teoretické časti je samotná elektroinstalace domu. Jako například elektronické zabezpečovací systémy, požární signalizace a sběrnicový systém LonWorks.

Praktická část práce zpočátku pojednává o vlastnostech domu na základě reálných podkladů. Jsou zde uvedeny plány, rozměry místností a informace o některých okrajových podmínkách v dané lokalitě, kde se reálná stavba nachází.

Druhý větší celek práce pojednává o výpočtech tepelných parametrů budovy. Zde byly vyhodnoceny tepelné vlastnosti konstrukcí a nakonec byly zjištěny především tepelné ztráty, na základě kterých byl následně zjištěn požadavek pro vytápění objektu. Hlavním zdrojem pro vytápění bylo zvoleno tepelné čerpadlo země-voda. Jelikož samotné čerpadlo není účinné v chladných zimních dnech, byla vytápěcí soustava doplněna o elektro kotel. Tepelné čerpadlo slouží jak pro vytápění, tak pro přípravu teplé vody. K domu byl navržen i solární systém, který při vhodných slunečních podmínkách slouží k přípravě teplé vody.

V další kapitole praktické časti, jsou zpracovány návrhy rozvodů silnoproudé a slaboproudé elektrotechniky. Pro dům bylo navrženo osvětlení, silnoproudé rozvody elektřiny. V druhé radě bylo navrženo zabezpečení objektu, jak po stránce ochrany majetku proti nežádanému vniknutí cizí osoby, tak požárními čidly a následnou signalizací při vzniku požáru. Posledním krokem této kapitoly byl návrh inteligentní sítě se sběrnicovým systémem LonWorks, který poskytuje uživateli komfort a pohodlí při obsluze domu. Systém byl obohacen o dotykovou obrazovku s rozhraním SCADA, pomocí kterého je možné pohodlně ovládat celý dům při řízení vytápění, spínání či stmívání osvětlení, či ovládání žaluzií. Poslední část kapitoly pojednává o návrhu elektronického informačního systému, který má uživateli domu poskytovat určitý přehled o vybavení domu, dalších uživatelích a ostatních informacích.

Finální kapitola praktické části pojednává o technických nákladech domu a o technicko-ekonomickém zhodnocení použití fotovoltaického systému. Po provedení tohoto hodnocení se navržený systém jeví jako výhodný. Samotný vytápěcí systém se při jeho pořízení jeví ekonomicky nákladný, avšak na druhou stranu, co se týká provozních nákladů, jedná se o jednu z nejlevnějších možností vytápění.

Cílem této práce bylo navrhnout inteligentní dům s odpovídající moderní technologií, který má v průběhu toku pokud možno co nejnižší provozní náklady. Tento návrh je možno realizovat na stavbě, která byla použita jako podklad. V návrzích byl brán zřetel na požadavky majitele domu, popřípadě budoucí využití návrhu pro rekonstrukci domu.

ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

The objective of this thesis was to design intelligent building solutions using renewable energy sources and smart system. This smart system is built on the bus system LongWorks. In thesis there was used a house based on realistic basis. The house was designed to meet the requirements which are set by standards and has been achieved optimal thermal comfort.

In the theoretical part of the thesis there were described energy-efficient buildings, different ways of creating microclimate. There were also described the procedures of individual designs. The actual designs were made in the practical part. Other thing which is mentioned in the theoretical part is the electrical wiring of the house. For example electronic security systems, fire alarm systems and bus system LonWorks .

The practical part of the thesis describes the characteristics of the house based on realistic basis. Like house plans, room dimensions and information about boundary conditions in the area where the building is located.

Another part of thesis is about calculation of thermal parameters of the building. There were evaluated the thermal properties of structures and were found heat loss. Requirement for heating the building was determined with knowledge of heat loss. For main source of heating has been selected heat pump for water. Heat pump is not effective on cold winter days, so the heating system was added by electric boiler . The heat pump is also used for heating and hot water. There was designed a solar panel system. This system is used domestic hot water.

In the next chapter of the practical part, there were made designs of Electrical wiring. In the house was designed lightings. There were designed building security, in terms of asset protection against break-ins or a fire detection and start an alarm in case of fire. One of the last step of this chapter was the design of intelligent network LonWorks. This system provides user comfort and ease of use of the house. The system has been enhanced with a touch screen interface with SCADA. With this screen man can easily control your entire house like for example heating control, switching and dimming of lights or blinds control. Also there is the design of an electronic information system that enables the homeowner the overview of the equipment in the house, of other users, and other information.

The final chapter describes the costs of technical equipment and technical-economic evaluation of the use of the photovoltaic system. This photovoltaic system seems to be profitable. The actual heating system is expensive because of its purchase price, but from the perspective operating costs it is one of the cheapest heating option.

The aim of this thesis was to design an intelligent building with appropriate modern technology, which has the lowest possible operating costs. This desing can be implemented on the house, which was used as sample. The designs are made from requirements of the homeowner for future use of the proposal for the reconstruction of the house.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Nulové domy. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/smernice-2010-31-eu/7785-nulove-domy

[2] Pasivní domy. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy

[3] Nízkoenergetické domy. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2014-03-20]. Dostupné z: http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-domy

[4] ČSN 73 0540 – 1. Tepelná ochrana budov - Část 1: Terminologie. Praha: Český normalizační institut, 2005.

[5] ČSN 73 0540 – 2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2011.

[6] ČSN 73 0540 – 3. Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin. Praha: Český normalizační institut, 2011.

[7] ČSN EN ISO 7730. Ergonomie tepelného prostředí - Analytické stanovení a interpretace tepelného komfortu pomocí výpočtu ukazatelů PMV a PPD a kritéria místního tepelného komfortu. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[8] Tepelná pohoda a nepohoda. TZB-info [online]. 2014 [cit. 2014-03-21]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda

[9] ČSN EN 15251. Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, tepelného prostředí, osvětlení a akustiky. Praha: Český normalizační institut, 2011.

[10] Vládní nařízení č. 178/2001 Sb.,kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců při práci: Legislativa - hygiena. TZB-info [online]. 2001 [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/692-vladni-narizeni-c-178-2001-sbkterym-se-stanovi-podminky-ochrany-zdravi-zamestnancu-pri-praci

[11] EKOWATT CZ S.R.O. Zásady výstavby nízkoenergetických domů [Informační brožura]. 2010 [cit. 2014-03-24].

[12] Vyhláška o technických požadavcích na stavby. In: 268/2009 Sb. 2009.

[13] ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. Praha: Český normalizační institut, 2005.

[14] ČSN EN ISO 13790. Energetická náročnost budov - Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení. Praha: Český normalizační institut, 2009.

[15] EKOWATT CZ S.R.O. Zásady výstavby nízkoenergetických domů [Informační brožura]. 2010 [cit. 2014-03-25].

[16] Tvar a dispozice domu. INESTA ALTA S.R.O. Nízkoenergetický dům [online]. 2012 [cit. 2014-04-05]. Dostupné z: http://www.nizkoenergetickydum.cz/tvar-dispozice-domu

[17] Střechy. TZB-info [online]. 2013 [cit. 2013-02-23]. Dostupné z: http://stavba.tzbinfo.cz/strechy

[18] Energetická náročnost budov. TZB-info [online]. 2013 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov

[19] Průkaz energetické náročnosti budov. MPO Efekt [online]. 2012 [cit. 2014-04-06]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/cz/energeticke-expertizy/prukaz-energeticke-narocnosti-budov

[20] Energetická náročnost budov. TretiRukaCZ [online]. 2007 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: http://www.tretiruka.cz/seznamy/energeticka-narocnost-budov/

[21] Energetická náročnost budov. Implement [online]. 2012 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: http://www.enviros.cz/projects/iee/implement/enb.html

[22] Výroba elektřiny v ČR. ARCHALOUS, Martin. NaZeleno.cz [online]. 2010 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: http://www.nazeleno.cz/energie/energetika/vyroba-elektriny-v-cr-era-uhli-konci-nahradi-jej-jadro.aspx

[23] Neobnovitelné zdroje energie. StnižujemeCZ [online]. 2012 [cit. 2014-04-08]. Dostupné z: http://www.snizujeme.cz/slovnik/neobnovitelne-zdroje-energie/

[24] Obnovitelné zdroje energie. Alternativní zdroje energie [online]. 2012 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.alternativni-zdroje.cz/

[25] Otopné soustavy. Technická zařízení budov [online]. 2011 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/5_otopne%20soustavy.pdf

[26] VRÁNA, Jakub. Technická zařízení budov v praxi: [příručka pro stavaře]. 1. vyd. Praha: Grada, 2007, 331 s. ISBN 978-80-247-1588-9.

[27] ČSN 06 0310. Tepelné soustavy v budovách - Projektování a montáž. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[28] ČSN 06 0320. Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování. Praha: Český normalizační institut, 2006.

[29] Sběrnice LonWorks. VOJÁČEK, Antonín. Automatizace.HW.cz [online]. 2005 [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501

[30] CENEK, Miroslav. Obnovitelné zdroje energie. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: FCC Public, 2001, 208 s. ISBN 80-901-9858-9.

[31] QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. 1. vyd. Praha: Grada, 2010, 296 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.

[32] Elektronický zabezpečovací systém. Wikipedie [online]. 2014 [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektronický_zabezpečovací_systém

[33] Elektrická požární signalizace. Wikipedie [online]. 2014 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Elektrická _požární_signalizace

[34] BAŠTA, Jiří a Karel KABELE. Otopné soustavy – teplovodní. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 1998, 77 s. Sešit projektanta – pracovní podklady (Společnost pro techniku a prostředí). ISBN 80-020-1254-2.

[35] Porovnání nákladů na vytápění. TZB Info [online]. 2014 [cit. 2014-04-24]. Dostupné z: http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/138-porovnani-nakladu-na-vytapeni-tzb-info

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

PMV predicted mean vote

PPD predicted percentage dissatisfied

NPK nejnižší přípustná koncetrace

PEL přípustný expoziční limit

EZS elektronický zabezpečovací systém

EPS elektronická požární signalizace

OSI open systems interconnection model

CPU central processing unit

MCU micro controller unit

ACK acknowledgement

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Příklad nulových domů 12
Obr. 2. Návrh grafického znázornění průkazu 44
Obr. 3. Příklad dodávky a odběru tepla při ohřevu zásobníkem 52
Obr. 4. Tepelné čerpadlo kompresorové 54
Obr. 5. Dvouokruhové řešení solárního systému 59
Obr. 6. Příklad možností sítě LonWorks 65
Obr. 7. První podlažní patro 68
Obr. 8. Druhé podlažní patro 69
Obr. 9. Rozložení tlaků vodní páry v konstrukci 73
Obr. 10. Návrh zapojení vytápěcí soustavy a soustavy pro ohřev TV 77
Obr. 11. Zjednodušené zapojení soustavy OT 79
Obr. 12. Rozdělení zón podle normy 84
Obr. 13. Rozvody elektrických zásuvek 1.podlaží 85
Obr. 14. Rozvody elektrických zásuvek 2.podlaží 85
Obr. 15. Rozvody osvětlení 1. Podlaží 86
Obr. 16. Rozvody osvětlení 2. podlaží 86
Obr. 17. Návrh EPS a EBS 1. nadzemní podlaží 89
Obr. 18. Návrh EPS a EBS 2. nadzemní podlaží 89
Obr. 19. Schéma regulace soustavy 91
Obr. 20. Návrh ovládacích prvku Lonworks 1. Podlaží 93
Obr. 21. Návrh ovládacích prvku Lonworks 2. Podlaží 94
Obr. 22. Hlavní obrazovka 95
Obr. 23. Nastavení topení v jednotlivých místnostech 96
Obr. 24. Nastavení osvětlení 96
Obr. 25. Nastavení žaluzií 97
Obr. 26. Grafický návrh elektronického informačního systému 99

SEZNAM TABULEK

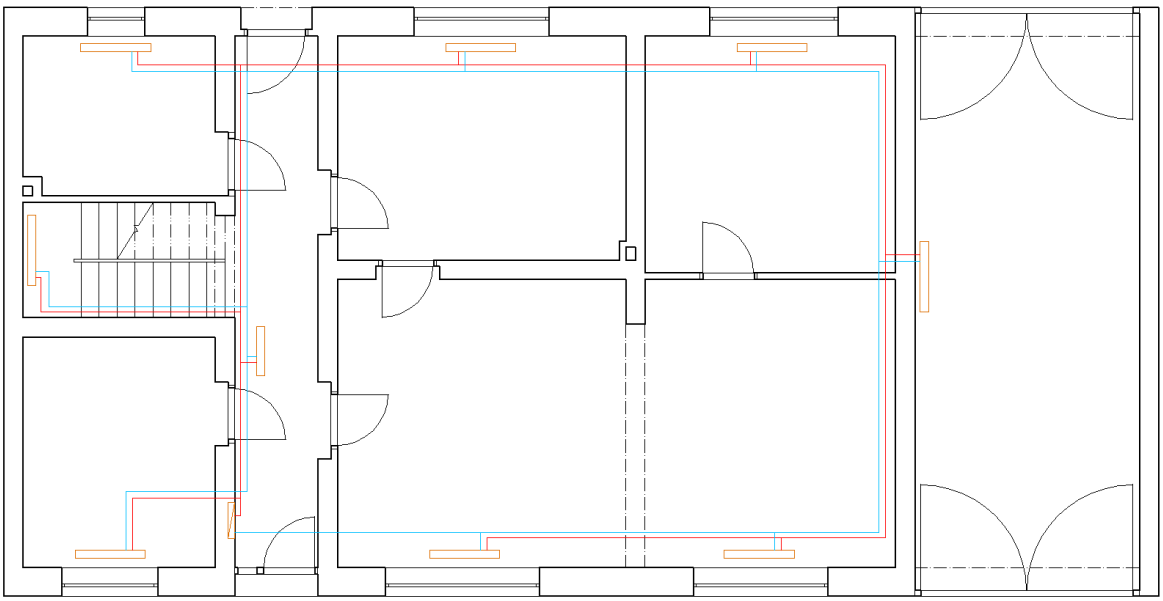
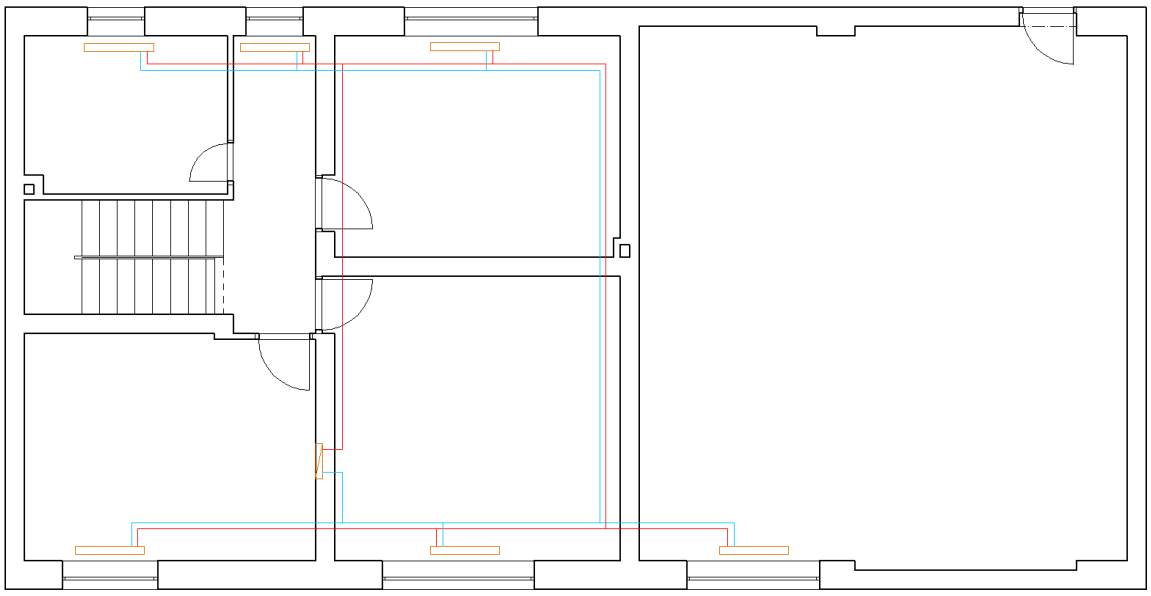
Tab. 1. Rozdělení budov podle spotřeby energie 13
Tab. 2. Tepelný odpor oděvu 15
Tab. 3. Hodnoty metabolismu 15
Tab. 4. Sedmibodová rovnice tepelných pocitů 16
Tab. 5. Závislost součinitele A na rychlosti proudění vzduchu 18
Tab. 6. PEL a NPK několika vybraných chemických látek v ovzduší na pracovišti 19
Tab. 7. Množství čerstvého vzduchu na osobu 21
Tab. 8. Referenční hodnoty akustiky 21
Tab. 9. Optimální mikroklimatické podmínky 22
Tab. 10. Tepelný odpor na vnitřní straně konstrukce 26
Tab. 11. Tepelný odpor na vnější straně konstrukce 26
Tab. 12. Vybrané požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla 27
Tab. 13. Hodnoty součinitele typu budovy e_1[-] 27
Tab. 14. Návrhové hodnoty činitele teplotní redukce 29
Tab. 15. Vybrané požadované hodnoty poklesu výsledné teploty místnosti v zimním období 31
Tab. 16. Požadované hodnoty nejvyšší denní teploty vzduchu v místnosti v letním období 32
Tab. 17. Vybrané hodnoty stínícího součinitele pro okna a stínící prvky 36
Tab. 18. Hodnoty zátopového činitele 37
Tab. 19. Třídy energetické náročnosti budovy 42
Tab. 20. Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy [kWh/m^2] [20] 43
Tab. 21. Měrný odváděcí výkon dle typu půdy 56
Tab. 22. Množství spotřeby teplé vody 60
Tab. 23. Performance ratio fotovoltaických systémů 62
Tab. 24. Přehled místností v domě 69
Tab. 25. Okrajové podmínky v dané lokalitě 70
Tab. 26. Složení obvodové konstrukce bez zateplení 71
Tab. 27. Složení obvodové konstrukce se zateplením 72
Tab. 28. Zjištěné hodnoty součinitele prostupu tepla U, činitele teplotní redukce b, měrné ztráty prostupem H 73
Tab. 29. Tepelné ztráty místností 75

Tab. 30. Tepelný výkon otopných těles 76
Tab. 31. Teplá voda v odebírané době (množství) 81
Tab. 32. Cena použitých technologií u vytápění a přípravy teplé vody 101
Tab. 33. Cena použitých technologií u inteligentní elektroinstalace 101

SEZNAM TABULEK

Graf 1. Oblast tepelné pohody 14
Graf 2. Závislost indexu PPD na indexu PMV 17
Graf 3. Typické parametry stavebních konstrukcí 38
Graf 4. Podíly jednotlivých zdrojů energie v ČR v roce 2009 45
Graf 5. Dodávka odběr tepli při ohřevu vody 81
Graf 6. Roční náklady při použití alternativních energií 100

SEZNAM PŘÍLOH

PI NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY

PŘÍLOHA P I: NÁVRH OTOPNÉ SOUSTAVY