

Integrovaný systém v budově – Rekonstrukce existujícího RD – Řídicí systém KNX

The integrated system in the building – Reconstruction of existing house – KNX control system

Bc. Adam Hlavica



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Adam HLAVICA**
Osobní číslo: **A10471**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Integrované systémy v budovách**

Téma práce: **Integrovaný systém v budově – Rekonstrukce existujícího RD – Řídicí systém KNX**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte studii řešení energeticky úsporných rodinných domů s téměř nulovou spotřebou vstupní energie.**
- 2. Na základě výše uvedené analýzy popište požadavky na zařízení techniky prostředí, osvětlení, včetně způsobu řízení, monitorování a komunikace.**
- 3. Pro konkrétní budovu navrhnete případnou úpravu tepelně technických parametrů a pro takto upravenou budovu navrhnete vhodný systém techniky prostředí se zvážením možností využití obnovitelných zdrojů energie.**
- 4. Navrhnete vytápěcí systém, odpovídající parametrům rodinného domu se zdrojem ZP, s využitím tepelného čerpadla a solárních panelů s možností chlazení vnitřních prostorů.**
- 5. Navrhnete vhodný systém řízení, monitorování a komunikace navrženého systému techniky prostředí s vizualizací SCADA, s případnou vazbou na management budovy.**
- 6. Řešte elektroinstalaci a navrhnete integrovaný 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. SMOLÍK, J. a kol.: Technika prostředí . SNTL Praha 1970
2. CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kol.: Větrání a klimatizace. Technický průvodce. ČMT Praha 1993. ISBN 80-901574-0-8
3. JELÍNEK, V., HOUŠKOVÁ, M., PAVLÍČEK, I., PETROVÁ, M.: Technická zařízení budov. Podklady pro projekty. Vydavatelství ČVUT Praha, 1993. ISBN 80-01-00586-0
4. LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T.: Výpočtové tabulky pro vytápění. Vztahy a pomůcky. Vydavatelství Společnosti pro techniku prostředí Praha, 2001. ISBN 80-02-01466-9
5. KŘEČEK, S. a kol.: Příručka zabezpečovací techniky. Cricetus, 2003. ISBN 80-902938-2-4
6. MERZ, H., HANSEMAN, T., HUBNER, C.: Automatizované systémy budov. GRADA 2007. ISBN 978-80-247-2367-9
7. 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:

24. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce:

6. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá rekonstrukcí stávajícího rodinného domu, návrhem inteligentní elektroinstalace, tepelnou soustavou s využitím tepelného čerpadla, plynového kotle a solárních kolektorů. Navržený sběrníkový systém v rodinném domě umožňuje vytvořit bezpečný, komfortní a moderní nízkoenergetický dům s příjemným ovládáním. Integrovaný sběrníkový systém je možné ovládat nejen z jednoho místa v budově, ale i dálkově.

Klíčová slova: sběrníkový systém, inteligentní dům, KNX, tepelné čerpadlo, nízkoteplotní vytápění, solární kolektory

ABSTRACT

The Thesis deal with reconstruct the existing house, intelligent wiring and the heating system using a heat pump, a gas boiler and solar collectors. The designed bus system in the house enables to create a safe, comfortable and modern low-energy house with pleasing control. The integrated bus system can be controlled either from one place only or remotely.

Keywords: Bus system, smart home, KNX, heat pump, low temperature heating systems, solar collectors

Poděkování, motto

Poděkování patří vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Zálešákovi, CSc. za odborné vedení, věnovaný čas a důležité praktické připomínky. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi po dobu studia byli oporou a to především přítelkyni, rodině a přátelům.

„Mysli na nejlepší, ale připrav se na nejhorší.“

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 SOUČASNÉ POŽADAVKY NA BYDLENÍ V RD.....	12
1.1 POŽADAVKY NA UŽITÍ	12
1.2 POŽADAVKY NA KVALITU VNITŘNÍHO PROSTŘEDÍ	13
1.2.1 Tepelná pohoda	13
1.2.2 Hygienické požadavky	20
1.2.3 Akustika staveb	26
1.2.4 Požadavky na osvětlení	26
2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY.....	30
2.1 ZÁKLADNÍ ČLENĚNÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOV	31
2.1.1 Nízkoenergetické budovy.....	31
2.1.2 Pasivní budovy	31
2.2 HODNOCENÍ ENERGETICKY ÚSPORNÝCH BUDOV	32
2.2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy.....	32
2.2.2 Energetický štítek obálky budovy	33
3 ÚSPORNÉ ZDROJE TEPELNÉ ENERGIE.....	35
3.1 TEPELNÁ ČERPADLA	35
3.1.1 Porovnání tepelných čerpadel	40
3.2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY	43
3.3 FOTOVOLTAICKÉ PANELY	49
4 SBĚRNICOVÝ SYSTÉM KNX.....	51
4.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA	51
4.2 APLIKAČNÍ MOŽNOSTI KNX.....	52
4.2.1 Topení, větrání, klimatizace a ohřev TV	53
4.2.2 Osvětlení	53
4.2.3 Žaluzie a stínění	53
4.2.4 Vazba na bezpečnostní systém.....	54
4.2.5 Energetický management	54
4.2.6 Ovládání a vizualizace	54
4.2.7 Další využití	54
4.3 PŘENOSOVÉ MÉDIA.....	55
4.3.1 Kroucený pár (KNX.TP).....	55
4.3.2 Silové vedení (KNX.PL).....	56
4.3.3 Radiový přenos (KNX.RF)	57
4.1 KOMUNIKACE NA SBĚRNICI	58
4.1.1 Topologie	58
4.1.2 KNX protokol.....	59
4.1.3 Komunikační telegram KNX TP1	60
4.1 PROGRAMOVACÍ NÁSTROJ ETS	61
4.1.1 Projektová databáze	62
4.1.2 Projektování	62

II PRAKTICKÁ ČÁST	63
5 KONCEPCE ŘEŠENÍ PRO KONKRÉTNÍ REKONSTRUKCI PLÁŠTĚ BUDOVY.....	64
5.1 OKRAJOVÉ PODMÍNKY	64
5.2 POPIS STAVU BUDOVY	65
5.3 POSOUZENÍ KONSTRUKCÍ BUDOVY	70
5.3.1 Skladba původních konstrukcí	70
5.3.2 Skladba rekonstruovaných konstrukcí	72
5.4 TEPELNÁ ZTRÁTA	74
5.4.1 Tepelná ztráta původního stavu	76
5.4.2 Tepelná ztráta po rekonstrukci	78
5.4.3 Tepelná stabilita v letním období	81
5.4.4 Energetický štítek budovy	84
6 NÁVRH VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU A OHŘEV TEPLÉ VODY	86
6.1 TEPELNÉ ČERPADLO	86
6.2 SOLÁRNÍ KOLEKTORY	86
6.3 BIVALENTNÍ ZDROJ.....	87
6.4 HYDRAULICKÉ ZAPOJENÍ.....	87
6.5 OHŘEV TV	89
6.6 VYTÁPĚNÍ	91
6.6.1 Vytápění otopnými tělesy	91
6.6.1 Podlahové vytápění	94
6.7 ZABEZPEČOVACÍ ZAŘÍZENÍ SOUSTAVY	102
6.7.1 Zabezpečovací zařízení pro solární okruh.....	102
6.7.2 Zabezpečovací zařízení pro otopnou soustavu.....	105
7 NÁVRH SILNOPROUDÉ ELEKTROINSTALACE.....	108
7.1 ZÁSUVKOVÉ OBVODY	110
7.2 SVĚTELNÉ OKRUHY	112
7.3 SCHÉMATICKÉ ZAPOJENÍ ELEKTROINSTALACE.....	112
7.3.1 Elektroinstalace podzemní podlaží (1. PP)	113
7.3.1 Elektroinstalace první nadzemní podlaží (1. NP)	114
7.3.1 Elektroinstalace druhé nadzemní podlaží (2. NP).....	117
8 ŘÍDICÍ SYSTÉMY BUDOVY	119
8.1 ZÁKLADNÍ POŽADAVKY NA FUNKCE RODINNÉHO DOMU.....	119
8.2 POUŽITÉ PRVKY SYSTÉMU KNX.....	120
8.2.1 Popis řešení	120
8.3 REGULACE ZDROJŮ TEPLA	122
8.4 POPLACHOVÝ ZABEZPEČOVACÍ, TÍŠŇOVÝ A ELEKTRONICKÝ POŽÁRNÍ SYSTÉM ..	122
8.5 ROZMÍSTĚNÍ PRVKŮ.....	123
8.6 VIZUALIZACE VZDÁLENÉHO OVLÁDÁNÍ	126
9 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU	129
9.1 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU	132
10 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOCENÍ PROJEKTU	135

10.1	NÁKLADY NA SILNOPROUDOU ELEKTROINSTALACI	135
10.2	NÁKLADY NA SBĚRNICOVÉ SYSTÉMY	135
10.3	NÁKLADY NA KONSTRUKČNÍ ÚPRAVY	136
10.4	NÁKLADY NA OTOPNÝ SYSTÉM	136
10.5	NÁKLADY NA FOTOVOLTAICKÝ SYSTÉM	137
10.6	NÁKLADY NA VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TEPLÉ VODY	137
ZÁVĚR		141
CONCLUSION		142
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		144
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		148
SEZNAM OBRÁZKŮ		151
SEZNAM TABULEK		153
OBSAH CD		155
SEZNAM PŘÍLOH		156

ÚVOD

Díky rostoucím cenám energií a její zvyšující se spotřebě je kladen velký důraz na energeticky hospodárný provoz, proto se stále častěji setkáváme s termíny, jako jsou nízkoenergetické, pasivní či inteligentní domy. Inteligentní budovy poskytují snížení provozních nákladů, zvýšení komfortu a bezpečnosti bydlení. Velkou měrou se na snížení nákladů podílí kompletní zateplení domu spolu s použitím moderních technologií pro vytápění a ohřev teplé vody. Tyto technologie, mezi které patří tepelné čerpadlo, solární kolektory a fotovoltaické panely, často využívají obnovitelné zdroje energie.

Moderní systémy jsou také spojeny s vysokým komfortem, což často zahrnuje automatizaci každodenních procesů, celoroční udržení požadovaného klimatu a možnost individuálního nastavení. Ovládací prvky musí splňovat požadavek na intuitivní jednoduché a uživatelsky příjemné ovládání, které nebude uživatele odrazovat svou složitostí.

Mnou vybrané téma jsem si zvolil především z důvodu aktuálnosti, velké rozsáhlosti a zajímavosti problematiky. Navíc instalace systémů do stávajících budov je velmi perspektivním oborem.

V praktické části se nejprve zabývám návrhem rekonstrukce stávající budovy, která zahrnuje výpočet tepelných ztrát a volbu zateplení rodinného domu, které splňují požadavky na nízkoenergetický dům. Následujícím krokem je výběr zdrojů tepelné energie a vhodného vytápění. V další části jsem navrhl silnoproudou elektroinstalaci a sběrníkovou instalaci. Díky této inteligentní elektroinstalaci je možné jednotlivé systémy řídit, regulovat, vizualizovat a to i z jednoho centrálního místa v domě či vzdáleným přístupem. Inteligentní dům umožňuje řízení osvětlení, žaluzií, zabezpečení, vytápění v jednotlivých místnostech a ohřev teplé vody. Na závěr je provedeno ekonomické zhodnocení celé rekonstrukce.

Hlavní snahou je tedy usnadnit a zpříjemnit obyvatelům bydlení a uspokojovat jejich potřeby, ale i snížit náklady na provoz a zajistit bezpečí.

Cílem diplomové práce je návrh rekonstrukce nízkoenergetického rodinného domu s využitím sběrníkového systému KNX. Podstatou je demonstrovat možný způsob řešení jednotlivých částí rekonstrukce a přiblížit použité systémy.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 SOUČASNÉ POŽADAVKY NA BYDLENÍ V RD

Ne každá domácnost je stejná, může se lišit například počtem členů domácnosti, profesním zaměřením jednotlivých členů či využíváním jejich volného času. Požadavky na provoz, dispozici, formu domu a další požadavky se mění také v průběhu času, proto je třeba dům navrhovat i s pohledem do budoucnosti a počítat s různými možnostmi vývoje.

Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí již nejsou tak dynamické a jsou popsány v normách, které upravují požadavky na tepelnou, hygienickou, vizuální a akustickou pohodu.

1.1 Požadavky na užití

Požadavky na užití se můžou u každé domácnosti výrazně lišit a ovlivňuje je spousta faktorů, které se navíc mohou časem měnit.

Počet členů domácnosti a její skladba je hlavním faktorem, který ovlivňuje požadavky. Například počet dětí neovlivňuje jen počet dětských pokojů, může také ovlivnit návrh dětského koutku či zahradní hřiště. V projektu bychom měli také počítat s rozdělením dětského pokoje příčkou na dva pokoje, až děti odrostou. Pokud má domácnost větší počet členů, je vhodné navrhnout pro každé patro samostatnou koupelnu. U vícegeneračního domu je vhodné jednotlivé samostatné celky domu oddělit.

Nároky na rodinný dům ovlivňuje i profesní zaměření jednotlivých členů. V poslední době stále více lidí pracuje na částečný či plný úvazek z domova a je třeba v návrhu počítat s dostatečně velkou kanceláří, dílnou, nebo pracovnou. Podle typu profese je třeba počítat s přiměřeně velkým pracovním stolem či jinou pracovní plochou s dostatkem odkládacího místa. Vhodné je také počítat se samostatným vchodem a toaletou tak, aby případné pracovní schůzky nijak nenarušovaly chod domácnosti. [1]

Využívání volného času jednotlivých členů domácnosti také značnou mírou ovlivňuje požadavky na užití. Sportovně založená rodina bude potřebovat především odkládací prostory na lyže, horská kola, kolečkové brusle a spoustu dalších sportovních pomůcek. Pokud se jedná o vícečlennou rodinu, zabírá toto vybavení poměrně hodně prostoru a v případě, že navrhovaný dům bude bez podsklepení, může se objevit závažný problém se skladováním. Tento úložný prostor by bylo v takovém případě vhodné umístit v přízemí ze severní strany domu a blízko vchodu do domu. V případě zahrady je třeba počítat s prostorem pro uskladnění zahradní techniky a náradí, častým požadavkem může být

i dílna. Tento problém se může vyřešit zvětšením garážového prostoru nebo výstavbou samostatného objektu mimo rodinný dům. [1]

1.2 Požadavky na kvalitu vnitřního prostředí

Kvalita vnitřního prostředí budov má zásadní vliv na pohodlí či dokonce na zdraví člověka. Z tohoto důvodu jsou maximální přípustné hodnoty různých faktorů standardizovány, jsou dány jejich maximální limity a postupy pro jejich hodnocení a měření. Sleduje se celá řada fyzikálních, biologických a chemických faktorů jako například proudění vzduchu, koncentrace látek, elektromagnetické pole, hluk, vibrace, prašnost, osvětlení a v neposlední řadě také tepelně vlhkostní podmínky. Tyto faktory ovlivňují nejen činnost člověka, ale i konstrukce budovy, její orientace, geografické umístění, způsob užívání nebo vybavení interiéru. [2]

1.2.1 Tepelná pohoda

Tepelná pohoda je stav mysli, jenž jedinec vnímá v daném prostředí a který vyjadřuje spokojenost s teplotním klimatem. Tento pocit je založen na čistě subjektivním hodnocení. Faktorů ovlivňujících tepelnou pohodu je několik. Můžeme je rozdělit na faktory, které jsou ovlivnitelné návrhem objektu například teplota vzduchu, radiační teplota, vlhkost vzduchu či rychlost proudění a faktory závislé na každém jedinci jako hodnota metabolismu, oblečení, aklimatizace na vnitřní prostředí, tělesná postava, podkožní tuk, věk, pohlaví a další. [2]

Zdravé lidské tělo udržuje vnitřní termoregulací přibližně stálou teplotu 36,7 °C. Teplo vzniká biochemickými reakcemi jako oxidací potravy za pomoci kyslíku. Vzniklé teplo musí být odváděno do okolí vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí), sáláním (radiací), vypařováním nebo dýcháním. Ve spánku je u dospělého člověka tepelná produkce $q = 44 \text{ W/m}^2$. Pokud se zvýší tělesná námaha, zvýší se úměrně i tepelná produkce těla.

Rovnice tepelné rovnováhy vznikne po dosazení do rovnice veškerých tepelných zisků a ztrát. [2]

$$\dot{Q}_{vypr} = \pm \dot{Q}_{kd} \pm \dot{Q}_k \pm \dot{Q}_s + \dot{Q}_d + \dot{Q}_w \pm \dot{Q}_a \quad (1)$$

kde

\dot{Q}_{vypr} – celková tepelná produkce v lidském těle [W]

\dot{Q}_{kd} – tepelný tok vedením (zpravidla se zanedbává) [W]

\dot{Q}_k – tepelný tok prouděním [W]

\dot{Q}_d – tepelný tok odváděný dýcháním [W]

\dot{Q}_w – tepelný tok vyvolaný vypařováním (difúze pokožky, běžné pocení) [W]

\dot{Q}_a – tepelný tok akumulovaný v těle (zpravidla se zanedbává) [W]

Hodnoty produkce tepla člověkem při různých činnostech se uvádějí vztažené na jednotku plochy lidského ($W \cdot m^{-2}$) při udávání celkové produkce tepla na člověka se uvažuje s povrchem lidského těla $1,72 m^2$. [2]

Tab. 1. Hodnoty produkce tepla člověkem

Činnost	$[W \cdot m^{-2}]$	[W]
Spánek	40	70
Lehká práce, stání	93	155 - 206
Těžká fyzická práce	165	240-447
Tanec	140 – 260	240 – 447
Gymnastika	170 – 230	292 – 395
Tenis	až 350	až 600
Squash	až 410	až 705
Chůze po rovině 3 km/h	110	190
Chůze po rovině 5 km/h	180	310
Chůze po rovině 9 km/h	380	654

Operativní teplota

Operativní teplota je hodnota, která zohledňuje konvekční a sálavou složku sdílení tepla mezi okolním prostředím a objektem, poměrně výrazně je ovlivněna rychlostí proudícího vzduchu.

Norma ČSN EN ISO 7730 [3] definuje operativní teplotu jako rovnoměrnou teplotu imaginární černé okolní plochy, ve které by si objekt vyměnil stejné množství tepla sáláním a prouděním, jako ve skutečné nerovnoměrné teplotě okolních ploch.

Pro výpočet operativní teploty je třeba změřit teplotu vzduchu, střední radiační teplotu a rychlost proudění vzduchu.

$$\theta_o = \theta_r + A(\theta_a - \theta_r) \quad (2)$$

kde

θ_o – operativní teplota

θ_r – střední radiační teplota

A – proměnná zohledňující rychlost proudění vzduchu

θ_a – teplota vzduchu

Tab. 2. Závislost proměnné A na rychlosti proudění vzduchu

$v_a [ms^{-1}]$	0,20	0,30	0,40	0,80	1,00
A	0,50	0,60	0,65	0,70	1,00

Pokud je rychlost proudění vzduchu menší jako 0,2 je možné sdílení tepla konvekci zanedbat a operativní teplotu zaměnit za teplotu kulového teploměru. [3] [4]

Střední radiační teplota

Střední radiační teplota θ_r je společná teplota veškerých okolních ploch, při které by bylo celkové teplo sdílené sáláním mezi povrchem těla a okolními povrchy totožné jako reálné.

Pro obecný výpočet:

$$\theta_r = \sqrt[4]{(\theta_g + 273)^4 + 2,5 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (\theta_g - \theta_a)} - 273 \quad (3)$$

kde

θ_r – střední radiační teplota [°C]

θ_g – teplota kulového teploměru [°C]

v_a – rychlost proudění vzduchu [m/s]

θ_a – teplota vzduchu [°C]

Teplota kulového teploměru

Teplota kulového teploměru (výsledná teplota) se měří kulovým teploměrem a bere v úvahu teplotu vzduchu, sálání z okolních ploch, nebere v úvahu vlhkost a jen minimálně rychlost proudění vzduchu.

Rychlost proudění vzduchu

Rychlost proudění okolního vzduchu je dalším faktorem ovlivňujícím tepelnou pohodu. Pokud je rychlost proudění příliš nízká především v letních měsících, může se díky pomalejšímu ochlazování organismus přehřívat. Naopak vyšší rychlost proudění vzduchu může způsobovat pocit průvanu. Někteří jedinci pocítují průvan již od $0,22 \text{ ms}^{-1}$. Rychle proudící vzduch má za následek ochlazovací účinek a při nižších teplotách vede až k prochladnutí. [5]

Tab. 3. Požadavky na rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech

Topné období	0,13 – 0,20 [ms^{-1}]
Letní období	0,16 – 0,25 [ms^{-1}]

Dle normy ISO 7730 [3] lze určit procentuální podíl osob obtěžovaných průvanem DR:

$$DR = (0,34 - t_{a,l}) \cdot (\bar{v}_{a,l} - 0,05)^{0,62} (0,37 \cdot \bar{v}_{a,l} \cdot Tu + 3,14) \quad (4)$$

kde

$t_{a,l}$ – teplota vzduchu, 20°C až 26°C [°C]

$\bar{v}_{a,l}$ – střední rychlost proudění vzduchu < 0,5 m/s [m/s]

Tu – intenzita turbulence, 10 % až 60 %, (při neznámé se používá 40%) [%]

Relativní vlhkost vzduchu

Relativní nebo také poměrná vlhkost vzduchu udává poměr mezi stávajícím stavem vlhkosti ve vzduchu a stavem maximálního nasycení vzduchu při stejné teplotě a tlaku, vyjádřeno v procentech. [5] [3]

$$\varphi = \frac{m}{M} 100 \quad (5)$$

kde

φ – relativní vlhkost vzduchu [%]

m – hmotnost vodní páry obsažené ve vzduchu [kg]

M – hmotnost vodní páry při maximálním nasycení vzduchu za stejné teploty a tlaku [kg]

Nasycení vzduchu vlhkostí v budově ovlivňuje vznik plísní s nebezpečnými zárodky patogenních spor, množení roztočů, výskyt alergií, prašnost, nebo také vysychání sliznic či rychlost odpařování a tím i schopnost regulace teploty lidského těla. Hygienicky doporučené hladiny relativní vlhkosti jsou v rozsahu 50% až 60%.

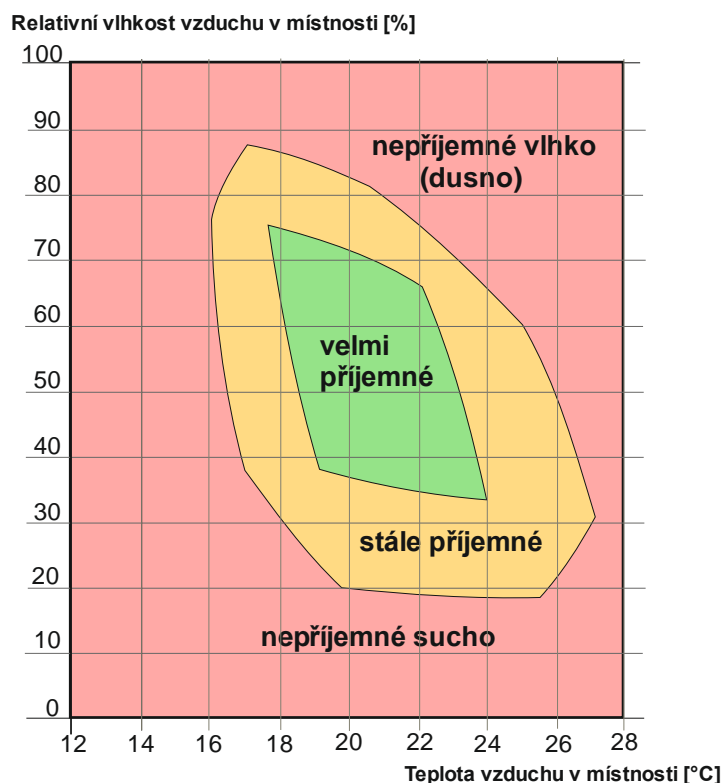
Dle normy se doporučuje udržovat relativní vlhkost v rozmezí 30% až 70%. Za optimální relativní vlhkost se často považuje 50%.

Lze konstatovat, že pro udržení tepelné pohody by se měla při zvyšující teplotě vzduchu snižovat relativní vlhkost a naopak. [3] [5]

Tab. 4. Hlavní zdroje vlhkosti v obytných budovách

Zdroj vlhkosti	Produkce vodní páry
Koupelny	700 – 2600 g/hod
Kuchyně	600 – 1500 g/hod
Sušení prádla	200 – 500 g/hod (na 5kg)
Metabolismus člověka	50 – 250 g/hod/od. (dle druhu činnosti)

Průměrný jednogenerační dům má celkovou denní produkci páry kolem 15 kg. Nárazové přebytky páry jsou absorbovány omítkou a postupně odvětrávány okny nebo vzduchotechnickým systémem.



Obr. 1. Pole tepelné pohody

Předpověď středního tepelného pocitu PMV

Tepelný pocit člověka závisí na tepelné pohodě celého těla jako celku. Tato rovnováha je ovlivněna zejména tělesnou námahou, oděvem, teplotou okolního vzduchu, jeho vlhkostí, střední radiační teplotou a také rychlostí proudění vzduchu. Pokud jsou zmíněné faktory změřeny nebo alespoň odhadnuty, je možné i předpovědět střední tepelný pocit (PMV).

Index PMV předpovídá střední tepelný pocit velké skupiny osob a rozlišuje dle normy ČSN EN ISO 7730 [3] sedm různých stupňů (Tab. 5).

Tab. 5. Stupně tepelné pohody

Tepelný pocit	Index PMV
Horko	+3
Teplo	+2
Mírné teplo	+1
Neutrálně	0
Mírné chladno	-1
Chladno	-2
Zima	-3

Index PMV lze vypočítat podle normy ČSN EN 7730 [3] pomocí následující rovnice:

$$PMV = (0,303e^{-0,036M} + 0,028)L \quad (6)$$

$$\begin{aligned} L = & (M - W) - 3,05 \times 10^{-3}[5733 - 6,99(M - W) - p_a] \\ & - 0,42[(M - W) - 58,15] - 1,7 \times 10^{id-5}M(5867 - p_a) \\ & - 0,0014M(34 - t_a) - 3,96 \\ & \times 10^{-8}f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl}h_c(t_{cl} - t_a) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} t_{cl} = & 35,7 - 0,028(M - W) \\ & - I_{cl}\{3,96 \times 10^{-8}f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \\ & \times h_c(t_{cl} - t_a)\} \end{aligned} \quad (8)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38|t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{pro } 2,38|t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1\sqrt{v_{ar}} \\ 12,1\sqrt{v_{ar}} & \text{pro } 2,38|t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1\sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (9)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290I_{cl} & \text{pro } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2\text{K/W} \\ 1,05 + 0,645I_{cl} & \text{pro } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2\text{K/W} \end{cases} \quad (10)$$

kde:

M – energetický výdej osoby [Wm^{-2}]

L – rozdíl energetického výdeje a odvedeného tepla bez mokrého pocení [Wm^{-2}]

W – užitečný mechanický výkon [Wm^{-2}]

I_{cl} – tepelný odpor oděvu [$\text{m}^2\text{K/W}$]

f_{cl} – povrchový faktor oděvu (poměr povrchu oděného k nahému povrchu);

t_a – teplota vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

t_r – střední radiační teplota [$^{\circ}\text{C}$]

v_{ar} – relativní rychlost proudění vzduchu [m/s]

p_a – parciální tlak vodní páry [Pa]

h_c – součinitel přestupu tepla konvekcí [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

t_{cl} – teplota povrchu oděvu [$^{\circ}\text{C}$]

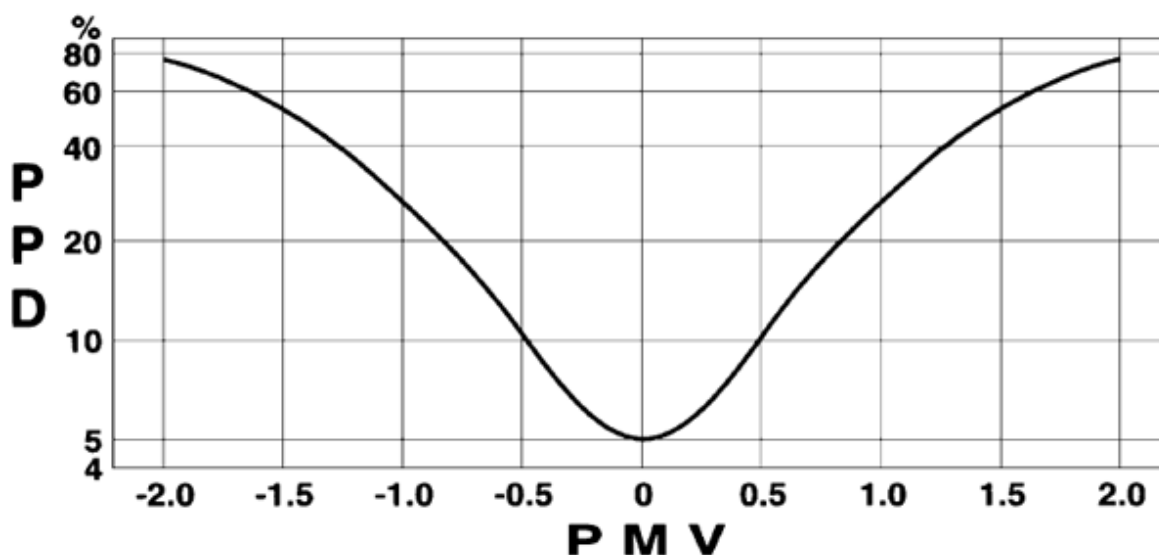
Index PMV se v praxi používá pro ověření tepelného komfortu a k určení přijatelných mezí. [3]

Předpověď procentuálního podílu nespokojených PPD

Vnímání tepelné pohody je velmi subjektivní a může se u různých jedinců za stejných podmínek výrazně lišit, proto je vhodné určit mimo index PMV i pravděpodobný podíl nespokojených. Pro určení procentuálního podílu nespokojených slouží index PPD. Díky individuálnosti vnímání tepelné pohody výpočet PPD při ideálních podmínkách PMV počítá s nenulovým procentuálním počtem nespokojených.

Předpověď procentuálního podílu nespokojených PPD, se vyhodnocuje ze středního tepelného pocitu PMV, dle vztahu: [3]

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp[-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)] \quad (11)$$



Obr. 2. Závislost PPD na PMV

1.2.2 Hygienické požadavky

Díky skutečnosti, že člověk tráví 85 – 95 % času v uzavřených prostorech, je nutné klást velký důraz na kvalitu vnitřního ovzduší.

Nejsnadnější způsob k udržení kvalitního vnitřního ovzduší je pravidelné a účinné větrání obytných budov. V minulosti bylo díky netěsnosti konstrukcí (okna, dveře, prodyšnost zdiva) zajištěno velmi kvalitní odvětrávání. Dnes díky tendenci spořit energie, zlepšovat zateplovací systém a snižovat prodyšnost konstrukcí, vzniká problém s udržením hygienických požadavků.

Základní požadavky na hygienickou kvalitu vnitřního prostředí budov jsou obecně dány zákony, požadavky jsou dále podrobněji rozpracované v nařízeních vlády a vyhláškách. Pokud oblast není pokryta právně závazným předpisem, je k dispozici celá řada technických norem.

Požadavky na větrání obytných budov jsou stanoveny v evropské normě ČSN EN 15665 [6], dodržení těchto norem je základní prostředek pro zajištění požadované kvality vzduchu.

Kvalita vnitřního vzduchu je závislá na mnoha faktorech, zejména na kvalitě venkovního ovzduší, způsobu výměny vzduchu, intenzitě větrání, použití vnitřních materiálů či výrobní činnosti. [7]

Největším zdrojem znečištění je dnes průmysl. V obydlených oblastech je ale hlavním zdrojem znečištění především doprava. Toto znečištění se detekuje koncentrací benzo-a-pyrénu v ovzduší. Druhým největším zdrojem znečišťujících látek je vytápění. Problematické jsou především domácí topeniště, kde dochází k hoření za nižších teplot s nízkou účinností. Spalováním zemního plynu dochází ke zvyšování koncentrací oxidu dusíku. Z venkovního prostředí se může do interiéru dostávat minerální prach, oxidy dusíku, arzén, beryllium, fluor, radon, alifatické uhlovodíky, olovo, aldehydy, CO a mnohé další látky. [7] [9]

Oxid uhličitý - CO₂

Oxid uhličitý je nejběžnější škodlivinou vnitřního prostředí. Koncentrace CO₂ je ve vnitřním prostředí téměř vždy ve vyšší koncentraci než ve venkovním prostředí. Oxid uhličitý vzniká především při dýchání a spalování, jeho produkce je často spojena s produkcí vodní páry.

Maximální doporučená koncentrace je 0,1 %. Při vyšších koncentracích se u citlivějších jedinců vyskytuje nevolnost, bolest hlavy, ztráta soustředění. Při koncentraci vyšší než 8% dochází ke ztrátě vědomí. [7]

Oxid uhelnatý – CO

Oxid uhelnatý, velmi nebezpečný plyn bez barvy a zápachu, nedráždivý, o něco málo lehčí než vzduch. Reaguje s hemoglobinem za vzniku karboxyhemoglobinu (COHb). Schopnost slučování (afinita) hemoglobinu s oxidem uhelnatým je více než 200krát vyšší než ke kyslíku, proto je oxid uhelnatý jedna z nejnebezpečnějších běžných škodlivin.

Vzniká především nedokonalým spalováním. Zdroje mohou být kamna na pevná paliva, plynové kotle, krby, nevětrané kuchyně s plynovým sporákem, dílny, kotelny a garáže. Oxid uhelnatý vzniká také při kouření tabákových i netabákových výrobků. Vdechováním oxidu uhelnatého dochází k vytěsňování kyslíku a nedostatečnému okysličování krve.

Maximální povolená expozice 100 mg/m^3 po dobu kratší než 15 minut. Maximální průměrná osmihodinová expozice 10 mg/m^3 (10 ppm). [7]

Formaldehyd (metanal)

Formaldehyd je bezbarvý, štiplavě páchnoucí, jedovatý plyn. Hlavním zdrojem formaldehydu ve vnitřním prostředí bývá samotný nábytek a vybavení, problematické jsou především prostory s novým vybavením. Konkrétními zdroji mohou být výrobky z dřevotřísky, překližky, podlahoviny, koberce, tkaniny, tapety nebo desinfekční prostředky. Do těla se metanal dostává především vdechováním. Při nižších koncentracích způsobuje bolesti hlavy, zánět nosní sliznice, dráždí oči a kůže. Při vyšších koncentracích může způsobit zákal rohovky nebo dokonce úplnou ztrátu zraku. Při požití způsobuje snížení tělesné teploty, kóma a v nejzávažnějších případech i smrt. Maximální přípustná koncentrace metanalu je $60 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. [8]

NO_x – oxidy dusíku

Zdrojem oxidu dusíku ve vnitřních prostorech je především zemní plyn, nejproblematictější jsou kuchyně s plynovým vařičem a kotelny. Ve větších městech se můžou oxidy dusíku dostávat do vnitřních prostor především větráním, neboť primárním zdrojem jsou stále motorová vozidla.

Dlouhodobé vystavení organismu oxidům dusíku vede ke snížení imunity. Vyšší koncentrace, která se však běžně nevyskytuje, může způsobovat závažné zdravotní potíže a v krajních případech i smrt. [7] [9]

SO₂ – oxid siřičitý

Zdrojem oxidu siřičitého ve vnitřních prostorech jsou stacionární zdroje spalující fosilní paliva, především kamna na uhlí. Ve větších městech se můžou oxidy dostávat do vnitřních prostor především větráním. Riziková místa jsou v oblastech těžkého průmyslu zejména u tepelných elektráren.

Maximální roční povolená koncentrace je $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

Azbest

Azbest je souhrnný název pro přírodní tmavozelené minerály ze skupiny silikátů. Byl hojně využíván pro své skvělé protipožární a tepelněizolační vlastnosti. Při poškození azbestových výrobků může docházet k uvolňování vláken a jejich usazení v plicích. Po zjištění karcinogenности je používání kontrolováno a sledováno.

Radon

Radon je bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, je těžší než vzduch. Do obytných prostor se dostává především z podlaží, ze stavebních materiálů, z podzemní vody a se zemním plynem.

Průměrná hodnota koncentrace radonu v obytných budovách je 120 Bq/m^3 .

Tabákový kouř

Kouření byt' jediného člověka v domácnosti předurčuje všechny ostatní obyvatele prostoru k jeho vdechování. Mezi nejnebezpečnější látky obsažené v tabákovém kouři patří: amoniak, dehet, pyridin, oxid uhelnatý, dymetylnitrosamin, metan, metylnaftalen, benzo-apyren, toulén a mnoho jiných.

Neuvádí se žádný nezávadný limit a už při malých koncentracích má negativní vliv na zdraví člověka. [7]

Odéry

Odéry jsou plynné látky člověkem vnímané jako vůně a pachy. Nepředstavují pro organismus vážnou hrozbu, v krajních případech dochází ke zvracení a bolestem hlavy. Obyčejně však snižuje pohodu a schopnost koncentrace.

Biologický agens

Biologický agens, který je ovlivnitelný technickým stavem budovy a má negativní vliv na zdraví člověka, můžeme rozdělit na dvě skupiny: roztoči a mikroorganismy. Obě skupiny jsou závislé na vlhkosti.

Roztoči – členovci, živí se šupinky lidské kůže, bakteriemi a plísněmi. Ideální teplota pro jejich vývoj je $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkost přibližně 75 %. Nejčastější výskyt roztočů je v textilu. Negativní význam roztočů je především z pohledu tvorby alergenů. Samotní roztoči nebezpeční nejsou. Alergeny jsou obsaženy ve fekáliích roztočů, i v rozložených tělech mrtvých roztočů.

Mikroorganismy - ať už se jedná o bakterie nebo plísně, mají za příznivých podmínek schopnost se velmi rychle rozmnožovat. Stejně jako u roztočů je důležitým faktorem pro jejich rozmnožování vlhkost. [9]

V obytných budovách je stanoven doporučený hygienický limit koncentrace bakterií a plísní na hodnotu 2500 *bakterií/m³* a 1000 *plísní/m³*. Koncentrace plísní a bakterií ve vnitřním prostředí by neměla být více než 2x větší než ve venkovním prostředí. [7]

Přípustný expoziční limit (PEL)

Přípustný expoziční limit je celosměnový vážený průměr koncentrací plynů, par nebo aerosolů v pracovních prostorech, jimž může být člověk trvale vystaven, aniž by u jedince došlo k poškození zdraví, za předpokladu, že danou práci bude vykonávat po celý život. Přípustný expoziční limit platí, pokud má zaměstnanec průměrnou plicní ventilaci nižší než 20 litrů za minutu a délka pracovní doby nepřekračuje 8 hodin. [9]

Nejvyšší přípustná koncentrace (NPK)

Jedná se o nejvyšší přípustnou koncentraci dané látky, které může být daný zaměstnanec vystaven, dle vyhlášky 361/2007. Počítá se jako vážený průměr látky, měřený maximálně po dobu 15 minut. Koncentraci vyšší než povoluje NPK smí být vystaven zaměstnanec až čtyřikrát, jejich odstup musí být delší než jedna hodina. [9]

Tab. 6. PEL a NPK vybraných škodlivin

Látka	PEL		NPK	
	[mg/m ³]	ppm	[mg/m ³]	ppm
Oxidy dusíku NO _x (bez N ₂ O)	2	10,00	3	20,00
Oxid dusný N ₂ O	180	99,90	360	199,80
Oxid uhelnatý CO	30	26,19	150	130,95
Oxid uhličitý CO ₂	9000	4581	45000	22905
Oxid siřičitý SO ₂	5	1,91	10	3,82
Formaldehyd	0,5	0,41	1	0,81

Větrání a výměna vzduchu v místnostech

Požadavky z hlediska hygieny a požadavky z hlediska úspory energie jsou v oblasti výměny vzduchu zcela protichůdné, avšak hygienické a provozní požadavky jsou logicky těm úsporným nadřazené.

$$n = \frac{\dot{Q}}{V} \quad (12)$$

kde

n – intenzita výměny vzduchu určuje, kolikrát za hodinu se v místnosti vymění vzduch [1/h]

\dot{Q} – intenzita výměny vzduchu, kolikrát za hodinu se v místnosti vymění vzduch [m^3/h]

V – objem vzduchu v místnosti [m^3]

V topném období je z hlediska úspory energie požadované rozmezí intenzity výměny vzduchu od minimálního požadavku (stejně jako v letním období) do 1,5 násobku minimální požadované hodnoty.

Základní normou upravující požadavky na větrání je norma ČSN 15 665/Z1 [6], která udává minimální intenzitu větrání $0,3 \text{ h}^{-1}$ v obytných prostorech a v době, kdy nejsou prostory dlouhodobě využívány, může být intenzita větrání snížena na $0,1 \text{ h}^{-1}$. Tyto hodnoty vycházejí z požadavků na minimální potřebu čerstvého vzduchu na osobu, které jsou minimálně při klidové činnosti $15 \text{ m}^3/\text{h}$ a při mírné aktivitě $25 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tab. 7. Požadavky na větrání obytných budov dle normy ČSN EN 15665/Z1 [6]

Požadavek	Trvalé větrání		Nárazové větrání [m^3/h]		
	Intenzita větrání [1/h]	Dávka venkovního vzduchu na osobu [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{os})$]	Kuchyně	Koupelny	WC
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

1.2.3 Akustika staveb

Předmětem akustiky staveb je ochrana osob před zvýšeným hlukem, vibracemi a také dosažení ideálních akustických podmínek v budově. Požadavky jsou kladeny na kročejovou neprůzvučnost a vzduchovou neprůzvučnost, která je obecně nepřímo úměrná objemové hmotnosti použitého materiálu a přímo úměrná jeho tloušťce. Požadavky na ochranu proti hluku v budovách určuje norma ČSN 73 0532:2010 [10]. Dodržení limitů stanovených v normě zajistí i splnění požadavku dle nařízení vlády 48/2006 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. [11]

Zdroje hluku můžeme rozdělit podle místa jejich zdroje:

Zdroj hluku uvnitř budovy – je způsoben nejčastěji činností člověka a přístrojů. Nepříjemným faktorem může být tzv. kročejový zvuk, který vzniká především chůzí. Proto je třeba podlahy navrhnout tak, aby snižovaly přenos kročejového zvuku. Obecně se oddělí nosná těžká konstrukce od pochůzkové vrstvy pružnou podložkou, která tlumí nárazy. [11]

Zdroj hluku vně budovy – je způsoben nejčastěji dopravou. Hodnotí se dvě hlediska: ochrana venkovního prostoru a ochrana vnitřního prostoru stavby. Ochrana venkovního prostoru spočívá v zabezpečení dostatečné vzdálenosti stavby od zdroje hluku, omezení dopravy či stavbou konstrukční protihlukové bariéry. Ochrana vnitřního prostoru stavby je zabezpečena především obvodovým pláštěm budovy s dostatečnou neprůzvučností. [11]

1.2.4 Požadavky na osvětlení

Světlo patří při vytváření pohodlí k jednomu z nejzákladnějších kamenů, správné osvětlení zlepšuje náladu člověka a zvyšuje jeho efektivnost. Naopak špatné osvětlení snižuje efektivitu člověka a může vést až k úrazu. Ideální osvětlení vnitřních prostor s nejlepším podáním indexu barev je za pomoci denního přirozeného osvětlení. Umělé nebo kombinované osvětlení používáme všude tam, kde nemůžeme využít denní osvětlení a v době kdy je denní osvětlení nedostatečné. [13]

Energetická náročnost na osvětlení není z hlediska celkové spotřeby energie rozhodující, ale i zde se dá znatelně ušetřit. Často se stává, že se podaří snížit spotřebu energií na vytápění pasivního domu na 2 kW, ale po instalaci zařízení a osvětlení celková spotřeba několikanásobně vzroste. Částečné řešení tohoto problému je inteligentní elektroinstalace a výběr úsporných spotřebičů. [13]

Požadavky na denní osvětlení

- **Kvantitativní** - pro udržení zrakové pohody je potřeba dostatečné množství denního světla. To je posouzeno činitelem denního osvětlení.

$$D = \frac{E}{E_h} \cdot 100 \quad (13)$$

kde

D – činitel denního osvětlení [%]

E – naměřená osvětlenost v kontrolním bodě dané roviny [lx]

E_h - osvětlenost nezastíněné venkovní vodorovné roviny [lx]

Hodnota naměřeného činitele denního osvětlení se v průběhu času mění.

- **Kvalitativní** – pro dostatečnou zrakovou pohodu není důležité pouze dostatečné množství světla, ale také zejména rovnoměrnost denního osvětlení.

$$r = \frac{D_{min}}{D_{max}} \quad (14)$$

kde

r – rovnoměrnost denního osvětlení [-]

D_{min} – minimální hodnota činitele denního osvětlení [%]

D_{max} – maximální hodnota činitele denního osvětlení [%]

Tab. 8. Požadavky na činitele denního osvětlení [14]

Třída zrakové činnosti	Zaková činnost	Poměrná pozorovací vzdálenost	Činitel denního osvětlení [%]	
			D_{min}	D_{max}
I	Mimořádně přesná	3330 a větší	3,5	10
II	Velmi přesná	1670 až 3330	2,5	7
III	Přesná	1000 až 1670	2	6
IV	Středně přesná	500 až 1000	1,5	5
V	Hrubší	100 až 500	1	3
VI	Velmi hrubá	méně než 500	0,5	2
VII	Celková orientace	-	0,25	1

Požadavky na umělé osvětlení

Požadavky na umělé osvětlení v obytných prostorech se zabývala již zrušená norma ČSN 360452:1994 – Požadavky na osvětlení obytných prostor. Částečně můžeme vycházet z normy ČSN EN 12464 – 1:2012 [12].

Trvalé osvětlení obytných prostor pouze umělým osvětlením není vhodné. Pokud je to možné, doporučuje se maximálně využívat denní osvětlení, které při správném osvětlení zajišťuje takovou zrakovou pohodu, jakou nejsme schopni docílit žádným umělým osvětlením.

Při návrhu umělého osvětlení je třeba dbát zejména na intenzitu osvětlení [lx] a teplotu chromatičnosti [K]. Tyto hodnoty v obytných budovách však nejsou přesně upraveny, proto je uvedena tabulka s požadavky na osvětlenost z již zrušené normy ČSN 360452.

Tab. 9. Požadavky na umělé osvětlení

Místo a činnost	Požadavek umělého osvětlení [lx]
Komunikace v bytě	75
Obytné kuchyně, koupelny, WC	100
Haly, čtení na lůžku	150
Celkové nebo odstupňované osvětlení obytné místnosti s místním osvětlením	50-100
Celkové nebo odstupňované osvětlení pracovních prostorů bez místního osvětlení	200-500
Společné jídlo	200-300
Studium, psaní, kreslení, kuchyňské práce, apod.	300
Jemné ruční práce, školní úkoly	500

Teplota chromatičnosti by se měla pohybovat kolem hodnoty přirozeného osvětlení, které se dle denní doby, klimatických a geografických podmínek mění. Obecně můžeme říct, že se teplota chromatičnosti může pohybovat kolem 5000 K, avšak v prostorech pro relaxování a odpočinek může být hodnota teploty chromatičnosti výrazně nižší. [13]

Požadavky na sdružené osvětlení

Požadavky na sdružené osvětlení jsou upraveny v normě ČSN 36 0020:2007 [15].

Pro návrh sdruženého osvětlení je vhodné využít takové zdroje světla, které se z hlediska spektrálního složení blíží dennímu světlu.

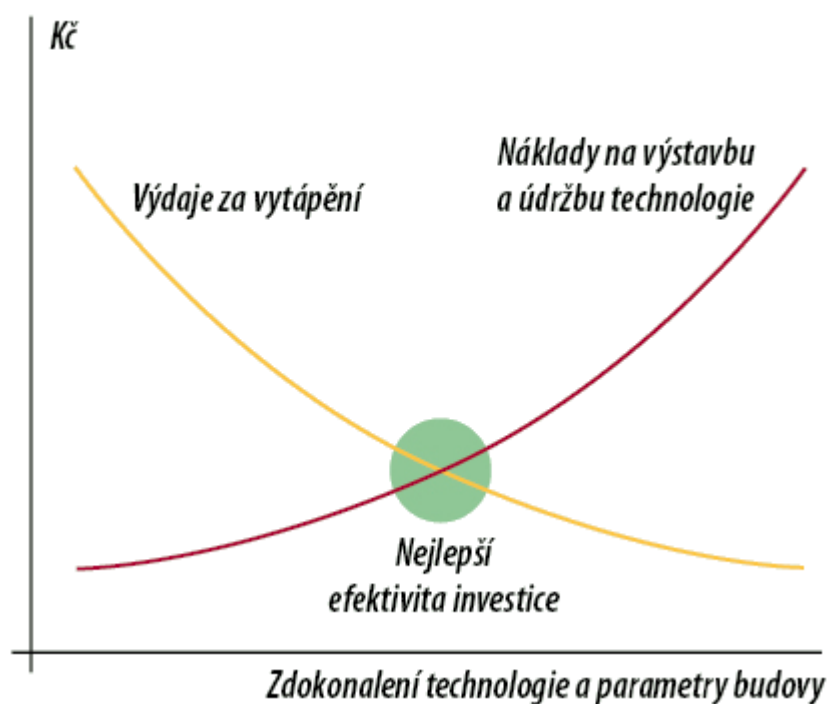
Mezi základní požadavky patří dostatečná úroveň osvětlení v daném prostoru pro danou zrakovou činnost, vhodné rozložení světelného toku, rovnoměrnost osvětlení a optimální rozložení jasů ploch a kontrastů. Další požadavek je dodržení hodnoty činitele denního osvětlení dle tabulky (Tab. 10.). [14]

Tab. 10. Hodnoty činitele denního osvětlení u sdruženého osvětlení

Třída zrakové činnosti	Hodnota činitele denního osvětlení [%]	
	D_{min}	D_{max}
I, II	1,0	2,5
III	0,7	2,0
IV	0,5	1,5
V, VI, VII	0,5	1,0

2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY

Společným faktorem většiny moderních staveb je jejich snaha snižovat environmentální zatížení. Dalším společným znakem by měl být soulad s obecně formulovanými požadavky udržitelnosti výstavby, kde můžeme zařadit snižování spotřeby energie, produkce škodlivin a to za udržitelných ekonomických podmínek. Proto je správné navrhovat takové budovy, aby bylo vyhověno požadavku na nízkou energetickou náročnost co nejefektivněji, tedy s minimální celkovou zátěží na životní prostředí a nízkými investicemi. [1]



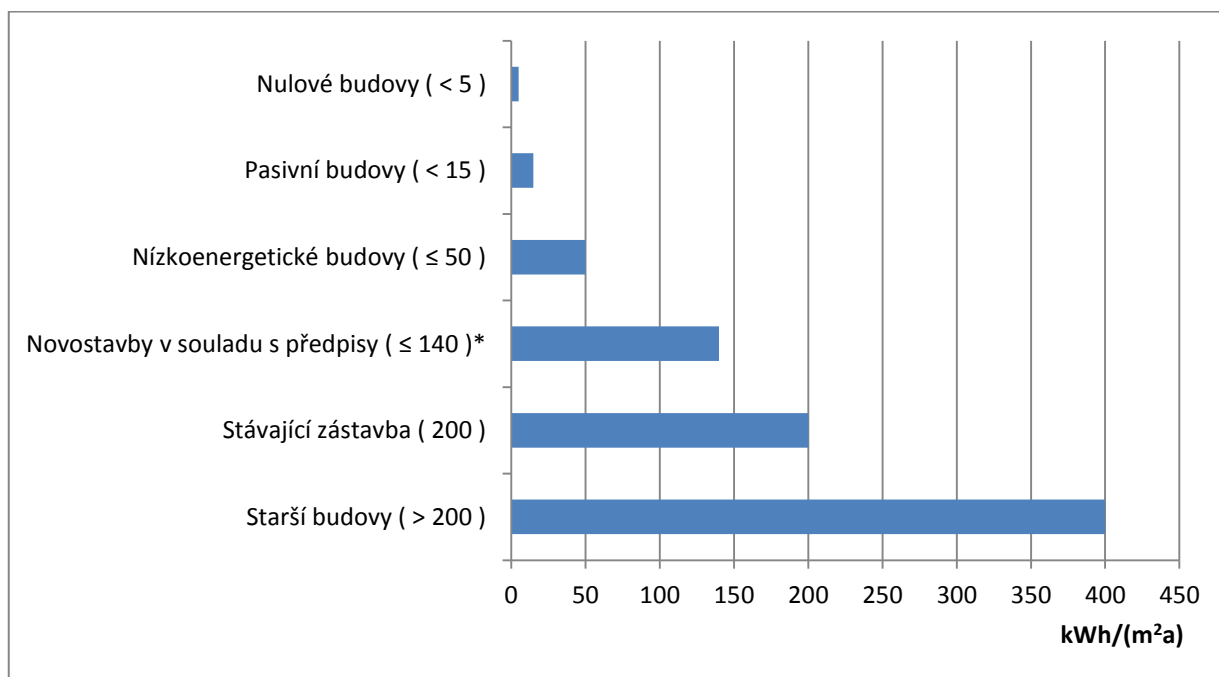
Obr. 3. Efektivita investice

Energeticky úsporné budovy mají několik základních společných prvků:

- Promyšlený architektonický návrh
- Ucelený tvar s minimální plochou pláště
- Prosklené plochy orientované jižně
- Kvalitně zateplený plášť budovy
- Vzduchotěsnost domu
- Eliminované tepelné mosty
- Maximální využití sluneční energie a dalších obnovitelných zdrojů

2.1 Základní členění energeticky úsporných budov

Energeticky úsporné budovy mají celkovou měrnou spotřebu tepla výrazně nižší, než jsou stávající závazné požadavky. Základní požadavek dle normy ČSN 730540 [30] vychází z celkové roční spotřeby tepla na vytápění budovy vztážené na plochu 1 m^2 . Budovy lze rozdělit podle měrné potřeby tepla do několika kategorií.



Obr. 4. Rozdělení budov dle spotřeby energie

2.1.1 Nízkoenergetické budovy

Mezinárodním standardem pro nízkoenergetické budovy je především roční měrná potřeba tepla na vytápění, která nesmí přesahovat $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Dále musí být budova správně umístěna tak, aby jižní a popřípadě západní strana byla plně vystavena slunečnímu záření. Další požadavek je kladen na kvalitní zateplení obálky budovy a maximální využití sluneční energie. Ideální je využití nízkoteplotního vytápěcího systému. Obvyklé maximální navýšení ceny nízkoenergetického domu oproti klasickému je méně než 15% a reálná návratnost investic v českých podmínkách je 10 až 15 let. [1]

2.1.2 Pasivní budovy

Pasivní domy musí splňovat všechna kritéria určené pro nízkoenergetické domy. Navíc dle normy ČSN 73 0540 – 2 [30] nesmí přesahovat roční měrná spotřeba tepla na vytápění

15 kWh/(m²a) a celková neprůvzdušnost budovy nesmí být vyšší než 0,6 h⁻¹. Dalším důležitým požadavkem je limit využití celkové primární energie na provoz budovy, která nesmí přesáhnout hodnotu 120 kWh/(m²a). Větrání budovy je zajištěno vzduchotechnickou jednotkou s využitím rekuperačního výměníku. [16] [17] [18]

2.2 Hodnocení energeticky úsporných budov

V české legislativě je problematika upravena zákonem č. 406/2000 Sb. a dále prováděcí vyhláškou č. 148/2007 Sb. - Vyhláška o energetické náročnosti budov.

2.2.1 Průkaz energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti je jednoduchý a přehledný nástroj jak ohodnotit stupeň úspornosti budovy. Již na první pohled může koncový zákazník rozpoznat i bez znalostí energetickou náročnost. Na každý nově postavený dům musí být vystaven Průkaz energetické náročnosti budovy. Energetické průkazy smí vydávat pouze energetičtí certifikovaní experti (dle zákona č.406/2000 Sb.) prozkoušení ministerstvem průmyslu a obchodu. Energetická spotřeba se počítá z energie potřebné na provoz oběhových čerpadel, ventilátorů, vytápění, ohřev vody, osvětlení a popřípadě chlazení budovy. Stupnice je rozdělena do 7 skupin A až G, kde A je nejúspornější a G naopak nejméně úsporná. Budovy se dále dělí do dalších kategorií, které vyplývají z podobnosti budov, druhu činnosti či provozu. Nově postavené budovy musí spadat nejhůře do kategorie C. [19]

Tab. 11. Třída energetické náročnosti vybraných budov

	Třída energetické náročnosti [kW/m ² rok]						
Druh budovy	A	B	C	D	E	F	G
	Mimořádně úsporná	Úsporná	Vyhovující	Nevyhovující	Nehospodárná	Velmi nehospodárná	Mimořádně nehospodárná
RD	< 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
Administ. 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	175 - 220	221 - 265	> 265

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení			Hodnocení budovy	
Adresa budovy			stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha:				
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m²rok			XY	XY
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			XY	XY
Podíl dodané energie připadající na:				
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu				
Průkaz vypracoval			Jméno a příjmení Osvědčení č.	

Obr. 5. Průkaz energetické náročnosti

2.2.2 Energetický štítek obálky budovy

Energetický štítek obálky hodnotí pouze tepelně izolační vlastnosti obálky budovy na základně váženého průměrného součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukčních prvků obálky budovy. Rozdělení kategorií je podobné jako u průkazu energetické náročnosti. Vyhovující kategorie jsou A – C. Nízkoenergetický dům odpovídá kategorii B a pasivní dům kategorii A. Třída C je podrobněji rozdělena na C1 a C2. Ostatní kategorie D až G jsou nevyhovující. Požadované hodnoty prostupu tepla se stanoví podle tabulky uvedené v normě ČSN 73 0540 – 2 [30]. Požadavek vychází z faktoru tvaru budovy A/V [m^2/m^3], což je poměr vytápěné plochy a vytápěného objemu. [19]

Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} [W/m^2K] \quad (15)$$

kde:

H_T – měrná ztráta prostupem tepla

A – celková plocha obálky budovy [m^2]

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY						
Typ budovy, místní označení Adresa budovy				Hodnocení obálky budovy		
Celková podlahová plocha $A_c = \text{_____m}^2$				stávající	doporučení	
C/	Velmi úsporná					
0,5						
0,75						
1,0						
1,5						
2,0						
2,5						
Mimořádně ne hospodárná						
KLASIFIKACE						
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U_{en} ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ $U_{\text{en}} = H_d/A$						
Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy podle ČSN 73 0540-2 $U_{\text{en},H}$ ve $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$						
Klasifikační ukazatele C/ a jim odpovídající hodnoty U_{en}						
C/	0,50	0,75	1,00	1,50	2,00	2,50
U_{en}						
Platnost štítku do			Datum			
			Jméno a příjmení			

Obr. 6 Energetický štítek obálky budovy

3 ÚSPORNÉ ZDROJE TEPELNÉ ENERGIE

Zdroje energie můžeme rozdělit na obnovitelné a neobnovitelné. V dnešní době je drtivá většina energie získávána právě z neobnovitelných zdrojů, ale podíl obnovitelných zdrojů v posledních letech strmě stoupá. U nízkoenergetických budov, tedy budov s nižší celkovou spotřebou energie, jsou jako zdroje obnovitelné energie nejčastěji využívány tepelná čerpadla, kotle na biomasu a především slunce. Maximální využití sluneční energie, ať už z pohledu přímého získávání energie prosklenými plochami nebo za pomoci solárních kolektorů či fotovoltaických panelů, je pro stavbu nízkoenergetických domů zásadní.

Často je ekonomicky výhodnější použití několika zdrojů energie a ne pouze jednoho. Například u slunečních kolektorů je využití dalšího zdroje nutné, neboť musíme pokrýt období, kdy je slunce zastíněno. Pořizovací náklady několika zdrojů jsou sice vyšší, ale provoz může být výrazně levnější.

Velmi výhodné je začlenění do vytápěcího systému vhodnou akumulací nádrží, zdroj energie může poté pracovat v optimálním režimu, což má za následek nízké emise, maximální účinnost a také větší životnost.

Elektrická energie odebíraná z energetické sítě je pro vytápění příliš drahá a neúnosná. Její cena navíc každoročně podléhá růstu o několik procent. Využití elektrické energie na vytápění je vhodné pouze za použití tepelného čerpadla, kde za optimálních podmínek elektrická energie dělá pouze 30 % z celkového tepelného výkonu, zbytek energie je odebírán z venkovního prostředí.

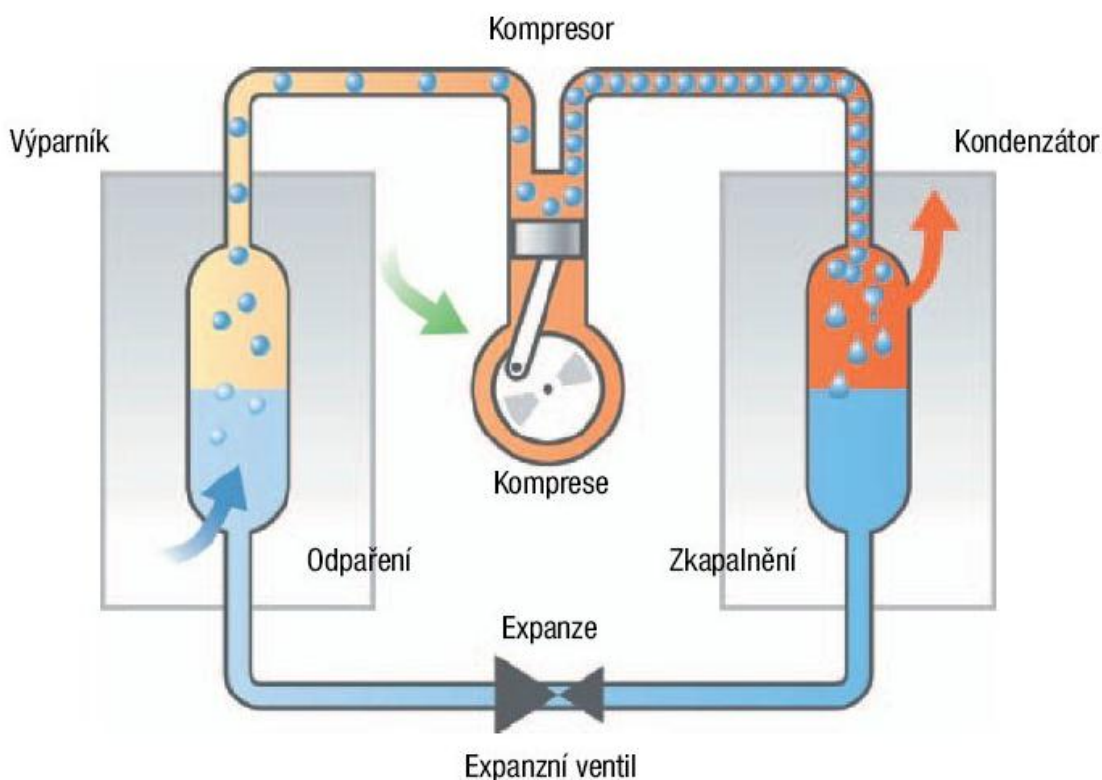
Systémy pro tvorbu mikroklimatu zabezpečují splnění požadavků na vnitřní prostředí a zabezpečují požadovaný komfort. Volba správných systémů je pro bezproblémový chod zásadní. Při výběru jednotlivých systémů je třeba dbát ohled kromě funkčnosti také na jejich pořizovací cenu, provozní náklady a v neposlední řadě zátěž životního prostředí včetně výroby, montáže a recyklace. [20]

3.1 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla jsou energeticky úsporná, moderní a ekologická zařízení, využívající tepelnou energii okolního prostředí, která převádí na vyšší teplotní hladinu a toto teplo následně využívají pro vytápění, ohřev teplé vody popřípadě dalších zařízení. Některé

čerpadla umožňují v letním období naopak odčerpávat z interiéru teplo, tedy pracovat v opačném cyklu.

Nejčastějším typem tepelného čerpadla je kompresorové. Funguje na principu opačného Carnotova cyklu. Chladivo za nízkého tlaku a teploty v plynném stavu je stlačeno kompresorem. Dále se dostane do kondenzátoru, kde předává skupenské teplo. Zkapalněné chladivo se dostane skrz expanzní trysku do výparníku, kde (za nižší teploty a tlaku) přijme skupenské teplo. Poté se celý cyklus opakuje.



Obr. 7. Princip funkce tepelného čerpadla

Všechny tepelná čerpadla obsahují tři samostatné okruhy:

Primární okruh - získává energii z okolí. Může mít podobu zemního kolektoru, ve kterém koluje nemrzoucí směs. Další varianta je hlubinný vrt, studna s dostatkem vody či výparník, kterým prochází proud vzduchu.

Sekundární okruh – v režimu vytápění přebírá energii od primárního okruhu. Předání energie se provádí prostřednictvím kondenzátoru neboli tepelného výměníku.

Kompresorový okruh – celkový okruh, v němž koluje chladivo. Je v něm umístěn kompresor, expanzní ventil a oba tepelné výměníky jak kondenzátor, tak výparník.

Moderní tepelná čerpadla běžně dosahují teploty výstupního média 60 °C, avšak čím vyšší teplotu požadujeme, tím nižší účinnosti tepelné čerpadlo dosahuje. Proto je vhodné kombinovat tepelné čerpadlo s nízkoteplotním vytápěcím systémem. Při použití tepelného čerpadla s klasickým vytápěcím systémem je vhodné použít další bivalentní zdroj. Pokud je použit další bivalentní zdroj, pak je třeba určit teplotu bivalence. Teplota bivalence je teplota, při které se spíná bivalentní zdroj, pohybuje se od -5 °C do 0 °C. Někteří výrobci uvádějí hodnoty ještě nižší, avšak účinnost nebývá ideální.

Základní vlastnosti čerpadla, které hrají hlavní úlohu při jeho výběru, jsou tepelný výkon, příkon a především topný faktor. Tyto základní vlastnosti jsou závislé na teplotě externí látky, z které odebíráme teplo i na výstupní teplotě závislé na zvolené požadované teplotě ohřívání vody. Topný faktor je přímo úměrný teplotě externí látky a nepřímo úměrný výstupní teplotě ohřívání vody. Čím nižší teplotní rozdíl tepelné čerpadlo překonává, tím vyšší je topný faktor a naopak. [21]

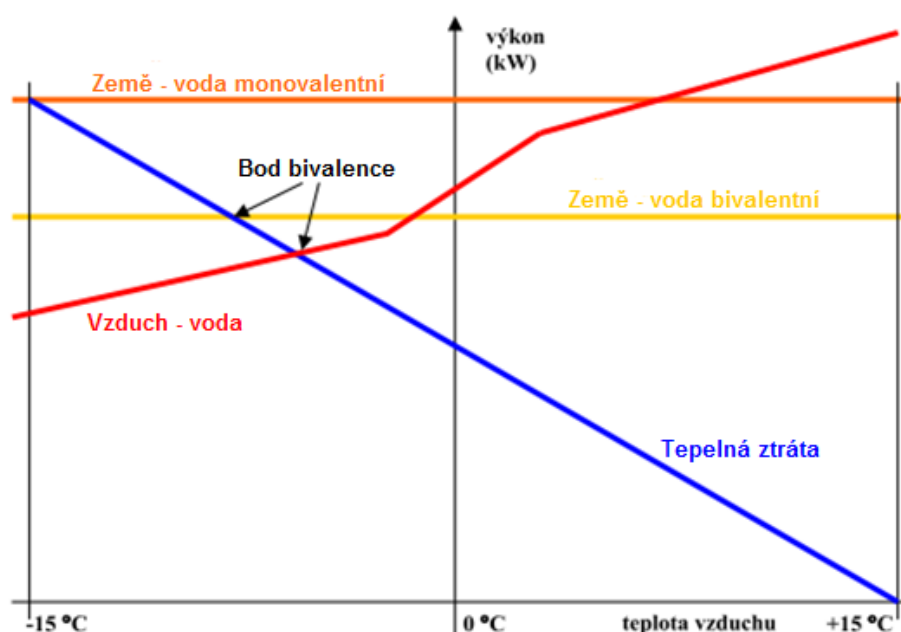
$$\varepsilon = \frac{Q}{E} \quad (16)$$

kde

Q - teplo vyprodukované tepelným čerpadlem [kWh]

E - příkon tepelného čerpadla [kWh]

Topný faktor se pohybuje od 1,5 do 5,5, přičemž hodnota nižší než 2,5 se považuje za ekonomicky nevýhodnou.



Obr. 8. Bod bivalence tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo může odebírat teplo buď z vody, zeminy nebo přímo ze vzduchu (tento typ tepelných čerpadel bývá v našich podmínkách nejběžnější). Právě podle toho z jaké látky tepelné čerpadlo energii odebírá a jaké látce teplo předává, rozlišujeme několik základních typů tepelných čerpadel. [21]

Tepelné čerpadlo vzduch - voda

Nejběžnější typ, především díky snadné montáži. Výparníkem tepelného čerpadla proudí přímo venkovní vzduch, odebírá se energie ze vzduchu.

Hlavní výhoda je především nenákladná montáž, není třeba provádět žádné náročné zemní práce jako u ostatních typů čerpadel. Další nesporná výhoda je možnost využití čerpadla pro objekty, které neumožňují díky nedostatku místa instalaci jiných typů čerpadel.

Mezi nevýhody patří nestálý topný faktor, který je především při velkých mrazech (tedy kdy je potřeba tepla nejvíce) nízký, naopak s narůstající venkovní teplotou roste i topný faktor, což může částečně nevýhodu eliminovat. S tímto bodem je spojena další nevýhoda a to je potřeba dalšího bivalentního zdroje. Tepelné čerpadlo vzduch-voda je třeba odmrazovat, to se projevuje vyšší spotřebou energie, tím i nižším topným faktorem a kratší životností. [21]



Obr. 9. Tepelné čerpadlo vzduch - voda

Tepelné čerpadlo voda - voda

Zdrojem energie může být povrchová, podzemní, popřípadě v ideálním případě geotermální voda. Voda může být použita z řeky, rybníku, ale nejčastěji se využívají

studny. Při dostatku podzemní vody ve studně dosahují čerpadla vysokého topného faktoru. Aby tento systém dosahoval nejlepší účinnosti, je nutné vyvrtat dvě studny. Z první studny je přečerpávána voda, která prochází tělesem výparníku a předává své teplo. Ochlazená voda se vypouští právě do druhé vsakovací studny. Nevýhodou je podmínka dostatečné kapacity spodní vody po celý rok, nutnost provedení hydrogeologického průzkumu., náročnější údržba. [21]



Obr. 10. Tepelné čerpadlo voda - voda

Tepelné čerpadlo země - voda

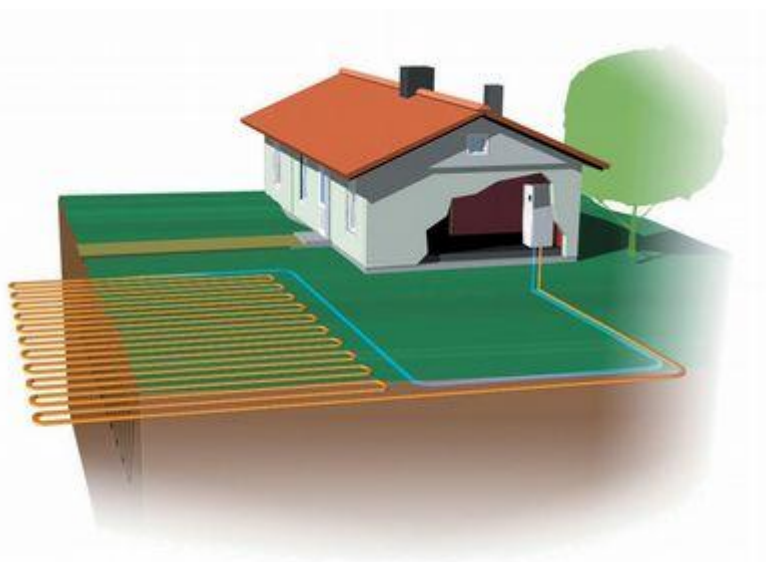
Chladivo odebírá teplo zemině. Používají se dvě konstrukční řešení a to buď pomocí zemních kolektorů nebo hloubkových vrtů.

Častěji využívané plošné kolektory se umísťují do nezámrazné hloubky, tedy hlouběji než jeden metr, trubky jsou od sebe umístěny 1,2 až 1,6 m. Na každý kilowat tepelné ztráty je potřeba přibližně 30 až 40 m^2 zemních kolektorů. Účinnost kolektorů je závislá na lokalitě, hloubce kolektorů a typu zeminy, u vlhké půdy se spodní vodou dosahujeme vyšší účinnosti.

Zemní vrty získávají energii z větších hloubek. V našich podmínkách se hloubka vrtů pohybuje od 50 do 150 m, ve světě jsou největší vrty pro tepelná čerpadla hluboké až 300 m. Zemní vrty se používají především tam, kde není možné položit zemní kolektor. Výhodou je vyšší a stálější teplota a tím i topný faktor. Nevýhoda je vysoká pořizovací cena a vysoké technické nároky na výstavbu. Potrubí se vede jedním vrtem, přičemž na 1 kW výkonu je potřeba průměrně 12 m vrtu. Účinnost je závislá na typu zeminy,

u vlhké půdy se spodní vodou dosahujeme vyšší účinnosti. Pokud je potřeba více vrtů, měly by mít odstup alespoň 10 m.

Zemní kolektory jsou asi o polovinu levnější než zemní vrty se stejným výkonem. Nevýhodou je však jejich náročnost na rozlohu, mírně horší tepelný faktor a ochlazování půdy, což má za následek, že se nad kolektory déle drží sníh. [21]



Obr. 11. Tepelné čerpadlo země - voda

3.1.1 Porovnání tepelných čerpadel

Porovnání vychází z projektu sledujícího chování tepelných čerpadel země-voda, vzduch-voda a voda-voda v reálných instalacích, který prováděla v Německu agentura Fraunhofer ISE 2007 - 2010 (největší evropská organizace pro aplikovaný výzkum). Do projektu bylo zařazeno téměř 200 objektů a to jak nízkoenergetické domy s roční spotřebou tepla na vytápění 20 až 50 kWh/m², tak stávající budovy.

Základním sledovacím a porovnávacím faktorem byl sezónní topný faktor SPF, který popisuje průměrnou účinnost tepelných čerpadel v průběhu celého roku. SPF tedy ukazuje poměr vyrobené tepelné energie a spotřebované elektřiny na chod čerpadla.

V roce 2008 byla zahájena druhá fáze projektu, kdy bylo do projektu od každé dodavatelské firmy Alpha-InnoTec, IVT/Bosch, Hautech, Nibe, Stiebel Eltron, Vaillant a Viessmann, přidáno dalších 5 instalací, které byly na základě prvních poznatků vylepšeny. Tepelná čerpadla dodaná v druhé fázi, měla průměrně o 7 % vyšší topné faktory, než tepelná čerpadla použitá v první fázi projektu. [22]

Sezonní topný faktor SPF

V letech 2008/2009 a 2009/2010 se od první fáze projektu faktor SPF mírně odlišuje. Příznivě se projevila instalace nových čerpadel a také u čerpadel vzduch-voda se na průměrném topném faktoru negativně projevila výrazně chladnější zima. Naopak u studenějších zim se sezonní topný faktor u čerpadel země-voda zvyšoval. Tento jev byl způsoben větším poměrem tepla potřebného na vytápění, kde tepelná čerpadla dosahují vyššího topného faktoru. Kdežto potřeba energie na teplou vodu, kde tepelná čerpadla mají nižší účinnost, není závislá na charakteru zimy a zůstává konstantní. [22]

Tab. 12. Naměřené hodnoty SPF za jednotlivé topné sezóny

Sezonní topný faktor SPF	2007/2008	2008/2009	2009/2010	Průměrný SPF
Země - voda	3,75	3,87	3,90	3,88
Vzduch - voda	3,03	2,93	2,87	2,89

Velmi důležitým faktorem určujícím topný faktor je požadovaná teplota na výstupu tepelného čerpadla. Tepelná čerpadla doplněná podlahovým vytápěním pracují s průměrnou výstupní teplotou 36 °C, kdežto čerpadla doplněná radiátory pracují s průměrnou výstupní teplotou 47,5 °C. Tento průměrný rozdíl 11,5 °C ve výstupní teplotě způsobí rozdíl ve spotřebě elektřiny 14,5 % ve prospěch podlahového vytápění. [22]

Tab. 13. Rozdíly topných faktorů dle použitého vytápění

Průměrný roční topný faktor SPF	Nízkoenergetické budovy (podlahové vytápění)		Stávající budovy (radiátory)	
	Země – voda	Vzduch - voda	Země – voda	Vzduch - voda
	3,8	3,0	3,3	2,2

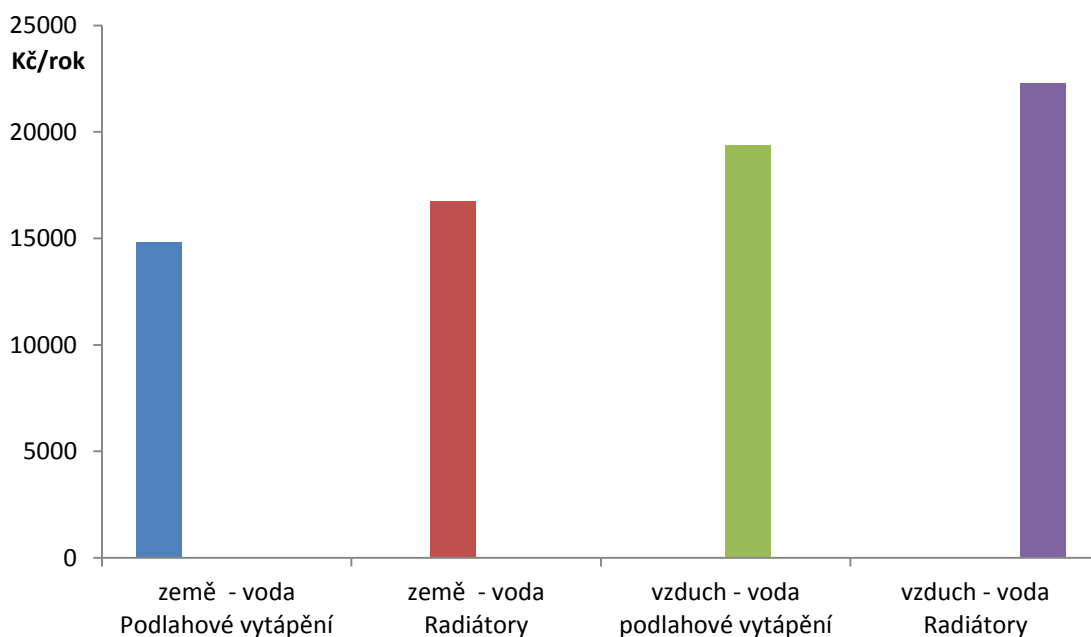
Tepelná čerpadla země-voda dosahují v reálných podmínkách vysoké účinnosti a dokáží pracovat bez bivalentního zdroje s vysokým topným faktorem i ve velmi chladných dnech a to i v případě požadované výstupní teploty vyšší než 55 °C.

Tepelná čerpadla vzduch-voda dosahují nižšího tepelného faktoru, ale dokáží při správném návrhu pracovat s dobrým sezónním topným faktorem. Podmínkou je, kromě kvalitního

návrhu, aby topný systém pracoval s nižší teplotou než 50 °C. Přesto mají tepelná čerpadla vzduch-voda průměrně o 27% větší spotřebu elektrické energie než čerpadla země-voda.

Tepelná čerpadla voda-voda dosahovala navzdory očekávání relativně nízkého sezónního topného faktoru 3,5. Negativně se na výsledcích projevila spotřeba elektrické energie čerpadel.

Po dosazení aktuálních cen energií do naměřených hodnot, získáme názorný graf, který porovnává provozní náklady jednotlivých druhů čerpadel na vytápění a ohřev teplé vody za rok, dle průměrného topného faktoru. V grafu jsou uvedeny systémy s klasickým vytápěním a systémy s podlahovým vytápěním. Pro porovnání byl použit běžný objekt o celkové spotřebě energie na vytápění a ohřev teplé vody 20 000 kWh. [22]



*Obr. 12. Průměrné ceny energie na vytápění a ohřev teplé vody za rok.
Při spotřebě 20000 kWh a ceny elektřiny 2,70 Kč/kwh.*

Z grafu vyplývá, že roční průměrný rozdíl v ceně za vytápění mezi čerpadlem země – voda a vzduch – voda u domu se ztrátou 20 000 kWh je cca 5000 Kč. Při podlahovém vytápění je rozdíl 4560 Kč ročně, a při použití radiátorů dosahuje rozdíl 5550 Kč. Obecně čím menší výkon tím menší rozdíl a naopak. [22]

Rozložení spotřeby elektřiny

Tepelná čerpadla země-voda měla spotřebu elektrické energie o třetinu nižší než tepelná čerpadla vzduch voda. Čím chladnější prostředí, tím je rozdíl ve spotřebě znatelnější.

Tab. 14. Rozložení spotřeby elektřiny

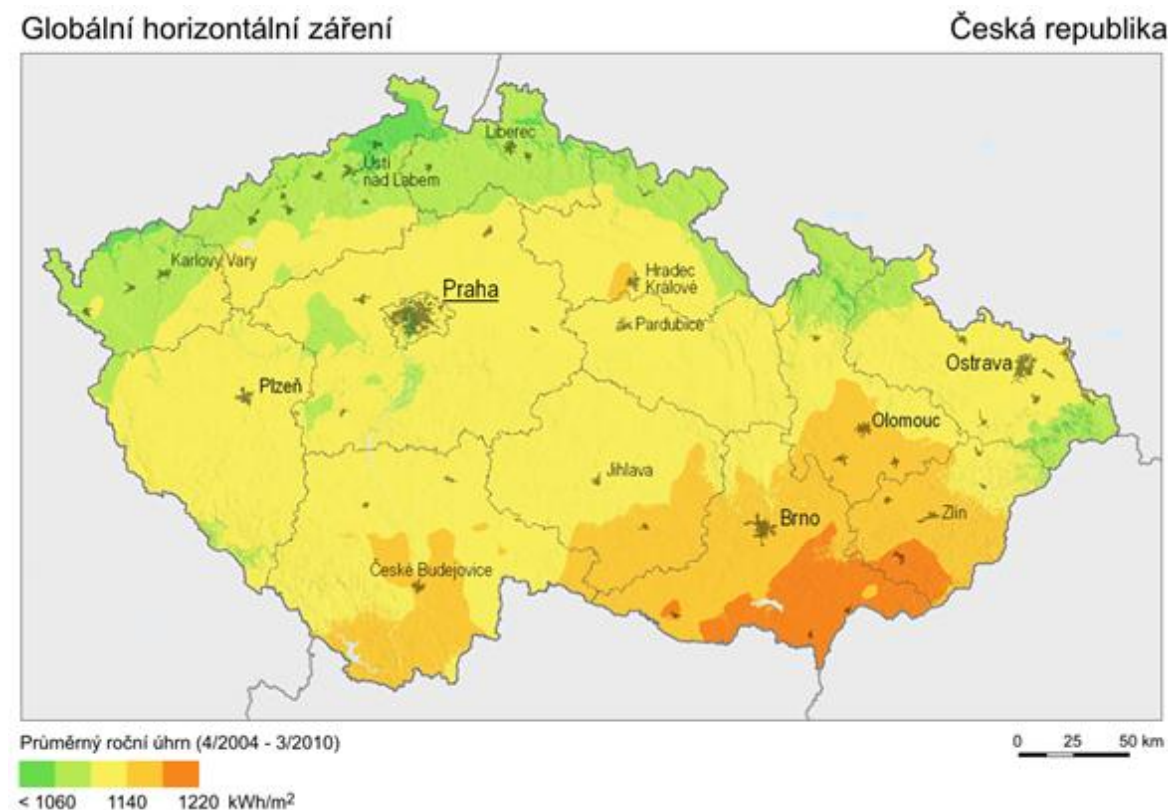
	Kompresor + regulace	Ventilátor / čerpadlo	Elektrokotel
Země – voda	92 %	6 %	2 %
Vzduch - voda	89 %	7 %	4 %

Z projektu vyplývá, že neúčinnější systémy bývají často ty jednoduché. Naopak složité a sofistikované systémy nedosahují takových účinností a jejich návratnost je téměř vždy delší. Vždy je však nutné zajistit správnou montáž a nastavení celého systému obzvlášť pokud využíváme více zdrojů tepelné energie.

Tepelné čerpadlo s nejlepším sezonním topným faktorem u klasických instalací bylo typu země voda a dosahovalo hodnoty topného faktoru 4,5. Nejlepší výsledek z čerpadel vzduch-voda má hodnotu sezónního topného faktoru 3,4. Pro zajímavost byla do projektu zařazena i instalace s mimořádně hlubokým vrtem 300 m a sondami plněné vodou, která dosahovala naprosto nejlepšího sezónního topného faktoru 5,2. [22]

3.2 Solární kolektory

Energie dopadající na zemi ze Slunce je pro člověka ve všech ohledech nekonečná a je vhodné se snažit tuto energii získávat co nejefektivněji. Z obrázku (*Obr. 13*) je patrné, že průměrný roční úhrn slunečního záření se pohybuje nad hodnotou 1000 kWh/m^2 .



Obr. 13. Průměrný roční úhrn globálního horizontálního záření

Solární tepelné kolektory jsou zařízení určená k pohlcování sluneční energie, která je předávána teplotně nosné látce. Tato energie je použita na vytápění či ohřev vody.

Důležitými prvky kolektorů všech typů je jejich absorpční vrstva, neboť pohlcuje sluneční záření a vzniklé teplo předává teplotně nosné látce. Moderní kolektory obsahují spektrálně selektivní absorpční vrstvu, což má za následek vyšší účinnost. Dalším důležitým prvkem kolektoru je izolační vrstva, která minimalizuje ztráty do okolního prostředí. Kolektory, které pracují celoročně, kladou velké nároky na materiál teploizolační vrstvy, ta musí odolat vysokým teplotám, zaručovat dlouhou životnost a samozřejmě minimalizovat tepelné ztráty. [23]

Účinnost solárních kolektorů

Účinnost solárních kolektorů je závislá na výstupní požadované teplotě, teplotě okolního vzduchu, typu konstrukce a orientace.

Účinnost solárních kolektorů η se vypočítá jako podíl energie odevzdané teplotně nosnou látkou k příkonu slunečního záření dopadajícího na vztáznou plochu. Vztázná plocha může být plocha absorbéru, apertury či hrubá plocha. Obvykle však plocha apertury. [24]

$$\eta = \frac{Q_k}{G \cdot A_k} \quad (17)$$

kde

η – účinnost

Q_k – tepelný výkon kolektoru [W]

G – sluneční ozáření [W/m^2]

A_k – vztažná plocha [m^2]

Z teoretické energetické bilance vyplývá vztah:

$$\eta = F' \left[\tau \cdot \alpha - U \frac{(\theta_m - \theta_a)}{G} \right] \quad (18)$$

kde

F' – účinnostní součinitel kolektoru

τ – propustnost slunečního záření

α – pohltivost slunečního záření

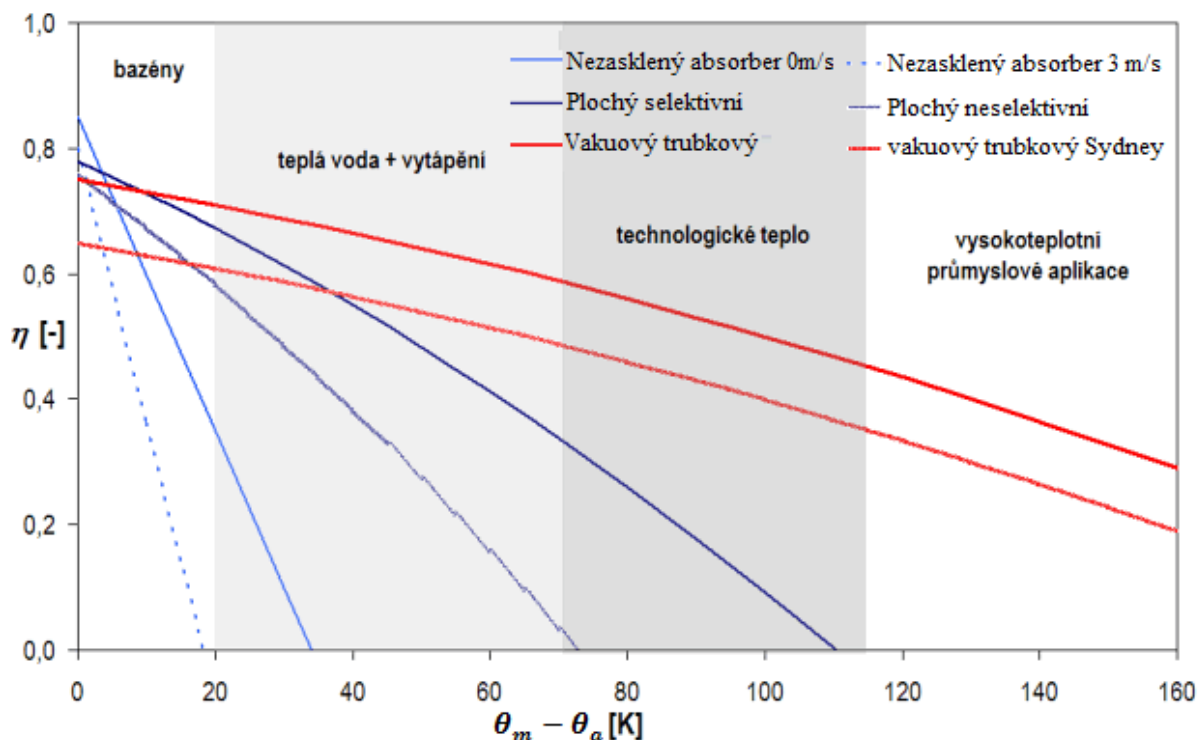
U – celkový prostup tepla do okolí [$W/(m^2K)$]

θ_m – střední teplota teplotonosné látky [$^{\circ}C$]

θ_a – teplota okolí [$^{\circ}C$]

Účinnostní součinitel F' se počítá z poměru odporu přestupu tepla z kapaliny do okolního vzduchu a z odporu přestupu tepla z absorberu do okolního vzduchu. Účinnostní součinitel je pro danou konstrukci při stejném průtoku konstantou.

Účinnost solárních kolektorů se stanoví jako křivka, která je závislá na provozních podmínkách, tedy především teploty teplotonosné látky, teploty okolí a účinného součinitele prostupu tepla kolektoru. [24]



Obr. 14. Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů

Graf na obrázku (Obr. 14) zobrazuje typické účinnostní křivky nejpoužívanějších typů solárních kolektorů pro hodnotu slunečního ozáření 800 W/m^2 . Pokud zvyšujeme teplotní spád mezi teplotou nosnou látkou a okolím, účinnost klesá. Strmost tohoto pádu je závislá na kvalitě izolace jednotlivých panelů, u nezasklených solárních kolektorů je důležitým prvkem také rychlost proudění okolního vzduchu.

Z grafu je také patrné, že nemá smysl na sezónní ohřev bazénu, využívat velmi drahé vakuové trubkové solární kolektory, naopak jejich využití je nutné pro technologie vyžadující velký teplotní spád mezi teplotou nosnou látkou a okolím. [24]

Nejdůležitějším parametrem ovlivňující účinnost tepelných kolektorů je jejich orientace. Systém s automatickým natáčením za sluncem a sledování jeho dráhy se z ekonomického hlediska zatím neosvědčil. Zrcadlová konstrukce solárních kolektorů umožňuje odklon od jižní strany s minimálním ovlivněním účinnosti až o 30° spíše na jihozápad. Pro správné osazení kolektorů je nutné zohlednit i výšku slunce nad obzorem, která se v průběhu roku výrazně mění. Solární kolektory využívané pouze na ohřev bazénu v letním období mají nejlepší účinnost s úhlem sklonu 30° až 40° , naopak pouze pro zimní využití se úhel sklonu pohybuje od 50° do 70° . Pro celoroční využívání solárních kolektorů se doporučuje úhel sklonu kolem 40° až 45° .

S rostoucí požadovanou výstupní teplotou klesá účinnost solárních kolektorů, ta je také ovlivněna venkovní teplotou. U moderních izolovaných solárních kolektorů je tato účinnost ovlivněna jen minimálně.

Velmi důležitým aspektem pro maximální účinnost solárních kolektorů je i jejich samotný návrh. V projekční fázi je nutné co nejpřesněji stanovit reálnou spotřebu teplé vody a vhodně navrhnout soustavu. Pokud by soustava byla předimenzovaná, pracovala by na vyšších teplotách a tím by se její účinnost i podmínky úsporného provozu zhoršovaly.

Kvalitní návrhy musí dosahovat účinnosti alespoň 35 %. Například v Rakousku je považována minimální roční hodnota $350 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$. V některých německých městech pro dosažení státní podpory je vyžadována hodnota vyšší než $370 \text{ kWh/m}^2\text{rok}$. [25]

Typy solárních kolektorů

Solární kolektory rozdělujeme podle několika faktorů.

- Teplonosná látka - kapalinové
- vzduchové
- Zasklení - bez zasklení
- jednovrstvé
- vícevrstvé
- Tlak výplně - atmosférický
- vakuový
- Absorbér - plastový
- kovový selektivní, neselektivní
- akumulační

Většina solárních kolektorů využívá jako teplonosnou látku kapalinu, vzduchové kolektory pro predehřev přiváděného vzduchu se téměř nevyužívají. [25]

Běžně se využívá několika typů solárních kolektorů:

Ploché kolektory

V současné době jsou právě ploché kolektory pro nízkoteplotní systémy nejvhodnější a také nejhojněji využívané. Velmi dobře absorbují i difusní záření a účinnost není příliš náchylná na odklonění kolektoru od slunce.

Plochý nekrytý kolektor – gumová či plastová rohož bez žádného zasklení a izolace s velkou závislostí na venkovní teplotě a rychlosti proudění vzduchu. Používá se pouze v letním období běžně pro ohřev bazénu. Výhodou je nízká pořizovací cena.

Plochý selektivní kolektor – obsahuje kovový absorbér se selektivním povlakem, který je celý velmi dobře zaizolován. Díky sníženým tepelným ztrátám patří ploché zasklené selektivní kolektory k nejpoužívanějším pro ohřev vody a vytápění.

Plochý vakuový kolektor – jedná se o vylepšený selektivní kolektor. Uvnitř kolektoru je nižší absolutní tlak obecně 1 až 10 kPa. Celkové tepelné ztráty jsou nižší než u klasických selektivních kolektorů na úkor vyšší konstrukční náročnosti.

Trubkové vakuové kolektory

Trubkový vakuový kolektor – díky trubkovému tvaru může dosahovat nižšího absolutního tlaku než ploché kolektory zpravidla méně než 10^{-3} Pa. Trubkové vakuové kolektory tedy zajišťují nižší tepelné ztráty a díky tomu poměrně plochou křivku účinnosti v závislosti na ročním období. Naopak v letním období nedosahují takové účinnosti jako ploché vakuové kolektory.

Koncentrační kolektory

Koncentrační nebo také soustředující kolektory jsou obecně kolektory využívající optické prvky. Plochý kolektor má na rozdíl od koncentračního kolektoru odrazovou plochu podstatně větší než plochu absorpční. Pro správnou funkci předpokládáme dostatek přímého slunečního záření během celého roku, při difusním záření účinnost oproti jiným kolektorům klesá. Na českém trhu tvoří koncentrační kolektory zanedbatelný podíl. [25] [26]

Nové trendy v solární technice

Zvyšující se nároky a modernizace technologií umožňuje dosahovat vyšších účinností, dosahuje se lepší spolehlivosti a bezpečnosti provozu, s tím je i úzce spojena delší

životnost zařízení, která je pro návratnost klíčová. Díky zdravému trhu je snaha snižovat výrobní, montážní cenu a minimalizovat provozní náklady kolektorů. Požadavky zákazníků se projevují také na vzhledu solární techniky a její přirozenou integraci do obálky budovy. V poslední době se také experimentuje s tzv. solárním chlazením. [26]

3.3 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické panely řadíme mezi alternativní zdroje a zajišťují přímou přeměnu slunečního záření na elektrickou energii. Základní konstrukční prvkem jsou polovodičové velkoplošné fotodiody, které jsou obvykle spojovány do větších ploch. Zjednodušeně princip fotovoltaických panelů spočívá ve využití energie fotonů, které na polovodičovém přechodu vyřáží valenční elektrony do vodivostního pásu. V jednotlivých částech polovodiče vznikají na jedné straně elektrony na druhé díry, které jsou za pomoci elektrod odváděny pryč jako stejnosměrný elektrický proud. [27]



Obr. 15. Fotovoltaický panel

Nejrozšířenější fotovoltaické panely jsou křemíkové. Ty můžeme rozdělit dle způsobu modifikace na monokrystalické, polykrystalické a amorfí. Obecně dosahují fotovoltaické komerčně dostupné panely účinnosti maximálně 20 %, většinou ale méně. V laboratorních podmínkách se tato hodnota podařila zvýšit maximálně dvakrát. Nejlepší poměr ceny a výkonu nabízí stále polykrystalické křemíkové články první generace, které jsou v současnosti nejrozšířenější a dosahují účinnosti 17 %, průměrně kolem 15 %. Nejlevnější jsou tenkovrstvé panely druhé generace, které však dosahují účinnosti nižší než 10 %. Třetí generace fotovoltaických článků nevyužívají křemík, ale většinou organické polymery,

dosud se příliš nevyužívají, dosahují účinnosti 4 – 7 %, ale za výrazně nižších pořizovacích nákladů. Problémem těchto článků třetí generace je prozatím jejich krátká životnost.

Výkon fotovoltaického panelu se udává ve W_p (watt peak). Jedná se o výkon fotovoltaické elektrárny při standardních testovacích podmínkách a to $1 \text{ kW}/\text{m}^2$. Soustava o výkonu 1 kW_p je schopna vyrobit 1000 kWh/rok a dle účinnosti panelů a sluneční intenzity zabere v našich podmínkách 8 až 10 m^2 .

Obvyklá životnost panelu je 20 až 35 let (dle stáří technologie nelze ověřit) a je také potřeba počítat, že se účinnost celého systému postupně degraduje. [27]

4 SBĚRNICOVÝ SYSTÉM KNX

Stále větší nároky na regulaci a automatizaci v obytných budovách, vyžadují použití adekvátní sběrnici, která vyhovuje všem požadavkům. Další velmi rozšířenou sběrnici pro řízení budov je LonWorks. Ta je však díky své rozsáhlosti a složité struktuře vhodná spíše pro velké objekty. [28]

Sběrnice Konnex bus (KNX) je v současné době pro řízení obytných budov nejrozšířenější, celosvětově uznávaný, otevřený standard v Evropě. Systém vznikl spojením jeho tří předchůdců EIB (Euopen, Installation Bus), EHS (Euopen Home Systém) a Batibus, kterým bude v určitém časovém horizontu nadále poskytována podpora a certifikace. Vlastník technologie KNX sídlí v Bruselu pod názvem KNXA (Konnex Association).

Jako základ pro KNX slouží právě sběrnice EIB a to především díky široké kompatibilitě, již velkému podílu na trhu a snadnému uvádění do provozu. Prvky systému KNX a EIB nadále zůstaly vzájemně kompatibilní. Především díky výše zmíněnému faktu se v praxi setkáváme s označením technologie KNX jako KNX/EIB.

KNXA klade důraz na kvalitu certifikovaných výrobků. Základním požadavkem pro certifikaci výrobku je splnění jakostní normy ISO 9001 a samozřejmě dalších mezinárodních a evropských norem. Při nesplnění požadavků provádí KNXA adekvátní kroky. Například další prozkoušení výrobku či požádání výrobce o prohlášení o shodě. [28]

4.1 Základní charakteristika

Systém KNX je decentralizovaným sběrnicevým systémem, tedy každé zařízení v instalaci má svou vlastní řídicí jednotku. Přenos informací se uskutečňuje přímo mezi zařízeními bez nutnosti centrálního řídicího prvku. Všechna zařízení jsou si rovnocenná, jedná se tedy o multi-master provoz. Systém zajišťuje vysokou míru spolehlivosti, neboť při výpadku jednoho zařízení neohrožuje funkčnost systému jako celku, ale vztahuje se pouze na ovládané a přímo vykonávané funkce postiženého účastníka. Pro řešení kolizních situací na sběrnici se využívá protokol SCMA/CA, který patří do skupiny s vícenásobným přístupem a nasloucháním nosné. Charakteristikou protokolu CSMA/CA je, že před vysláním dat zařízení nejprve určitou dobu naslouchá a kontroluje volnost sběrnice. [28]

Parametry a omezení systému:

- Rychlost přenosu dat 1.2, 2.4, 4.8, 9.6 nebo 32 kb/s, dle použitého komunikačního média
- Maximální délka kabeláže pro jednu linii (end-to-end network distance): 1000 m
- Maximální vzdálenost mezi zařízeními: 700 m
- Možnost napájení jednotek po sběrnici
- Adresace v celé síti až přes 65 tisíc jednotek, až 256 v každé podsíti
- Datové pakety s volitelnou délkou 14 nebo 248 bajtů
- Segmentace pro vytváření rámců z větších bloků dat
- Point-to-point (peer-to-peer) komunikace s možností režimu Multicast a Broadcast
- Využití různých přenosových standardů na 1. a 2. (Fyzické a Linkové) vrstvě OSI modelu (EIB, BatiBus atd.)
- KNX (Konnex Bus) plně definuje síťovou, transportní a aplikační vrstvu, hierarchii adresování, strukturu uzlů a komunikujících zařízení

4.2 Aplikační možnosti KNX

Systémová inteligentní elektroinstalace KNX nachází uplatnění v mnoha oblastech. Instalací získáme nové funkce a především možnost automatizace a propojení s ostatními systémy, což má pro koncového uživatele výhody v podobě zvýšeného komfortu a také úspory energie, které mohou dosahovat k desítkám procent. [28]



Obr. 16. Aplikační možnosti systému KNX

4.2.1 Topení, větrání, klimatizace a ohřev TV

Systém KNX můžeme uplatnit pro řízení optimálních mikroklimatických podmínek uvnitř budovy s maximální úsporou energie.

- Automatické inteligentní ovládání - čidla detekují přítomnost obyvatel, při nepřítomnosti se provedou adekvátní opatření, jako snížení či v letním období zvýšení teploty.
- Při nastavení delší nepřítomnosti omezení ohřívání teplé vody
- Spolupráce s dalšími prvky (signalizace a ovládání oken)
- Snadné programování režimů uživatelem
- Jednotná vizualizace a intuitivní ovládání teplot

4.2.2 Osvětlení

Ovládání osvětlení za účelem vytvoření světelné pohody se automatizuje, což zvyšuje komfort. [28]

- Možnost centrálního ovládání
- Stmívání osvětlení výkonově přes stmívače, použitím předřadníků 0 – 10V, digitálně DSI a DALI s možností využití všech možností, především nastavení scén.
- Automatizace a udržování optimální úrovně osvětlení s vazbou na přirozené osvětlení, žaluzie, přítomnosti osob a použití scény.
- Možnosti naprogramování scén zvyšuje celkový komfort bydlení. Mezi typické scény patří například scéna pro sledování domácího kina či romantický mód. Scény nemají vliv pouze na osvětlení, ale často ovlivňují i další prvky elektroinstalace jako žaluzie, vytápění, klimatizace či zabezpečení.

4.2.3 Žaluzie a stínění

Instalací KNX získáme možnost ovládání žaluzií, markýz a to nejen na povel obyvatele, ale především v návaznosti na síle větru, deště, jasu, teplotě, pobytu obyvatel a denní době.

- Ovládání rolet a markýz
- Automatizovaná závislost na výše zmíněných měřených veličinách
- Možnosti nastavení časových funkcí

4.2.4 Vazba na bezpečnostní systém

- Signalizace narušení objektu, loupeže a provedení adekvátních kroků – rozsvícení světel, vytažení rolet, akustický poplach, kontaktování majitele nebo simulace přítomnosti osob.
- Možnost monitorování

4.2.5 Energetický management

Energetický management zajišťuje řízení, sledování a ukládání dat s vizualizací spotřeby elektrické energie. [28]

- Hlídání maximální spotřeby
- Možnosti odpojení zátěže
- Centrální povely, deaktivování části elektroinstalace
- U větších aplikací se snímá stav jističů, což může být využito pro aktivaci nouzového osvětlení
- Shromažďování dat, tvorba databází, vizualizace
- Vazba na systém měření a regulace (MaR) přes softwarové rozhraní OPC server.

4.2.6 Ovládání a vizualizace

Systém KNX umožní veškeré ovládání centralizovat a vizualizovat na jednom místě. Také díky vzdálenému přístupu zajistí dostupnost z téměř jakéhokoliv místa.

- Možnost přehledného a intuitivního centralizovaného ovládání pomocí dotykového displeje nebo PC
- Vzdálená správa objektu přes internet či mobilní síť

4.2.7 Další využití

Technologie KNX může být využita i v mnoha jiných technologiích:

- Bazénové technologie
- Zavlažování
- Audio / video technika
- Ovládání moderních zařízení domácnosti

4.3 Přenosové média

Při návrhu systému KNX je nejprve nutné zvolit určité přenosové médium. Až poté se vyberou zařízení, která splní požadované funkce. Nejčastěji se využívá kroucený pár, ale je možno využít i jiný typ média. Binární informace se musí v závislosti na použitém přenosovém médiu vhodně přetransformovat. Fyzický signál pak může mít napěťovou, radiovou či světelnou podobu. Transformaci signálu má na starosti přenosový modul. [29]

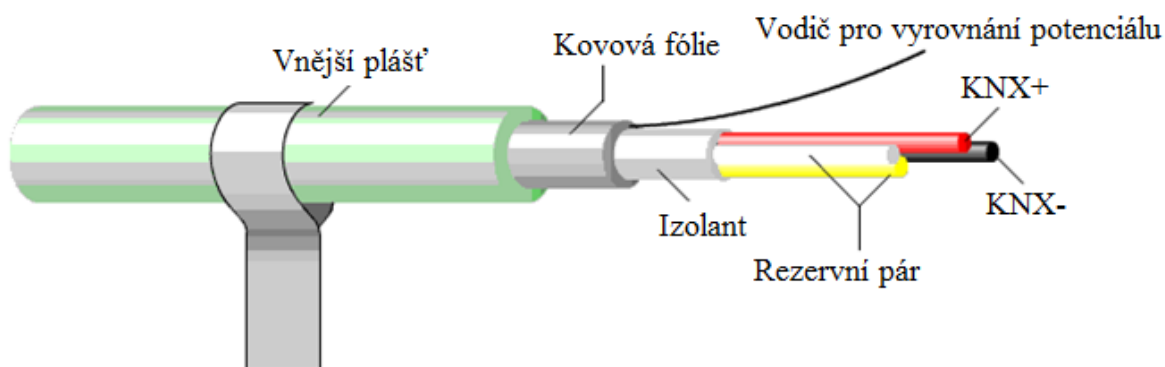
Přenosová média:

- Twisted Pair – kroucený pár (KNX.TP)
- Power Line – silové vedení (KNX.PL)
- Radiofrequency - radiový přenos (KNX/RF)
- Ethernet (KNX/IP)
- Optické kabely

4.3.1 Kroucený pár (KNX.TP)

Nejčastěji se využívá vedení krouceným párem, z důvodu poměrně levné montáže. Vhodný typ média především pro novostavby, kde není problém položení rozvodu krouceného páru. Vedení (KNX TP1) využívá stejnosměrné bezpečné nízké napětí 29 V. Celá síť SELV je také izolována vůči zemi.

KNXA certifikovala několik druhů vedení. Certifikované vedení musí splňovat především požadovaný elektrický odpor na délku 1000 m 72Ω a kapacitu $0,12 \mu\text{F}$, také se provádí dle zvláštních předpisů testování na napětí 4 kV mezi povrchem vnějšího pláště a žilami. Jako klasický kroucený pár se v praxi využívá vedení YCYM 2 x 2 x 0,8 nebo JY (St) Y2 x 2 x 0,8. Pro data a napájení se používají žíly červená (+KNX) a černá (-KNX), pár žil se žlutým a bílým vodičem bývá nepřirazen a žíly se mohou využít jako záložní. [29]



Obr. 17. Kroucený pár

Kroucený pár má ve standardu KNX dvě definované verze TP0 a TP1, rozdíl je pouze v rychlosti.

- TP0 je převzat z Batibusu a pro standard KNX se příliš nepoužívá. Komunikační rychlost je 4800 bit/s.
- TP1 je převzat ze standardu EIB, využívá se ve většině instalací KNX. Komunikační rychlost 9600 bit/s

Pro certifikované vedení je zaručena správná funkčnost do následujících vzdálenostních limitů:

- Maximální délka vedení pro jednu linii 1000 m
- Maximální vzdálenost mezi dvěma zařízeními v linii 700 m
- Maximální vzdálenost zařízení od napájecího zdroje 350 m
- Minimální vzdálenost mezi dvěma napájecími zdroji 200 m

4.3.2 Silové vedení (KNX.PL)

Silové vedení se může využít v prostorech, kde není vhodné instalovat kroucený pár nebo u stávajících staveb, kde je možné využít původní silové instalace. Komunikace je umožněna za pomoci elektrické rozvodné sítě 230/400 V AC. Data jsou přenášena po fázovém a středovém vodiči, což zajistí požadovaný asynchronní poloduplexní přenos. Silové vedení však není vhodné pro aplikace, kde by se případný výpadek komunikace projevil způsobenými škodami. [29]

KNX PL existuje ve dvou různých provedeních PL110 a PL132, čísla udávají střední frekvenci v kHz.

- PL110 – převzato ze standardu EIB, pro přenos logické nuly je využit kmitočet 105,6 kHz a pro logickou jedničku 115,2 kHz. Přenosová rychlost je oproti KNX TP výrazně pomalejší a to 1200 bit/s.
- PL132 – převzato ze systému EHS, přenosová rychlost je u této varianty nastavena na 2400bit/s.

4.3.3 Radiový přenos (KNX.RF)

Přenos KNX RF se využívá především tam, kde není možné pokládat jakékoliv vedení či tam, kde to je nevhodné. Pro bezdrátovou komunikaci se využívá impulsní kódové modulace (FSK) o frekvenci 868 MHz, které zajišťuje vysokou míru spolehlivosti a to také díky kontrole CRC.

Pro zamezení rušení nepřesahuje činitel využitelnosti 1 %.

Vlastnosti KNX RF přenosu:

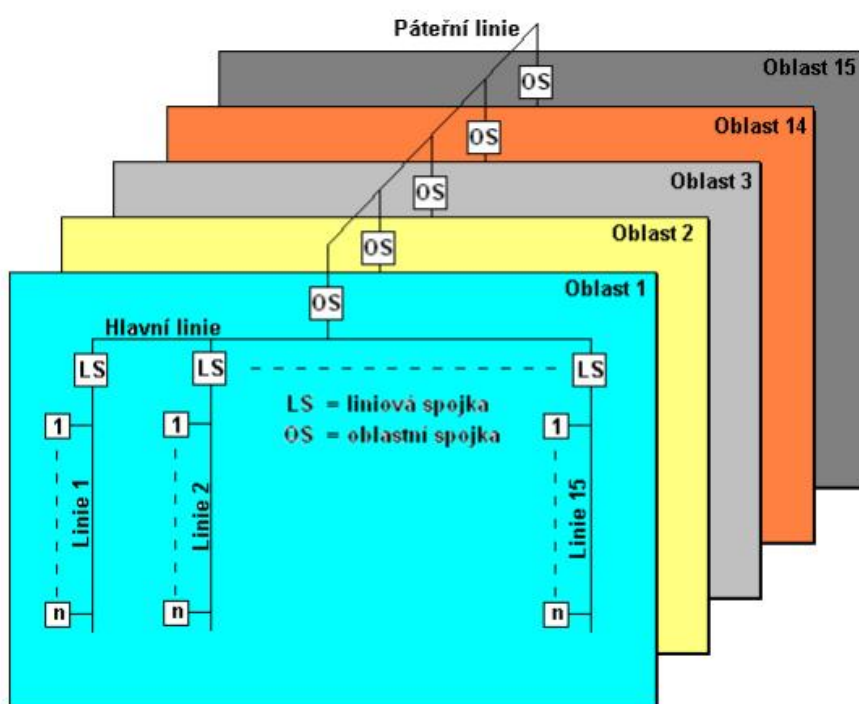
- Přenosová rychlost je 16,4 kbit/s
- Vysílací výkon 10 mW – 25 mW
- Pokrytí vysílače v budově obvykle 30 m (v závislosti na vysílacím výkonu a typu konstrukci)
- Pokrytí vysílače ve volném prostoru až 300 m
- Minimální vzdálenost RF zařízení od zdroje elektromagnetického záření se doporučuje 1 m. (mikrovlnná trouba)
- Při vzdálenosti přenosové trasy uvnitř objektu větší než 30 m (v závislosti na konstrukci i méně) je nutné nasadit RF zesilovač mezi přijímač a vysílač. Paralelně je možné využít až 3 RF zesilovače.

Pro snížení pořizovacích a provozních nákladů je možné instalovat KNX RF zařízení nejen s obousměrnou komunikací, která jsou navíc vždy připravena přijímat data. Používá se také obousměrná komunikace se synchronním příjmem pro přístroje napájené baterií, aby se snížila spotřeba. Je možné instalovat i zařízení s jednosměrnou komunikací, tedy pouze vysílání, což je vhodné pro detektory s bateriovým napájením. [29]

4.1 Komunikace na sběrnici

4.1.1 Topologie

KNX systém, jak už bylo řečeno je decentralizovaný a skládá se z více úrovní. Základním liniovým prvkem je hlavní linie, ke které lze v případě potřeby pomocí liniových spojek (LS) připojit až 15 základních linií, čímž vznikne jedna oblast. Na každou z linií lze připojit až 64 sběrnicových zařízení a napájecí zdroj s tlumivkou. U větších instalací se využívají oblastní spojky, které nám umožní propojit až 15 oblastí.

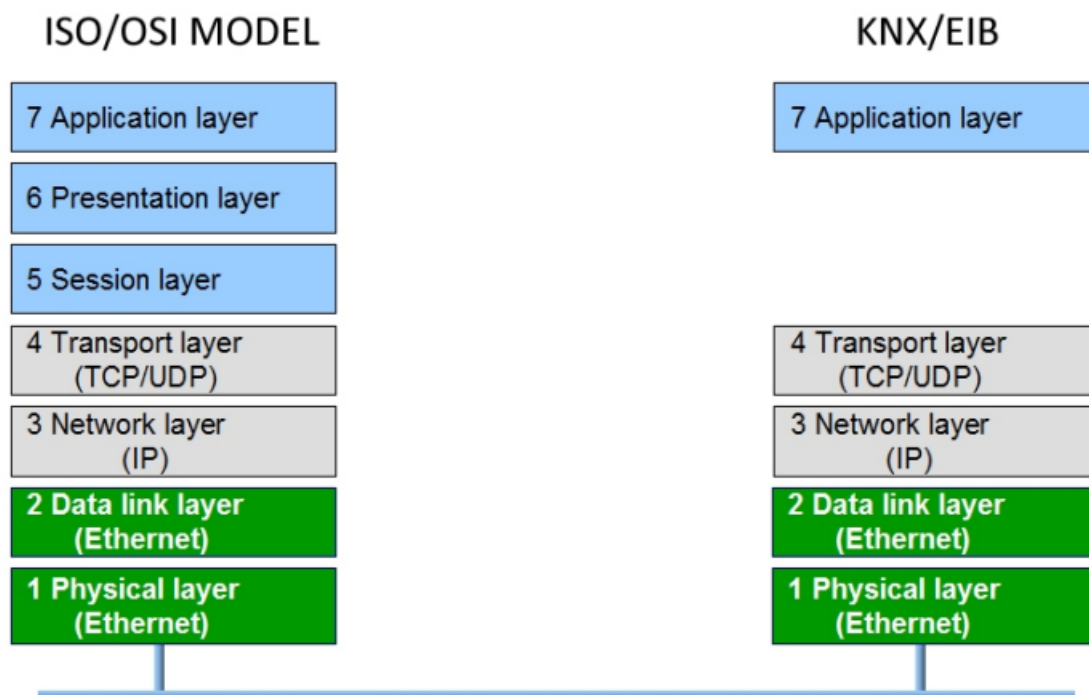


Obr. 18. Úplné topologické uspořádání systémové instalace KNX/EIB

Při projektování je nutné v počtu zařízení ponechat určitou rezervu, která umožní pozdější instalaci dalších zařízení v každé linii. V případě potřeby rozšíření počtu účastníku v jedné linii je třeba využít zesilovač nebo opakovač. Do každé linie, kromě hlavní, je možné umístit až 3 liniové zesilovače. Každá z těchto až tří vytvořených podružných linií může obsahovat standardně 64 sběrnicových zařízení. Při plném rozšíření KNX systému lze tedy teoreticky zapojit až 58384 funkčních účastníků, což vyhovuje i těm nejnáročnějším aplikacím. [29]

4.1.2 KNX protokol

Základ pro protokol KNX vychází ze sedmivrstvého ISO/OSI modelu, ale neobsahuje všechny jeho vrstvy. Každá vrstva má svou definovanou funkci a pro svou činnost využívá služby nižší vrstvy, a naopak poskytuje informace vrstvě vyšší. [29]



Obr. 19. ISO/OSI model

Fyzická vrstva – popisuje mechanické a elektrické vlastnosti použitého fyzického média. Určuje pravidla pro typ konektoru, typ kabelu, jeho impedance a parazitní kapacitu. Systém KNX umožňuje využít a kombinovat několik standardů.

Linková vrstva – zajišťuje správné uspořádání dat do rámců a kontrolu chyb.

Síťová vrstva – provádí segmentaci rámců a předává informace nadřazené transportní vrstvě o směrování.

Transportní vrstva – vytváří pravidla komunikačního propojení, vysílání a příjem informací.

Aplikační vrstva – poskytuje řadu služeb a aplikačních procesů v závislosti na typu použité komunikace.

Ověřovací byte – slouží k rozpoznání chyb vzniklých při přenosu KNX rámce.

Před vysláním telegramu je po dobu rovnající se 50 bitů, což je pro rychlost 9,6 kbit/s 5,2 ms, kontrolována volnost sběrnice. Jakmile dojde k odeslání telegramu, čeká se dalších 13 bitů na potvrzení, v našem případě 1,35 ms. Celkový čas pro odeslání telegramu je závislý na délce informací. Dle složitosti 20 až 40 ms. Potvrzení může nabývat několika stavů a při neobdržení potvrzení může vysílající člen znovu zaslat telegram dle priority až třikrát. [29]

Tab. 15. Stav potvrzení

Stav Potvrzení	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BUSY (účastník je zaneprázdněn)	1	1	0	0	0	0	0	0
NACK (negative acknowledge)	0	0	0	0	1	1	0	0
ACK (acknowledge)	1	1	0	0	1	1	0	0

4.1 Programovací nástroj ETS

ETS (Engineering Tool Software) je jednotný nástroj pro programování a oživení systému KNX/EIB vyvíjený a dodávaný asociací KNXA. Jednotnost programovacího softwaru pro všechny KNX zařízení dodávaných od různých výrobců zaručuje jejich následnou kompatibilitu. Jednotliví výrobci dodávají pouze aplikační software, který se při programování importuje do ETS. [29]

KNXA při jeho dvacátém výročí vydala novou, v pořadí už čtvrtou, verzi softwaru ETS 4. Tato verze je dostupná v několika provedeních a licence může být buď vázaná na ID PC, nebo volná:

Tab. 16. Ceny ETS 4

Verze	Omezení	Cena (Bez DPH)
ETS4 Demo	Maximálně 3 KNX zařízení na projekt	Zdarma
ETS4 Lite	Maximálně 20 KNX zařízení na projekt	100 €
ETS4 Profesional	Bez omezení	900 €
ETS4 Supelementary	Maximálně dvě licence s hlavním ETS4 Profesional	50 €

4.1.1 Projektová databáze

Projektová databáze obsahuje data o produktech a také projektová data dodána uživatelem. Před samotným programováním a parametrizováním zařízení se nejprve musí do databáze importovat data o produktech, která jsou dodávána výrobcem zařízení. Pro správnou funkci je vhodné používat nejnovější databanky produktů z online databáze výrobce. [29]

4.1.2 Projektování

Při projektování se realizuje koncepce, která je stanovena v zadání systému. Dle velikosti projektu může být přístup k řešení rozdílný, můžeme však stanovit několik základních pravidel:

- Založení nového projektu
- Návrh struktury zapojení a funkcí
- Výběr přístrojů
- Parametrizace přístrojů
- Vložení individuálních adres
- Definovat a přidělit skupinové adresy

U prvního programování je nutné nastavit individuální adresy do jednotlivých přístrojů a to tak, že při nahrávání příslušného programu stiskneme na výzvu programu ETS programovací tlačítko. Poté co byla individuální adresa jednou naprogramována, není nutné při nové parametrizaci znovu adresu nastavovat. [29]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 KONCEPCE ŘEŠENÍ PRO KONKRÉTNÍ REKONSTRUKCI PLÁŠTĚ BUDOVY

V této kapitole se nachází hodnocení původního stavu konstrukcí a na jeho základě návrh konstrukčních úprav.



Obr. 21. 3D vizualizace domu po rekonstrukci v programu ArchiCAD

5.1 Okrajové podmínky

Dům se nachází ve městě Kelč, v nadmořské výšce 310 m n.m. Je situovaný na jih a jedná se o samostatnou dvoupatrovou stavbu s podsklepením a podkrovím. Je určen pro celoroční užívání až dvou rodin.

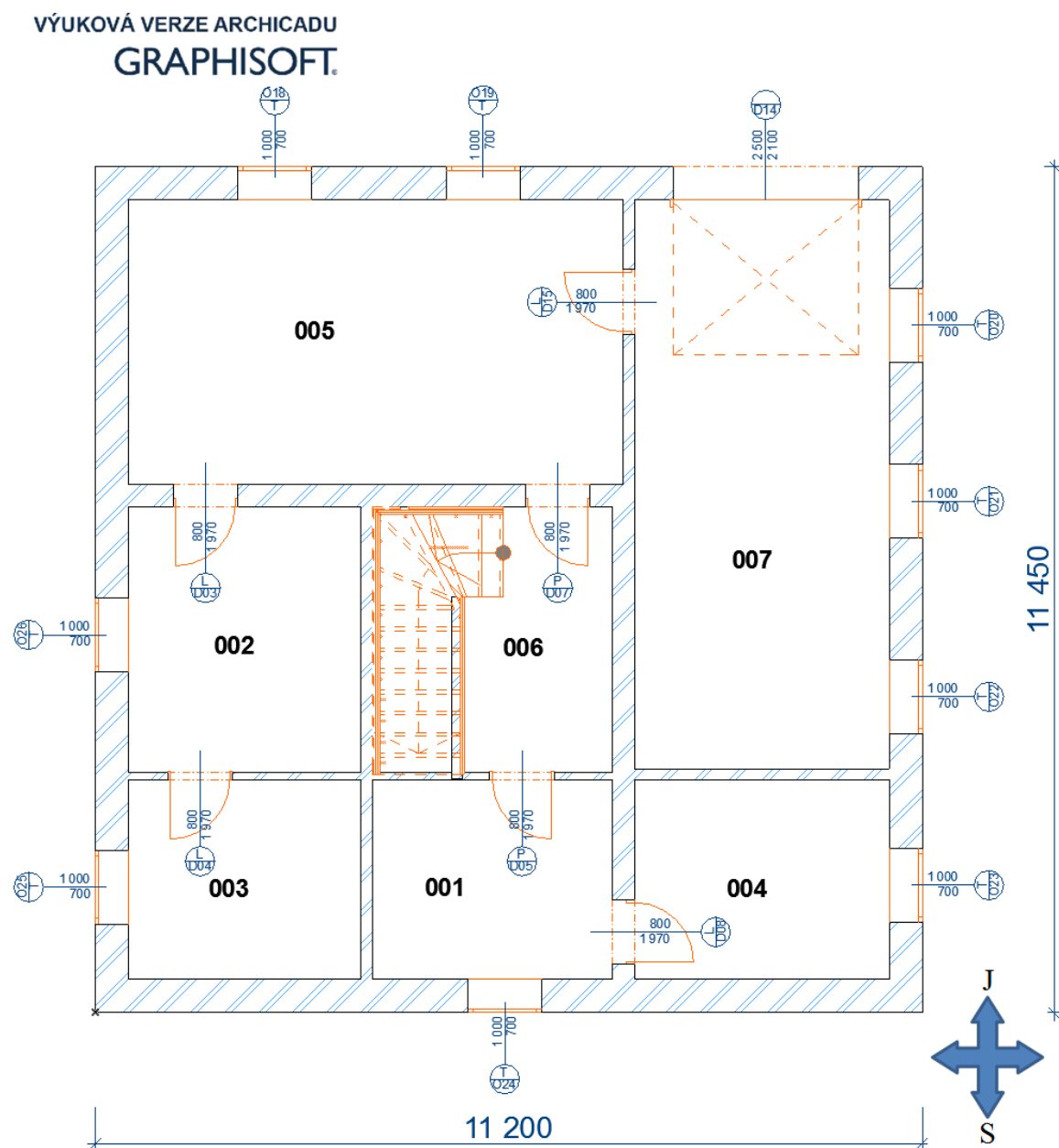
Tab. 17. Okrajové podmínky

Město	Kelč
Nadmořská výška	310 m n.m.
Délka otopného období	242 dní
Průměrná venkovní teplota přes otopné období	3,8 °C
Výpočtová venkovní teplota	-15 °C

5.2 Popis stavu budovy

Dvoupatrový rodinný dům s podsklepením a podkrovím byl dostaven roku 1992. Dům stojí v klidné lokalitě a to ve městě Kelč. Je navržen jako dvougenerační, přičemž jednotlivé generační části jsou odděleny podlažím. Stávající orientace domu je velmi příznivá, většina prosklených ploch je situována na jižní stranu, díky čemuž bude ideálně využít přímý sluneční svit a to zejména při nízkém zimním slunci, neboť dopadajícím paprskům nebrání žádná překážka.

Obvodové zdivo bylo navrženo na tehdejší dobu specifickým způsobem jako „sendvičové“ se skelnou vatou uprostřed a pro dnešní požadavky je nevyhovující zejména z pohledu kondenzace vodních par. Proto bude zapotřebí rodinný dům rekonstruovat.

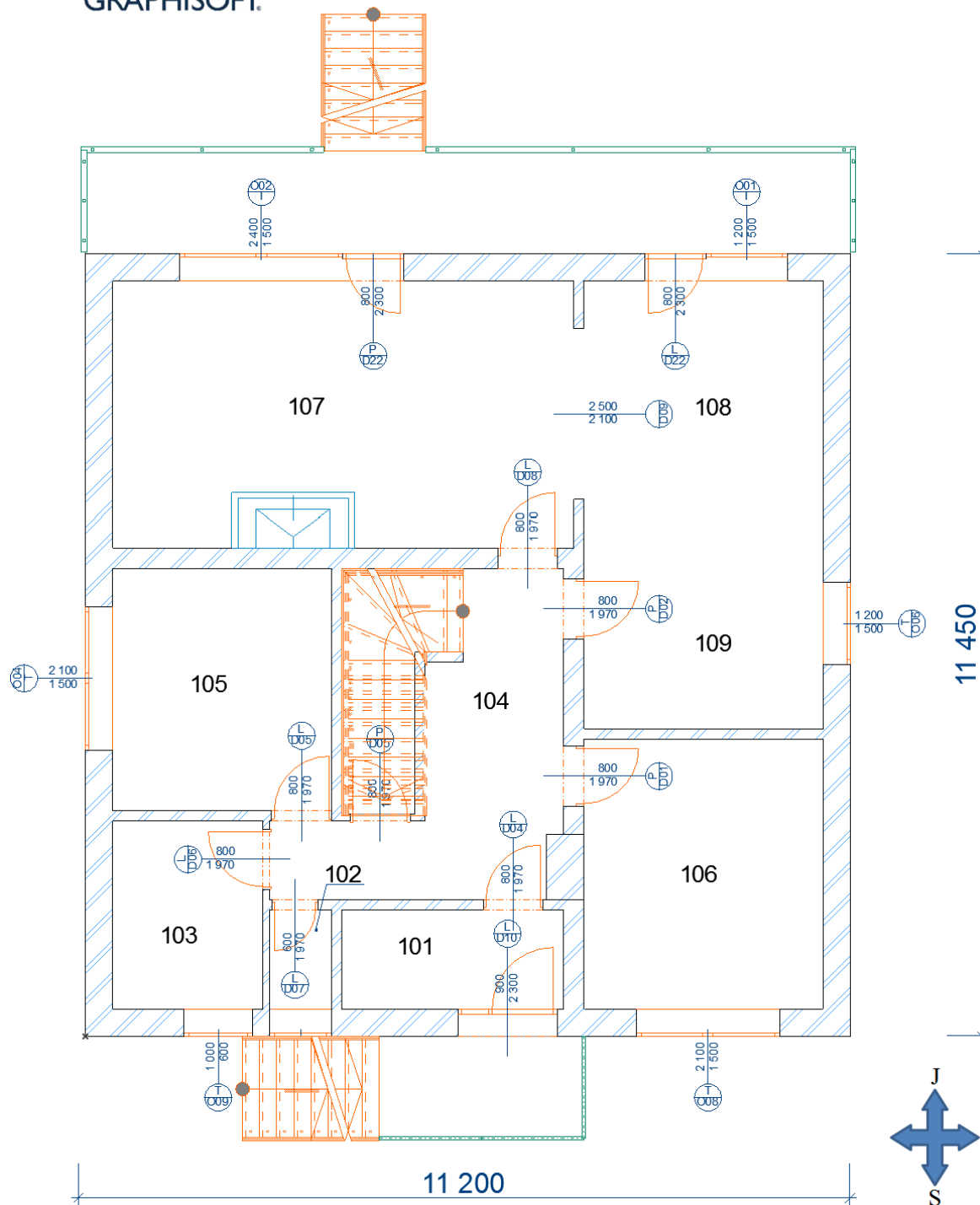


Obr. 22. Půdorys 1. PP

Tab. 18. Rozpis místností 1. PP

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha podlahy [m ²]	Objem vzduchu [m ³]
001	Kotelna	11,4	19,6
002	Sklad I	11,6	19,4
003	Sklad II	14,4	24,6
004	Sklad III	13,0	20,2
005	Prádelna	32,2	56,7
006	Chodba + sch.	13,4	26,2
007	Dílna	26,6	57,6

VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU
GRAPHISOFT.



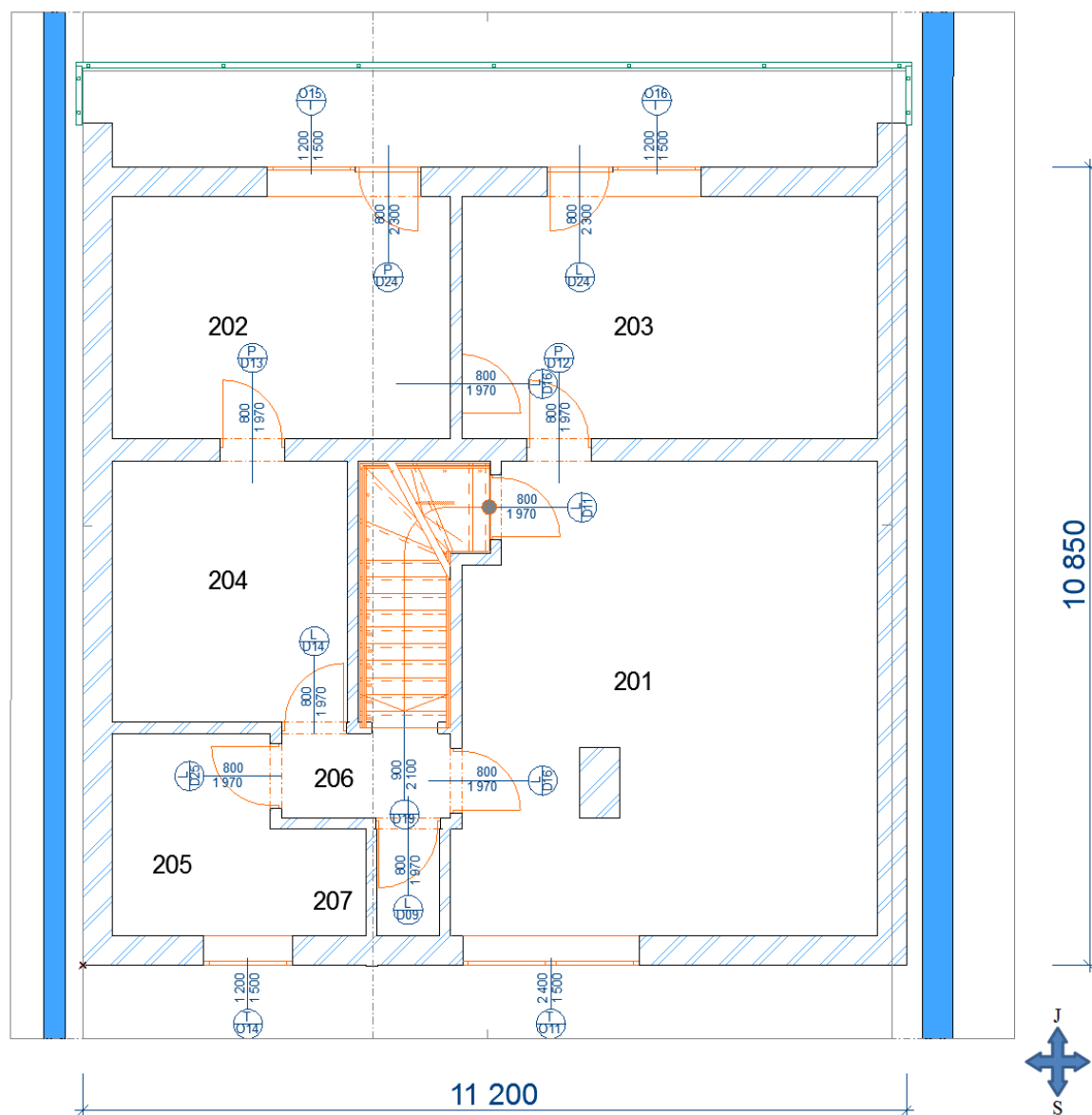
Obr. 23. Půdorys I. NP

Tab. 19. Rozpis místností 1. NP

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha podlahy [m^3]	Objem vzduchu [m^3]
101	Předsíň	4,7	12,5
102	WC	1,3	3,5
103	Koupelna	6,1	16,2
104	Chodba + schodiště	17,4	46,1
105	Pokoj I	11,4	30,2
106	Pokoj II	13,8	36,6
107	Obývací pokoj	26,3	69,7
108	Jídelna	13,7	36,3
109	Kuchyň	9,3	24,5

VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU

GRAPHISOFT.



Obr. 24. Půdorys 2. NP

Tab. 20. Rozpis místností 2. NP

Číslo místnosti	Název místnosti	Plocha podlahy [m^3]	Objem vzduchu [m^3]
201	Obývací pokoj	35,5	80,8
202	Pokoj I	15,2	37,4
203	Pokoj II	18,7	42,7
204	Kuchyň	11,4	27,7
205	Koupelna	8,8	21,3
206	Chodba	2,7	6,9
207	WC	1,3	3,3

Přízemí a 1. patro je kompletně vytápěné, v suterénu je vytápěna jen místnost 001 - sušárna a místnost 007 - dílna. V ostatních místnostech je vytápění nežádoucí.

5.3 Posouzení konstrukcí budovy

Pro porovnání je zde uveden původní stav konstrukcí před rekonstrukcí. Hodnoty nevyhovují požadavkům pro nízko energetický dům a především v zimním období se vyskytují problémy s kondenzací vodních par.

5.3.1 Skladba původních konstrukcí

Tab. 21. Součinitel prostupu tepla původních plášťových konstrukcí

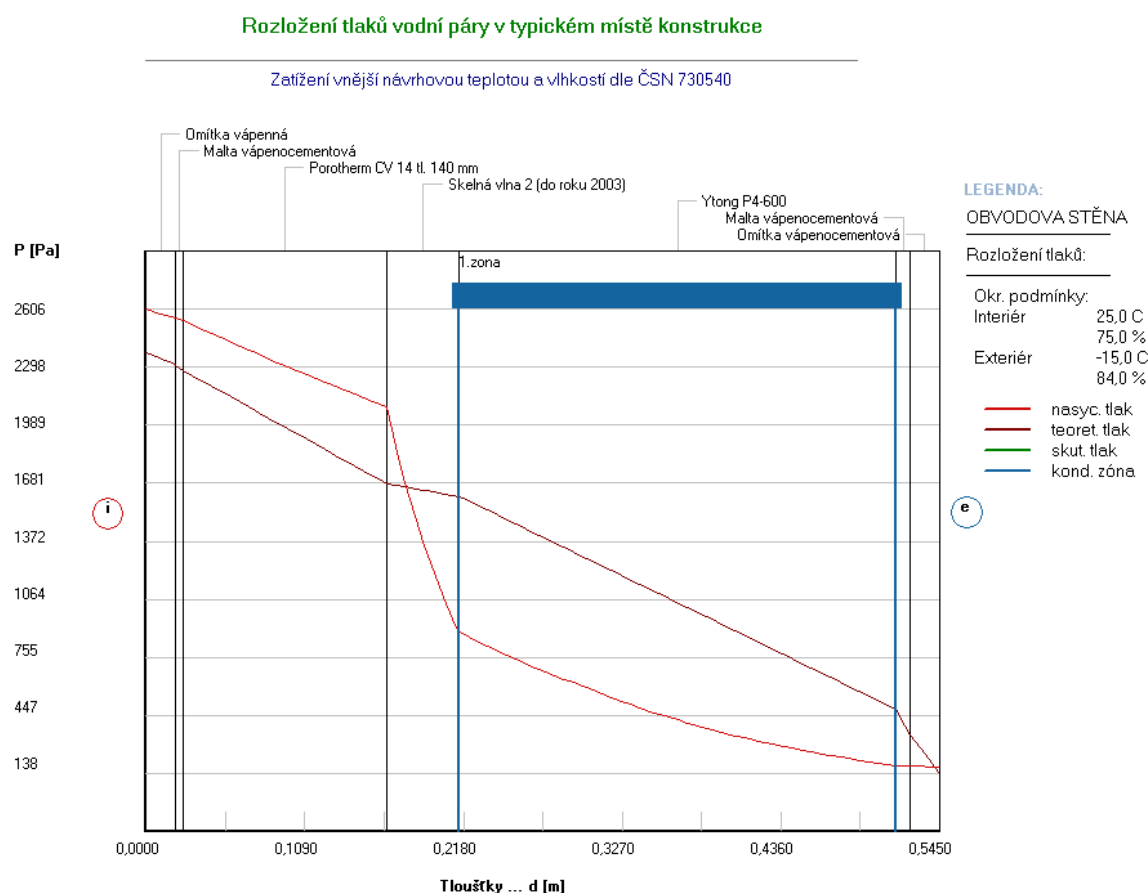
Stavební konstrukce	Složení	Součinitel prostupu tepla $U[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$		
		Vypočítaný	Požadovaný	Doporučený
Obvodová stěna	Porotherm CV 14 tl. 140 mm, Skelná vlna, Ytong P4-600, malta, omítky	0,59	0,3	0,2
Střecha	Pálená taška, latě, kontralatě, krokve, vzduchová mezera, skelná vlna, parozábrana, sádrokarton	0,5	0,24	0,16
Obvodová stěna se zeminou	Beton hutný, malta, hydroizolace, omítky	1,52	0,85	0,6
Podlaha sklep	Podkladový armovací beton, hydroizolace, betonová mazanina, keramická dlažba	1,73	0,85	0,6
Okno	Decplast Energo plus 76, trojsklo, šest komor	0,85	1,7	1,2
Okno sklep	Obyčejné sklo, kovový rám	3,00	1,7	1,2
Vstupní dveře	Dveře Euro 78 (zasklení 25%)	1,1	1,7	1,2

Z tabulky (Tab. 21) vyplývá, že mnohé konstrukční prvky obvodového pláště nesplňují ani požadované hodnoty součinitele prostupu tepla dle normy ČSN 73 0540 [33]. Tyto

konstrukce se výrazně podílejí na celkové spotřebě energie, a proto je vhodné objekt rekonstruovat.

Pro výpočet byl použit program Stavební fyzika 2011, který je v souladu s několika normami. Analýza konstrukcí z hlediska součinitele prostupu tepla byla řešena v programu Stavební fyzika modul Teplo.

Posouzení konstrukce z pohledu zkondenzované vodní páry dle normy ČSN 730540 [30]. Výstupem je graf znázorňující jednotlivé tlaky a místo kondenzace. [30]



Obr. 25. Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Z obrázku je patrné, že se vodní pára kondenzuje v Ytongu a na hranici skelné vlny, což snižuje její tepelné vlastnosti a zvyšuje riziko množení mikroorganismů. Z datového výstupu je důležitý parametr zkondenzované vodní páry za rok $1,772 \text{ kg/m}^2$, který je vyšší než množství vypařené vodní páry za rok $0,500 \text{ kg/m}^2$.

Celoroční bilance vlhkosti:

Množství zkondenzované vodní páry $M_{c,a}$: $1.772 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$

Množství vypařitelné vodní páry $M_{ev,a}$: $0.500 \text{ kg/m}^2, \text{rok}$

Ke kondenzaci dochází při venkovní teplotě nižší než $15.0 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.3.2 Skladba rekonstruovaných konstrukcí

Navrhované změny při rekonstrukci spočívají v kompletním zateplení celého pláště. Zateplená byla především střecha, konstrukce sousedící se zeminou a také obvodová stěna, na kterou byl použit Baunit open EPS 16mm, okna kromě sklepních zůstala původní, neboť splňovala požadavky.

Tab. 22. *Součinitel prostupu tepla rekonstruovaných plášťových konstrukcí*

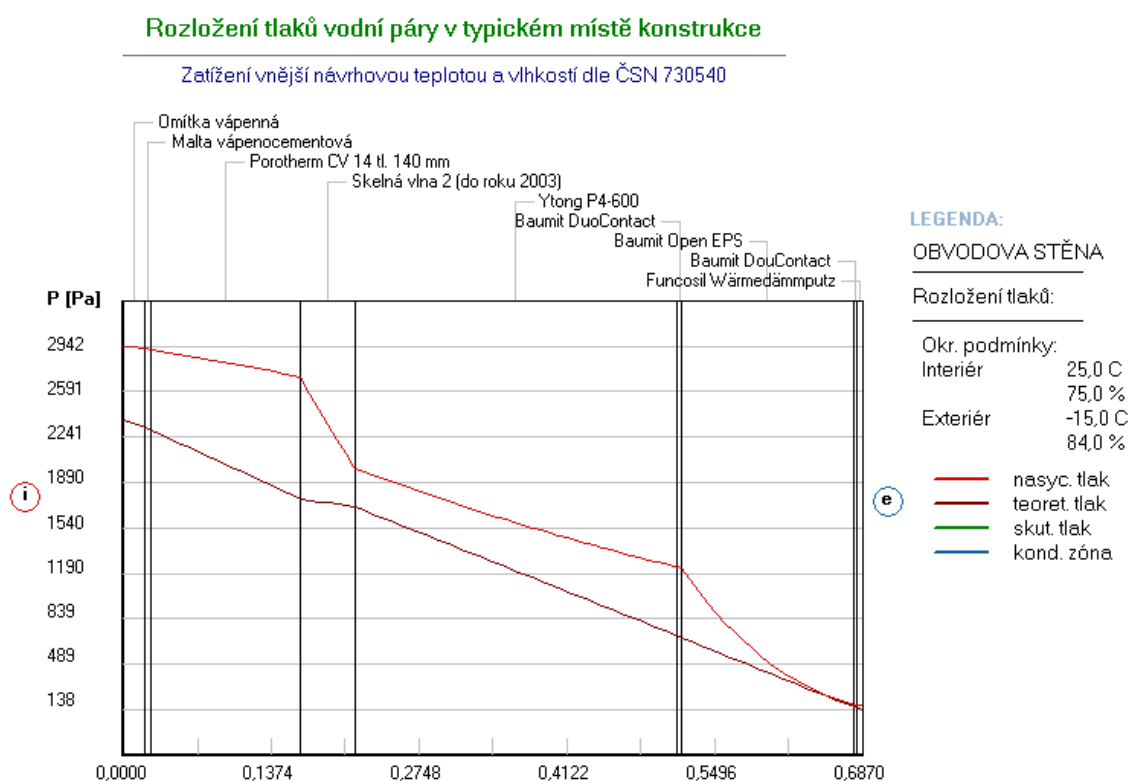
Stavební konstrukce	Složení	Součinitel prostupu tepla $U[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$		
		Vypočítaný	Požadovaný	Doporučený
Obvodová stěna	Porotherm CV 14 tl. 14 mm, Skelná vlna, Ytong P4-600, baunit duoContact, Baunit Open EPS 160mm, omítky	0,12	0,3	0,2
Střecha	Pálená taška, latě, kontralatě, krokve, vzduchová mezera, skelná vlna, parozábrana, sádrokarton	0,19	0,24	0,16
Obvodová stěna se zeminou	Sanační omítky, beton hutný, malta, asfaltová hydroizolace, tepelná izolace isover perimetr 100mm	0,3	0,85	0,6
Podlaha sklep	Podkladový armovací beton, hydroizolace, betonová mazanina, isover EPS DD Universal 100mm, keramická dlažba	0,35	0,85	0,6
Okno	Decplast Energo plus 76, trojsklo, šest komor	0,85	1,7	1,2
Okno sklep	Decplast Energo 76,	1,1	1,7	1,2
Vstupní dveře	Dveře Euro 78 (zasklení 25%)	1,1	1,7	1,2

Tab. 23. Součinitel přestupu tepla obvodové stěny

Materiál	$d[m]$	$\lambda[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$
Omítka vápenocementová	0,02	0,87
Malta vápenocementová	0,01	0,97
Porotherm CV 14 tl. 14 mm	0,14	0,56
Skelná vlna	0,05	0,06
Ytong P4-600	0,30	0,20
Malta vápenocementová	0,01	0,97
Vnější omítka	0,02	0,99
Celkem	0,55	0,59

Plášť splňuje požadavky z hlediska kondenzace vodních par dle normy ČSN 730540 [30].

V graf (Obr. 26) z programu teplo 2011 je patrné, že ke kondenzaci nedochází vůbec.



Obr. 26. Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce

Navržené obvodové zdivo je z hlediska kondenzace vodních par zcela vyhovující a během ročního cyklu nedochází v žádném místě obvodové konstrukce ke kondenzaci, můžeme tedy pro výpočet tepelných ztrát použít navrženou skladbu obvodového zdiva.

5.4 Tepelná ztráta

Tepelné ztráty byly počítány na základě normy ČSN EN 12831 [32]. Norma stanoví postup výpočtu přiváděného tepla, které je nutné k bezpečnému dosažení navrhované výpočtové vnitřní teploty. Používá se pro standardní případy při návrhových podmínkách. Za standardní případy se považují budovy s maximální výškou místnosti 5 m a vytápěním do ustáleného stavu. [32]

Pro výpočet je nutné znát okrajové podmínky především venkovní výpočtovou teplotu uvedenou v tabulce (*Tab. 17*) a vnitřní výpočtovou teplotu. Vnitřní výpočtové teploty jsou také v souladu se zmíněnou normou a jsou uvedeny v tabulce (*Tab. 24*). Výpočty jsou provedeny v programu stavební fyzika modul ztráty.

Celková tepelná ztráta vytápěného prostoru se počítá jako součet jednotlivých tepelných ztrát přechodem a tepelných ztrát větráním. [32]

$$\Phi_i = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} \quad (19)$$

kde

Φ_i – celková tepelná ztráta [W]

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

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

Návrhová tepelná ztráta prostupem se počítá jako součet součinitelů jednotlivých tepelných ztrát vynásobený rozdílem výpočtové vnitřní a venkovní teploty.

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (20)$$

kde

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

$H_{T,ie}$ – součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do exteriéru [W/K]

$H_{T,iue}$ – součinitel tepelné ztráty skrz nevytápěný prostor do venkovního prostředí [W/K]

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

$H_{T,ij}$ – součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do prostoru s výrazně odlišnou teplotou [W/K]

θ_i – výpočtová vnitřní teplota prostoru [$^{\circ}\text{C}$]

θ_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Návrhová tepelná ztráta větráním se dle normy počítá jako násobek součinitele navrhované ztráty větráním s rozdílem výpočtové vnitřní a venkovní teploty

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} \cdot (\theta_i - \theta_e) \quad (21)$$

kde

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

$H_{V,i}$ – součinitel návrhové ztráty větráním [W/K]

θ_i – výpočtová vnitřní teplota prostoru [$^{\circ}\text{C}$]

θ_e – výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

Součinitel návrhové ztráty větráním se počítá z objemu prostoru a minimální intenzity výměny vzduchu.

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i \cdot n_{min} \quad (22)$$

kde

$H_{V,i}$ – součinitel návrhové ztráty větráním [W/K]

V_i – objem místnosti [m^3]

n_{min} – minimální intenzita výměny vzduchu [1/h]

Součinitel tepelné ztráty z vytápěných prostor přímo do venkovního prostředí včetně tepelných mostů se počítá pomocí následující vzorce. [32]

$$H_{T,ie} = \sum A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum \Psi_i \cdot l_i \cdot e_i \quad (23)$$

kde

A_k – plocha konstrukční části [m^2]

U_k – součinitel prostupu tepla jednotlivé konstrukce určený dle norem EN ISO 6946 a EN ISO 10077 [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

Ψ_i – součinitel lineárního prostupu tepla lineárním tepelným mostem dle tabulky v EN ISO 14683 nebo vypočten dle EN ISO 10211 [W/mK]

l_i – délka lineárního tepelného mostu mezi interiérem a exteriérem [m]

e_i – korekční činitel povětrnostních vlivů

5.4.1 Tepelná ztráta původního stavu

Tepelná ztráta prostupem

Tepelná ztráta prostupem je způsobena vedením tepla z vnitřního prostředí. Tepelná ztráta je závislá především na kvalitě tepelné izolace budovy a rozdílu mezi vnitřní a venkovní výpočtovou teplotou.

Tepelná ztráta jednotlivých místností se počítá jako součet ztrát skrz jednotlivé konstrukce. Výsledná celková ztráta objektu prostupem se počítá jako součet ztrát prostupem jednotlivých místností.

Tepelná ztráta větráním

V budově není instalována vzduchotechnická soustava, tudíž větrání je zajištěno přirozeným větráním za pomoci oken a dveří. Přiváděný vzduch má teplotu venkovního vzduchu neboť není využita žádná rekuperační jednotka. Tepelná ztráta je tedy přímo úměrná rozdílu teplot vnitřní a venkovní výpočtové teplotě.

Minimální intenzita větrání je určena z normy ČSN EN 15 665/Z1[33] pro obytné místnosti na hodnotu 0,5 l/h, tedy za jednu hodinu musí být vyměněna polovina objemu vzduchu jednotlivé místnosti. [33]

Tab. 24. Tepelná ztráta větráním

	Číslo místnosti	Název místnosti	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Objem vzduchu [m ³]	Tepelná ztráta větráním Φ _{T,i} [W]	Tepelná ztráta prostupem Φ _{T,i} [W]
1. PP	001	Kotelna	25	19,6	133	567
	002	Sklad I	10	19,4	82	196
	003	Sklad II	12	24,6	113	178
	004	Sklad III	15	20,2	100	321
	005	Prádelna	18	56,7	319	817
	006	Chodba + sch.	16	26,2	138	65
	007	Dílna	18	57,6	323	660
	PP celkem:				1208	2803
1. NP	101	Předsíň	15	12,5	64	200
	102	WC	20	3,5	21	114
	103	Koupelna	24	16,1	107	642
	104	Chodba + sch.	20	46,1	274	596
	105	Pokoj I	20	30,2	180	431
	106	Pokoj II	20	36,6	215	798
	107	Obývací pokoj	20	130,6	777	1948
	108	Jídelna				
	109	Kuchyň				
	1. NP celkem:				1638	4730
2. NP	201	Obývací pokoj	20	80,8	481	1960
	202	Pokoj I	20	37,4	223	1193
	203	Pokoj II	20	42,7	254	1321
	204	Kuchyň	20	27,7	165	560
	205	Koupelna	24	21,3	141	883
	206	Chodba	20	6,9	41	64
	207	WC	20	3,3	20	154
	2. NP celkem:				1324	6134
	Tepelná ztráta větráním celkem:				4170	13667

Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta se počítá jako součet tepelné ztráty prostupem a tepelné ztráty větráním.

$$\Phi_i = 13,667 + 4,170 = 17,839 \text{ kW}$$

5.4.2 Tepelná ztráta po rekonstrukci

Výpočet tepelných ztrát po rekonstrukci byl provedený stejnou metodou jako výpočet tepelných ztrát před rekonstrukcí. Celkový objem vytápěných prostor zůstal zachován.

Tepelná ztráta prostupem

Místnost se záporným prostupem tepla naznačuje převažující zisk místnosti z okolních vytápěných prostor nad ztrátami.

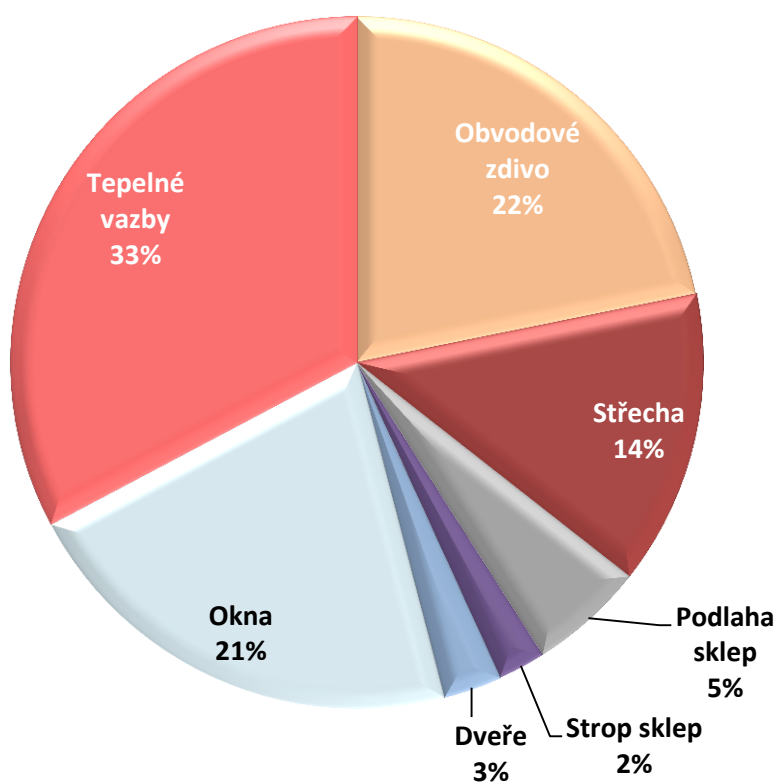
Tab. 25. Tepelná ztráta prostupem po rekonstrukci

	Číslo místnosti	Název místnosti	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Tepelná ztráta prostupem $\Phi_{T,i}$ [W]
1. PP	001	Kotelna	25	340
	002	Sklad I	10	82
	003	Sklad II	12	77
	004	Sklad III	15	124
	005	Prádelna	18	344
	006	Chodba + schodiště	16	32
	007	Dílna	18	270
	PP celkem:			1276
1. NP	101	Předsíň	15	58
	102	WC	20	59
	103	Koupelna	24	301
	104	Chodba + schodiště	20	224
	105	Pokoj I	20	272
	106	Pokoj II	20	391
	107	Obývací pokoj	20	1070
	108	Jídelna		
	109	Kuchyň		
	1. NP celkem:			2375
2. NP	201	Obývací pokoj	20	800
	202	Pokoj I	20	496
	203	Pokoj II	20	562
	204	Kuchyň	20	206
	205	Koupelna	24	358
	206	Chodba	20	-1
	207	WC	20	63
	2. NP celkem:			2483
Tepelná ztráta prostupem celkem:			6134	

Jednotlivé konstrukce se na celkové tepelné ztrátě prostupem podílí dle následující tabulky a grafu:

Tab. 26. Ztráta prostupem jednotlivých konstrukcí

Konstrukce	Ztráta prostupem		Plocha [m ²]
	[kW]	[%]	
Obvodové zdivo	1,045	10,10	231,3
Zdivo se zeminou	0,12	1,20	60,5
Podlaha sklep	0,331	3,20	128,6
Vnitřní nosné zdivo	0,173	1,70	54,9
Sklepní dveře	0,091	0,90	6,4
Strop sklep	0,137	1,30	181,8
Střecha	0,846	8,20	126
Okna sklep	0,181	1,80	4,5
Střešní okna	0,083	0,80	1,8
Okna	1,041	10,10	30,3
Dveře do exteriéru	0,076	0,70	2
Tepelné vazby	2,01	19,50	---



Obr. 27. Rozložení tepelných ztrát konstrukcemi

Tepelná ztráta větráním

Tepelná ztráta větráním zůstala po rekonstrukci stejná, neboť je stále počítáno se stejnými místnostmi a minimální potřeba větrání zůstala zachována.

$$\Phi_{V,i} = 4170 \text{ W}$$

Celková tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta je po zateplení domu asi o 9 kW energeticky úspornější

Tab. 27. Celková tepelná ztráta po rekonstrukci

	Číslo místnosti	Název místnosti	Vnitřní výpočtová teplota [°C]	Objem vzduchu [m ³]	Celková tepelná ztráta Φ _{T,i} [W]
1. PP	001	Kotelna	20	19,6	473
	002	Sklad I	10	19,4	164
	003	Sklad II	12	24,6	190
	004	Sklad III	15	20,2	224
	005	Prádelna	18	56,7	662
	006	Chodba + schodiště	16	26,2	170
	007	Dílna	18	57,6	601
	1. PP celkem:				2484
1. NP	101	Předsíň	15	12,5	122
	102	WC	20	3,5	80
	103	Koupelna	24	16,1	408
	104	Chodba + schodiště	20	46,1	492
	105	Pokoj I	20	30,2	452
	106	Pokoj II	20	36,6	606
	107	Obývací pokoj	20	130,6	1847
	108	Jídelna			
	109	Kuchyň			
	1. NP celkem:				4013
2. NP	201	Obývací pokoj	20	80,8	1281
	202	Pokoj I	20	37,4	718
	203	Pokoj II	20	42,7	816
	204	Kuchyň	20	27,7	371
	205	Koupelna	24	21,3	499
	206	Chodba	20	6,9	40
	207	WC	20	3,3	82
	2. NP celkem:				3807
	Tepelná ztráta celkem:				10305

Celková tepelná ztráta:

$$\Phi_i = 10,305 \text{ kW}$$

5.4.3 Tepelná stabilita v letním období

Tepelná stabilita byla počítána pro kritickou podkrovní místnost z jižní strany, ve které byla před rekonstrukcí naměřena nejvyšší denní teplota $\theta_{ai,max}$.

Při výpočtu je třeba uvážit zisk od obyvatel, spotřebičů, rozvodného potrubí na teplou vodu. Hlavní zisk tvoří sluneční energie. Výpočet je proveden pro nejproblematictější podkrovní místnost z jižní strany.

Základním požadavkem pro vyhovující tepelnou stabilitu v letním období je udržení maximální teploty $\theta_{ai,max}$ pod hranicí maximální dovolené hodnoty $\theta_{ai,max,N}$ dle tabulky (Tab. 28.). [30]

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (24)$$

kde:

$\theta_{ai,max}$ – maximální denní teplota vzduchu [°C]

$\theta_{ai,max,N}$ – nejvyšší denní přípustná teplota vzduchu [°C]

Tab. 28. Nejvyšší přípustné denní teploty vzduchu v místnosti v letním období ¹

Druh budovy		Nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\theta_{ai,max,N}$ [°C]
Nevýrobní budova ¹⁾		27,0
Ostatní s vnitřním zdrojem tepla	do 25 W/m ³ včetně	29,5
	nad 25 W/m ³ včetně	31,5
¹⁾ U obytných budov je možné připustit překročení požadované hodnoty nejvíce o 2 °C na souvislou dobu nejvíce 2 hodiny během normového dne, pokud s tím investor (stavebník, uživatel) souhlasí.		

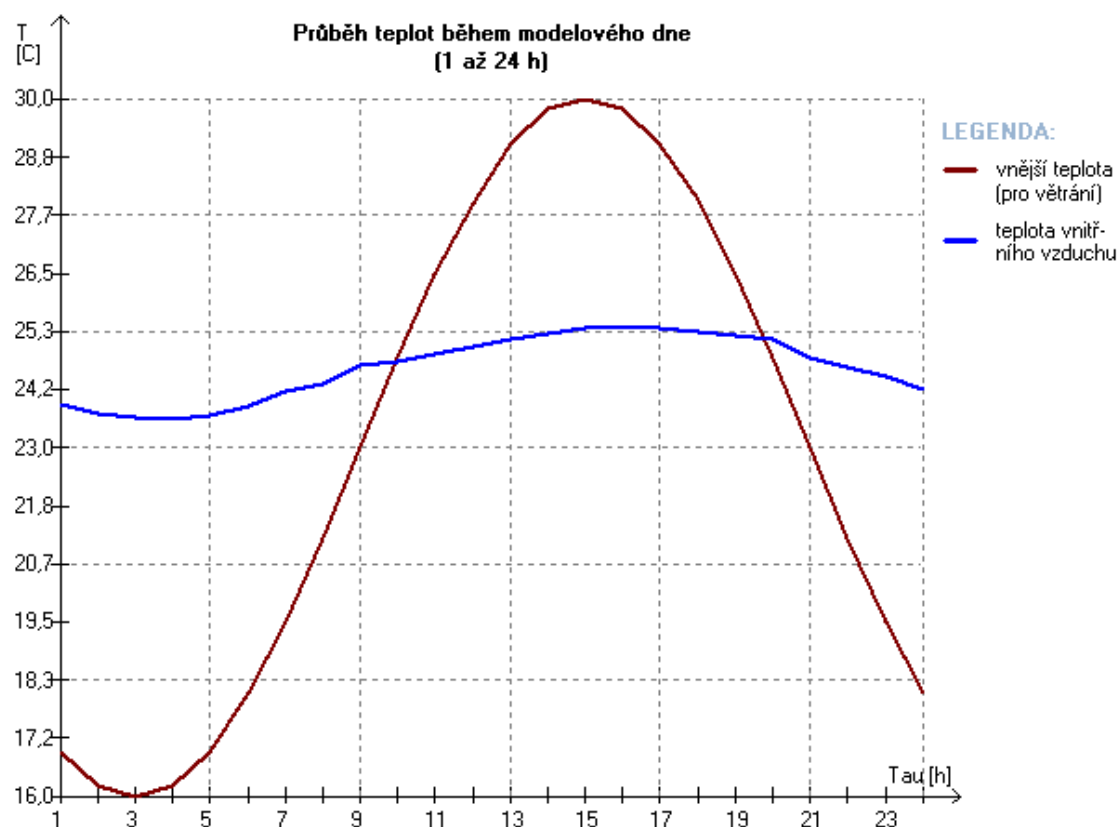
¹ Tabulka převzata z České technické normy ČSN EN 73 0540-2:2011, str. 26, Tabulka 12

VÝSLEDKY VYŠETŘOVÁNÍ ODEZVY MÍSTNOSTI:

Metodika výpočtu:	R-C metoda
Obalová plocha místnosti A_t :	73.00 m ²
Tepelná kapacita místnosti C_m :	11193.1 kJ/K
Ekvivalentní akumulací plocha A_m :	54.07 m ²
Měrný zisk vnitřní konvekce a radiací H_{is} :	251.63 W/K
Měrný zisk přes okna a lehké konstrukce H_{es} :	2.12 W/K
Měrný zisk přes hmotné konstrukce H_{th} :	2.84 W/K
Činitel přestupu tepla na vnitřní straně H_{ms} :	92.01 W/K
Činitel prostupu z ext. na povrch hmotných konstrukcí H_{em} :	2.86 W/K

Výsledné vnitřní teploty a tepelný tok:*Tab. 30. Vnitřní teploty a tepelný tok*

Čas	Tepelný tok	Teplota		
		vnitřního vzduchu	střední radiační	výsledná operativní
[h]	[W]	[C]	[C]	[C]
1	600,7	23,54	24,29	24,05
2	577,1	23,35	24,16	23,91
3	570,4	23,25	24,08	23,82
4	577,1	23,22	24,01	23,77
5	600,7	23,28	23,99	23,77
6	694,6	23,49	24,04	23,87
7	747,6	23,52	24,05	23,89
8	842,7	23,84	24,18	24,07
9	934	24,21	24,33	24,29
10	313,3	24,37	24,37	24,37
11	400,9	24,54	24,48	24,5
12	476,6	24,71	24,6	24,63
13	533,1	24,88	24,73	24,78
14	565	25,02	24,85	24,9
15	564,6	25,12	24,94	25
16	529,6	25,17	25,01	25,06
17	457,5	25,15	25,03	25,06
18	352,3	25,06	24,99	25,01
19	269,1	24,95	24,94	24,94
20	251,1	24,89	24,91	24,9
21	740	24,4	24,73	24,63
22	705,8	24,21	24,63	24,5
23	688,1	24,11	24,57	24,42
24	641,1	23,81	24,43	24,24
Minimální hodnota:		23,22	23,99	23,77
Průměrná hodnota		24,25	24,51	24,43
Maximální hodnota:		25,17	25,03	25,06



Obr. 28. Průběh teplot během modelového dne

$$\theta_{ai,max} \leq \theta_{ai,max,N} \quad (25)$$

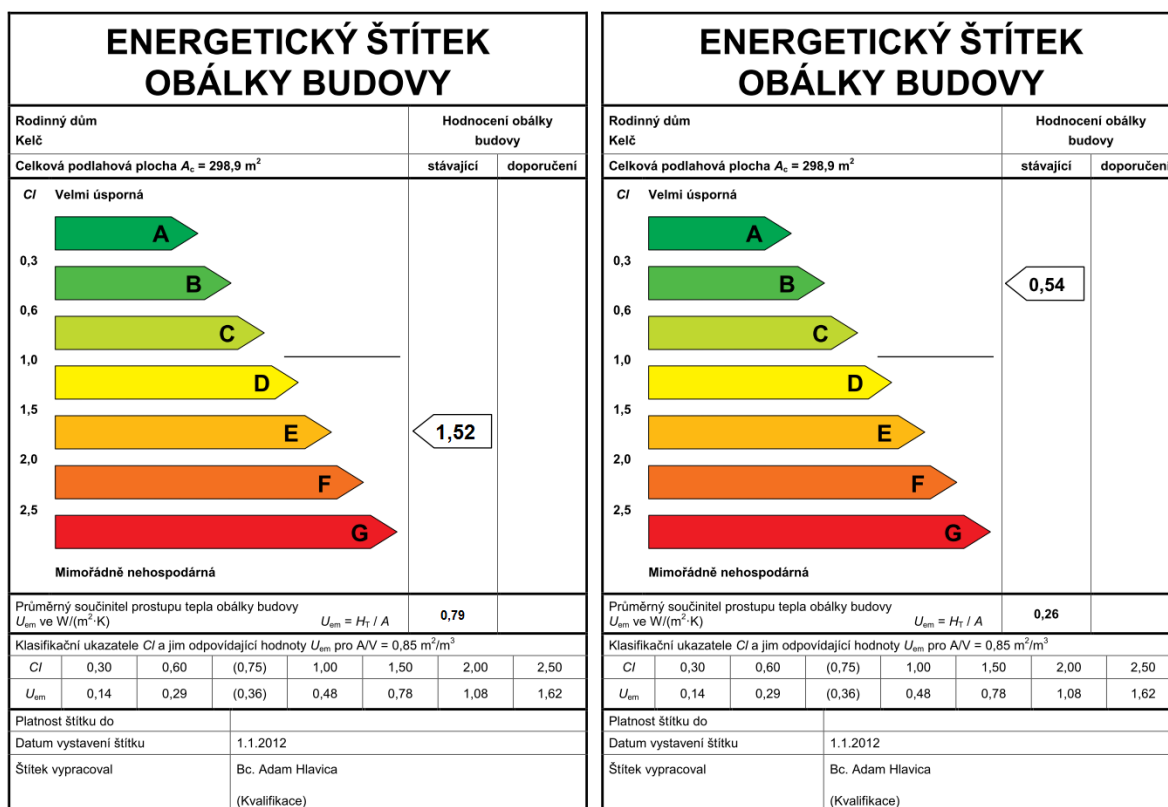
$$25,17^{\circ}\text{C} \leq 27^{\circ}\text{C}$$

POŽADAVEK JE SPLNĚN

Z výše uvedeného výstupu z programu stavební fyzika vyplývá, že v objektu nemusí být řešeno strojní chlazení a dům se v letním období nepřehřívá nad hranici normy.

5.4.4 Energetický štítek budovy

Podle normy ČSN 73 0540 [30] byl průměrný součinitel přestupu tepla rodinného domu před rekonstrukcí $U_{em} = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$, což odpovídá klasifikačnímu ukazateli 1,52 a nevyhovujícímu stupni (E). Průměrný součinitel přestupu tepla po rekonstrukci dosahuje hodnoty $U_{em} = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$, to odpovídá klasifikačnímu ukazateli 0,54 a stupni úsporná B, který splňuje podmínky nízkoenergetického domu. [34]



Obr. 29. Energetický štítek obálky před rekonstrukcí (vlevo) a po rekonstrukci

6 NÁVRH VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU A OHŘEV TEPLÉ VODY

Primárním zdrojem pro vytápění a ohřev teplé vody je navrženo tepelné čerpadlo vzduch-voda, jako bivalentní zdroj je použit stávající plynový kotel. Použitá soustava bude využívat také solární kolektory. Tepelné čerpadlo se zapojeným plynovým kotlem snižuje spotřebu plynu a tím i celkovou spotřebu, navíc díky bivalentnímu zdroji lze použít tepelné čerpadlo s nižším topným faktorem a tím se sníží pořizovací náklady tepelného čerpadla.

6.1 Tepelné čerpadlo

Vzhledem k nedostatečné ploše na instalaci čerpadla země-voda, bylo tepelné čerpadlo zvoleno typu vzduch-voda od firmy Hotjet, konkrétně typ Hotjet 8ASK. Tepelný výkon 7,6 kW bude pro objekt dostačující a při extrémních podmínkách bude automaticky spínán stávající plynový kotel. Tepelné čerpadlo vzduch-voda se navrhuje na 65 až 90% celkové tepelné ztráty s ohledem na návratnost zařízení. Topný faktor dosahuje při vnější teplotě 2°C a výstupní teplotě 35°C velmi slušné hodnoty 3,8. V kombinaci se solárním ohřevem a stávajícím plynovým kotlem zajišťuje tepelné čerpadlo Hotjet 8ASK základní zásobování teplem. Tepelné čerpadlo bylo vybráno na základě poměrně vysokého topného faktoru a nízké pořizovací ceny. [21]

6.2 Solární kolektory

Důležitým prvkem snižující provozní náklady domu, jsou solární kolektory, které primárně slouží na ohřev teplé vody. Solární systém bude skrz integrovaný výměník ohřívat vodu v akumulární nádobě a bude moci dodávat energii i do vytápěcího okruhu. Do návrhu byly vybrány vakuové trubkové kolektory Seido2 s osmi trubicemi a účinností kolektorů pro $I_c = 800 \text{ W/m}^2$ 79,8 % a výtěžnost kolektoru dle EN 12975 je 836 kWh/m^2 za rok. Pro 6 členů domácnosti výrobce doporučuje použít 6 kolektorů, jejichž celková plocha činí $13,56 \text{ m}^2$. [26]

Tedy roční produkce energie solární soustavy můžeme vyčíslit:

$$E = 13,56 \cdot 836 \cdot 10^3 = 11336 \text{ kWh/rok}$$

Výkon kolektoru pro $I_c = 1000 \text{ W/m}^2$ je 1154W, z toho vyplývá, že výkon solární soustavy činí 6,9 kW.

Solární kolektory budou umístěny na vedlejší budově sloužící jako sklad a garáž s ideální jižní orientací a sklonem 35° a trvalým osluněním.

Díky použití kvalitních vakuových trubicových kolektorů je zaručený provoz i za velmi nízkých teplot. Avšak pokud výstupní teplota ze solárního kolektoru bude příliš nízká, (například v noci), tak se uzavře třicestný ventil a případná chladná voda nebude ochlazovat teplou vodu v zásobníku.

Bude použita čerpadlová skupina S2 Solar 3 s oběhovým čerpadlem Wilo ST 25/6 . Maximální provozní teplota je 120°C.

Čerpadlová skupina obsahuje:

- Tlakoměr, teploměry topné a vratné větve
- Solární pojistný ventil 6 bar
- Napouštěcí a vypouštěcí ventily
- Uzavírací ventil, zpětný ventil solární
- Separátor vzduchu
- Průtokoměr s regulací průtoku
- Výstup pro připojení expanzní nádoby

6.3 Bivalentní zdroj

Jako bivalentní zdroj bude sloužit stávající plynový kotel značky Viadrus Grand G36, který bude spínat při extrémních podmínkách, kdy tepelné čerpadlo nebude dosahovat uspokojujícího topného faktoru. Plynový kotel splňuje požadavek na možnost komunikace s ostatními zdroji tepla, především možnost komunikace s tepelným čerpadlem, které může při dosažení bodu bivalence, regulovat plynový kotel.

Výkon kotle činí 17 kW a při výpadku proudu zcela nahradí tepelné čerpadlo.

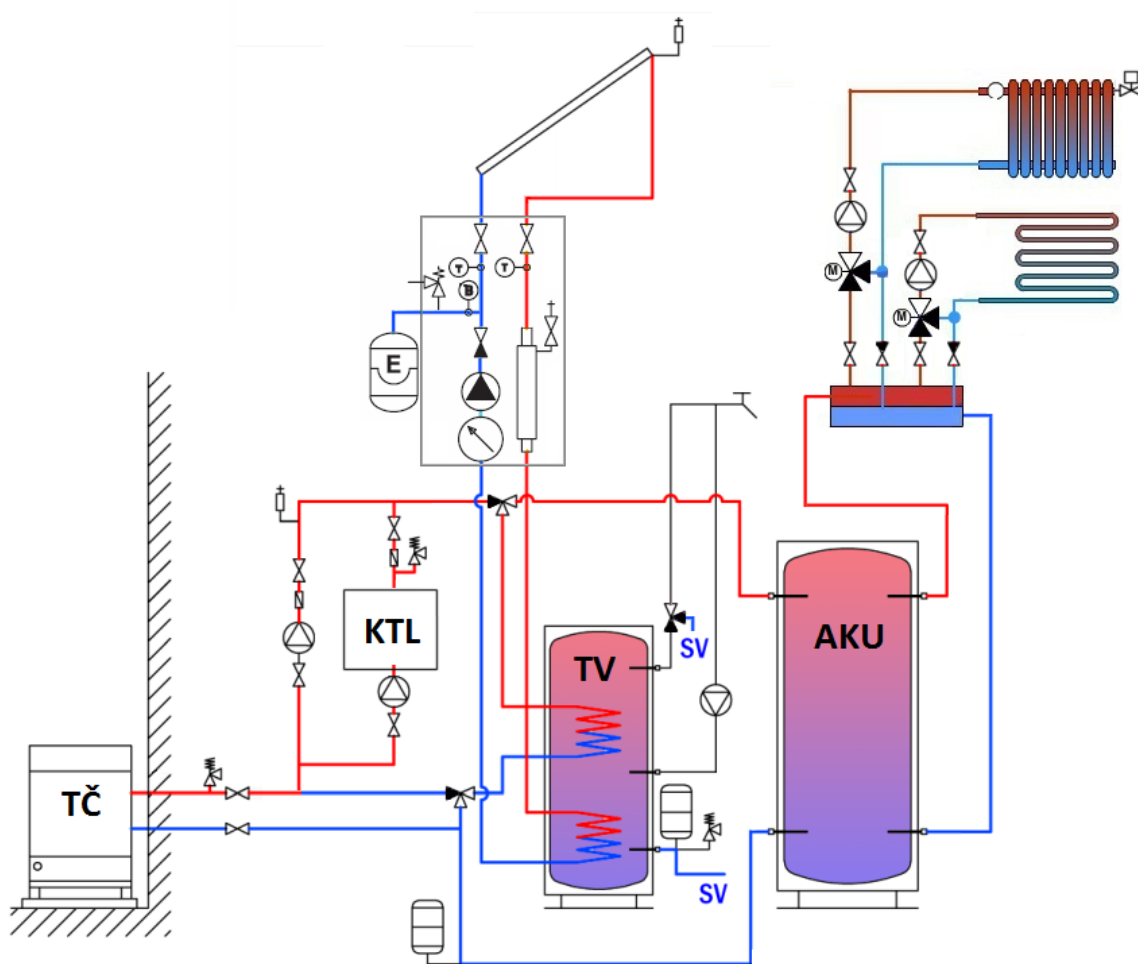
6.4 Hydraulické zapojení

Tepelné čerpadlo se využívá jak na ohřev TV (pokud nestačí energie dodaná solárním systémem), tak na ohřev akumulční nádrže pro vytápění. Při extrémních podmínkách, kdy tepelné čerpadlo nedosahuje dostatečného topného faktoru či jeho výkon nepokryje tepelné ztráty, je do systému zapojen stávající plynový kotel.

Výrobce tepelného čerpadla Hotjet doporučuje stálý provoz čerpadla, proto je v systému navržena akumulční nádrž, kde se akumuluje teplo vyrobené tepelným čerpadlem. Tepelné čerpadlo slouží primárně na nízkoteplotní podlahové vytápění. Jako vyrovnávací zásobník otopné teplé vody jsem použil zásobník typu PSW750-80 od firmy Junkers

skupina Bosch, velikost zásobníku 750 l zajistí příznivé provozní podmínky pro tepelné čerpadlo.

Zásobník teplé vody jsem vybral R2BC300 o objemu 300 l a dvěma smaltovanými hady. Jeden okruh bude využit pro solární kolektory a druhý pro tepelné čerpadlo či plynový kotel. Při ohřevu teplé vody je jako hlavní zdroj využit solární systém, který pokryje většinu potřeby teplé vody. Pokud bude teplo získané ze solárních kolektorů nedostačující pro ohřev teplé vody či bude potřeba nárazově zvýšit teplotu pro dodržení hygienických požadavků, je zapnut pro dohřev plynový kotel a pomocí trojcestného ventilu, je přepnut okruh z tepelného čerpadla na plynový kotel.



Obr. 30. Hydraulické zapojení tepelné soustavy

Tepelné čerpadlo Hotjet 8ASk bude pracovat, aby bylo dosaženo maximálního topného faktoru s výstupní teplotou 35°C. Pro vytápění bude použit primárně podlahový

nízkoteplotní systém, ale v rodinném domě zůstanou i stávající otopné tělesa, která budou ohřívat studený vzduch u prosklených ploch a budou pracovat s nízkou teplotou.

6.5 Ohřev TV

Použitá soustava bude využívat zásobníkový ohřev, ve kterém musí být možnost z hygienických důvodů v určitých periodách zvyšovat teplotu nad 70°C a to bez závislosti na solárním ohřevu. Tento požadavek zajistí stávající plynový kotel. Návrh je v souladu s normou ČSN 060320:2006. [35]

Tab. 31. Údaje pro návrh zásobníku na TV

Počet osob	7
Perioda ohřevu	24 h
Teplota studené vody [θ_1]	10 °C
Teplota teplé vody [θ_2]	55 °C
Poměrná ztráta při ohřevu a rozvodu [z]	0,5

Celková potřeba teplé vody se vypočítá jako součet teplé vody na umývání, mytí nádobí a úklid.

Energie potřebná na ohřev teplé vody je dána normou, která říká, že jedna osoba spotřebuje za den 4,3 kWh, pro 7 osob to činí $Q_{2t} = 30,1$ kWh.

Dále je nutné vypočítat ztracené teplo při ohřevu a distribuci

$$Q_{2z} = Q_{2t} \cdot z \quad (26)$$

kde

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

Q_{2t} – potřeba tepla na ohřev teplé vody [kWh]

z – ztrátový koeficient [-]

$$Q_{2z} = 30,1 \cdot 0,5 = 15,05 \text{ kWh}$$

Celkové dodané teplo je součet tepla potřebného a ztrátového:

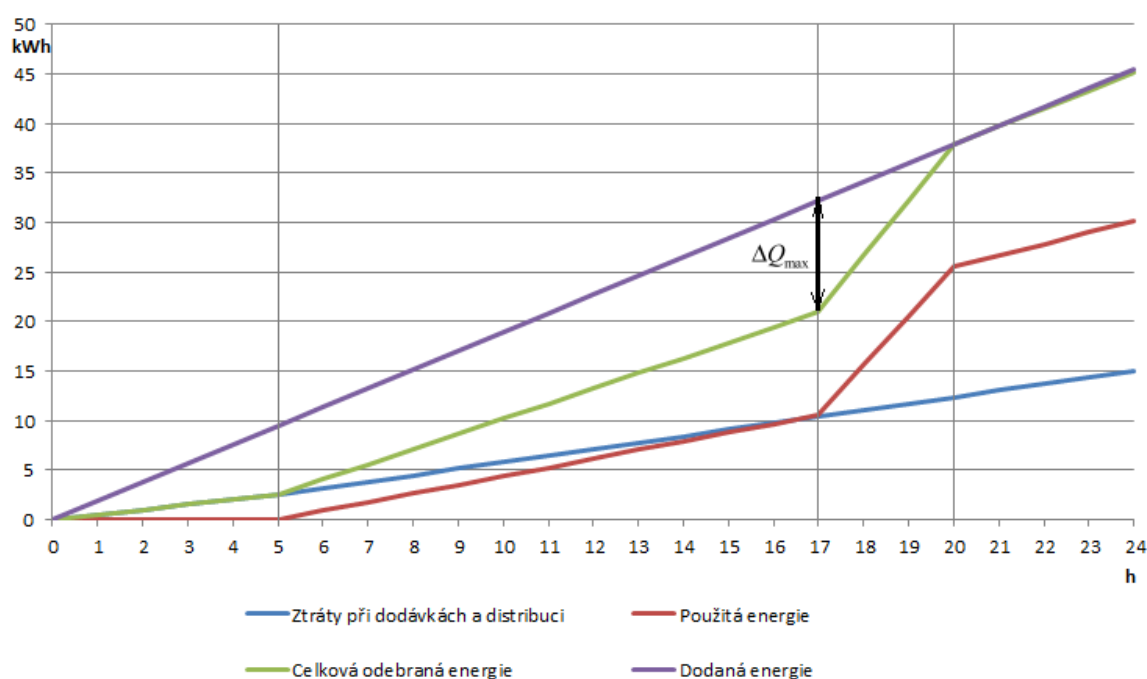
$$Q_{2p} = Q_{2t} + Q_{2z} \quad (27)$$

$$Q_{2p} = 30,1 + 15,05 = 45,15 \text{ kWh}$$

Denní spotřeba vody není rovnoměrná a dle nory má spotřeba následující rozložení:

Tab. 32. Spotřeba teplé vody

Časový interval [h]																								
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
						Spotřeba TV [%]																		
0 %						35 %												50 %						15 %
						Odebraná energie [kWh]																		
0						15,8												22,58						6,77



Obr. 31. Spotřeba a dodávka teplé vody

Největší rozdíl v průběhu dne mezi dodanou energií a celkovou odebranou energií je v 17 hodin $\Delta Q_{max} = 11,26 \text{ kWh}$

Nyní se určí velikost zásobníku na teplou vodu.

$$V_Z = \frac{\Delta Q_{max}}{c \cdot (\theta_1 - \theta_2)} \quad (28)$$

kde

V_Z – velikost zásobníku na teplou vodu [l]

ΔQ_{max} – maximální rozdíl mezi dodanou energií a celkovou odebranou energií [kWh]

c – měrná tepelná kapacita vody [kWh/(kg · K)]

θ_1 – teplota přiváděné vody [°C]

θ_2 – teplota výstupní vody [°C]

$$V_z = \frac{11,26}{1,163 \cdot (55 - 10)} = 0,216 \text{ m}^3 = 216 \text{ l}$$

Ohřívací jmenovitý tepelný výkon činí 1,89 kW což by měl po většinu doby pokrýt solární systém, při nedostatku solárního osvětlení zabezpečí zbylou potřebnou energii tepelné čerpadlo či stávající plynový kotel.

Zásobník teplé vody jsem vybral R2BC300 o objemu 300l a dvěma smaltovanými hady. Jeden okruh bude využit pro solární kolektory a druhý pro tepelné čerpadlo či plynový kotel.

6.6 Vytápění

Systém pro vytápění bude s ohledem na ekonomicky nejvýhodnější řešení složen ze dvou větví a to již ze stávajících otopných těles a nového podlahového vytápění. Celý systém bude za normálního stavu vytápět jako nízkoteplotní, což umožní pracovat tepelnému čerpadlu s velmi vysokým topným faktorem. Stávající otopné tělesa budou spolu s hustším potrubím v podlaze zajišťovat ohřev studeného vzduchu proudícího kolem prosklených ploch a to bez nutnosti zvyšování teploty vytápěcí vody, což má v kombinaci s tepelným čerpadlem za následek i nižší provozní náklady. [21]

6.6.1 Vytápění otopnými tělesy

Vytápění otopnými tělesy je bráno jako doplňkové a jak bylo řečeno výše, budou zjišťovat ohřev studeného vzduchu kolem prosklených ploch. Budou pracovat v režimu, kdy teplota teplé vody bude z ekonomických důvodů pouze 35 °C, takže výkon otopných těles bude poměrně nízký.

Nejprve bude nutné určit výkon radiátorů s teplotním spádem 35°C/30°C, neboť výrobce pro daný spád neuvádí výkon.

Výkon otopných těles se určí ze vztahu:

$$Q = f_{\Delta\theta} \cdot Q_N \quad (29)$$

Korekční činitel $f_{\Delta\theta}$ určíme ze vztahu:

$$f_{\Delta\theta} = \left(\frac{\Delta\theta}{\Delta\theta_N} \right)^n \quad (30)$$

kde

$\Delta\theta$ – logaritmický teplotní rozdíl pro návrhové teploty z otopného tělesa [K]

$\Delta\theta_N$ – logaritmický teplotní rozdíl pro základní výpočtové podmínky [K]

n – teplotní exponent pro daný typ otopného tělesa

$$\Delta\theta = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\ln \frac{\theta_1 - \theta_r}{\theta_2 - \theta_r}} \quad (31)$$

kde

θ_1 – návrhová vstupní teplota do otopného tělesa [°C]

θ_2 – návrhová výstupní teplota z otopného tělesa [°C]

θ_r – návrhová teplota v místnosti [°C]

$$\Delta\theta_N = \frac{\theta_{2n} - \theta_{1n}}{\ln \frac{\theta_{1n} - \theta_{rn}}{\theta_{2n} - \theta_{rn}}} \quad (32)$$

kde

θ_{1n} – původní vstupní teplota do otopného tělesa [°C]

θ_{2n} – původní výstupní teplota z otopného tělesa [°C]

θ_{rn} – původní teplota v místnosti [°C]

Ukázka výpočtu pro otopné těleso v koupelně:

Původní výkon tělesa při teplotním spádu 55°C/45°C = 750 W

Návrhová vnitřní teplota: 24 °C

$$\Delta\theta = \frac{35 - 30}{\ln \frac{35 - 24}{30 - 24}} = 8,25 \text{ °C}$$

$$\Delta\theta_N = \frac{55 - 45}{\ln \frac{55 - 24}{45 - 24}} = 25,68 \text{ °C}$$

$$f_{\Delta\theta} = \left(\frac{8,25}{25,68} \right)^{1,25} = 0,24$$

Výkon stávajícího otopného tělesa při nových podmínkách vyčíslíme následujícím výpočtem:

$$Q = 0,24 \cdot 750 = 180 \text{ W}$$

Tab. 33. Výkony otopných těles

	Číslo místnosti	Název místnosti	Návrhová teplota [°C]	Výkon tělesa 55/45 [W]	Výkon tělesa 35/30 [W]
1. PP	001	Kotelna	25	---	---
	002	Sklad I	10	---	---
	003	Sklad II	12	---	---
	004	Sklad III	15	---	---
	005	Prádelna	18	1136	421
	006	Chodba + schodiště	16	---	---
	007	Dílna	18	983	365
1. NP	101	Předsíň	15	264	110
	102	WC	20	135	45
	103	Koupelna	24	749	180
	104	Chodba + schodiště	20	870	290
	105	Pokoj I	20	611	203
	106	Pokoj II	20	1013	337
	107	Obývací pokoj	20	2725	1593
	108	Jídelna			
	109	Kuchyň			
a. NP	201	Obývací pokoj	20	2441	812
	202	Pokoj I	20	1416	471
	203	Pokoj II	20	1575	524
	204	Kuchyň	20	725	241
	205	Koupelna	24	1024	248
	206	Chodba	20	---	---
	207	WC	20	174	58

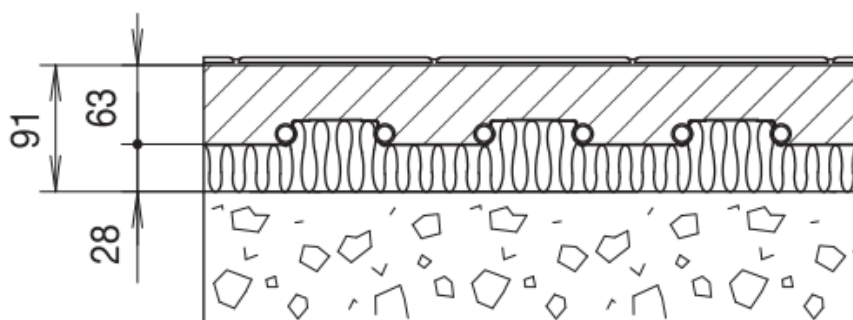
Všechny radiátorové otopné tělesa v přízemí a v prvním podlaží jsou regulovatelné pomocí termostatických ventilů, otopné tělesa v suterénu nejsou regulována automaticky ale ručně a to pro případ automatického uzavření všech otopných těles, což by mohlo mít za následek přetížení oběhového čerpadla, z tohoto důvodu budou ventily v suterénu stále otevřené. Celkový objem teplotonosného média (vody) v otopných tělesech je 165 l.

6.6.1 Podlahové vytápění

Hlavní distribuce tepla v objektu bude zajištěna prostřednictvím velkoplošného, nízkoteplotního podlahového vytápění. Při návrhu je důležité znát požadovaný výkon podlahového vytápění a plochu jednotlivých místností. Při návrhu však nesmíme překročit dovolenou maximální teplotu podlahy, což je pro obytné místnosti 29 °C, v koupelnách se doporučuje vyšší hodnota, maximálně však 33 °C a okrajové zóny až 35°C.

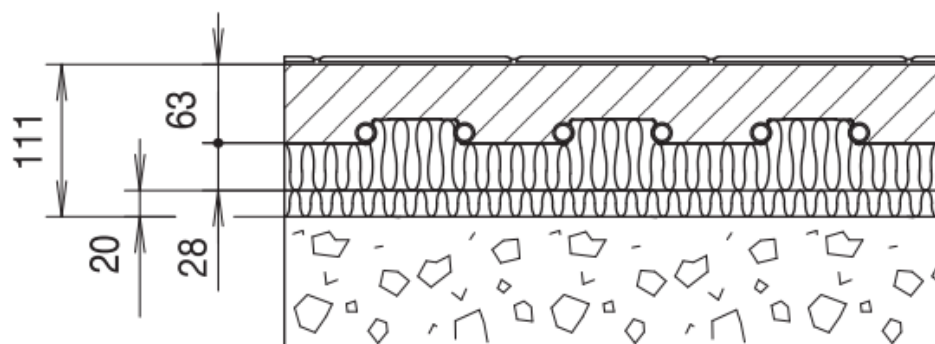
Pro podlahové vytápění jsem vybral systém od firmy KKH Gabotherm, který se skládá z polybutenové topné trubky, systémové desky a rozdělovací stanice. Systémová deska má integrovanou tepelnou izolaci, izolaci proti kročejovému hluku (korekce 28 dB) i vlhkosti. Minimální rozestup ukládání trubek 7,5 cm, minimální poloměr ohybu 90 mm, maximální provozní tlak 10 barů a objem vody 0,113 l/m.

Navržený teplotní spád je vzhledem k nízkým hustotám tepelného toku zvolen 31/26°C.



63 mm	topný potěr včetně trubky PB-DD 15 × 1,5 mm nebo 18 × 2 mm
28 mm	systémová deska 30-2
91 mm	bez nášlapné vrstvy

Obr. 32. Podlahové vytápění nad vytápěným prostorem



63 mm	topný potěr včetně trubky PB-DD 15 × 1,5 mm nebo 18 × 2 mm
28 mm	systémová deska 30-2
20 mm	přídavná izolace (součinitel tepelné vodivosti $\lambda = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) např. EPS 100
111 mm	bez nášlapné vrstvy

Obr. 33. Podlahové vytápění nad částečně vytápěným prostorem

Tab. 34. Výkony podlahového vytápění

	Číslo místnosti	Název místnosti	Návrhová teplota [°C]	Užitná plocha podlahy [m ²]	Výkon [W]
1. NP	101	Předsíň	15	---	---
	102	WC	20	0,9	35
	103	Koupelna	24	4,5	227
	104	Chodba + schodiště	20	14	202
	105	Pokoj I	20	11,4	249
	106	Pokoj II	20	13,8	269
	107	Obývací pokoj	20	49,3	940
	108	Jídelna			
	109	Kuchyň			
2. NP	201	Obývací pokoj	20	35,5	468
	202	Pokoj I	20	15,2	246
	203	Pokoj II	20	18,7	292
	204	Kuchyň	20	6	130
	205	Koupelna	24	6,2	251
	206	Chodba	20	---	---
	207	WC	20	0,9	24

Ukázkový výpočet pro místnost 105 (Pokoj I):

Požadovaný výkon podlahového vytápění, stanovím z celkového potřebného výkonu na vytápění, od kterého odečtu výkon stávajícího klasického vytápění.

$$P_p = 452 - 203 = 249 \text{ W}$$

Nyní určím potřebnou hustotu tepelného toku:

$$q_k = \frac{P_p}{A_{iv}} \quad (33)$$

kde

P_p – požadovaný výkon podlahového vytápění [W]

A_{iv} – využitelná plocha místnosti [m^2]

$$q_k = \frac{249}{11,4} = 21,9 \text{ W/m}^2$$

Následně přepočítáme střední teplotu povrchu $\theta_{F,M}$

$$\theta_{F,M} = \theta_{int} \left(\frac{q_k}{8,92} \right)^{\frac{1}{1,1}} \quad (34)$$

kde

$\theta_{F,M}$ – střední teplota povrchu [$^{\circ}\text{C}$]

θ_{int} – návrhová teplota v místnosti [$^{\circ}\text{C}$]

$$\theta_{F,M} = 20 \left(\frac{21,9}{8,92} \right)^{\frac{1}{1,1}} = 22,7 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Nyní se určí projektový tepelný rozdíl:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} - \theta_r \quad (35)$$

kde

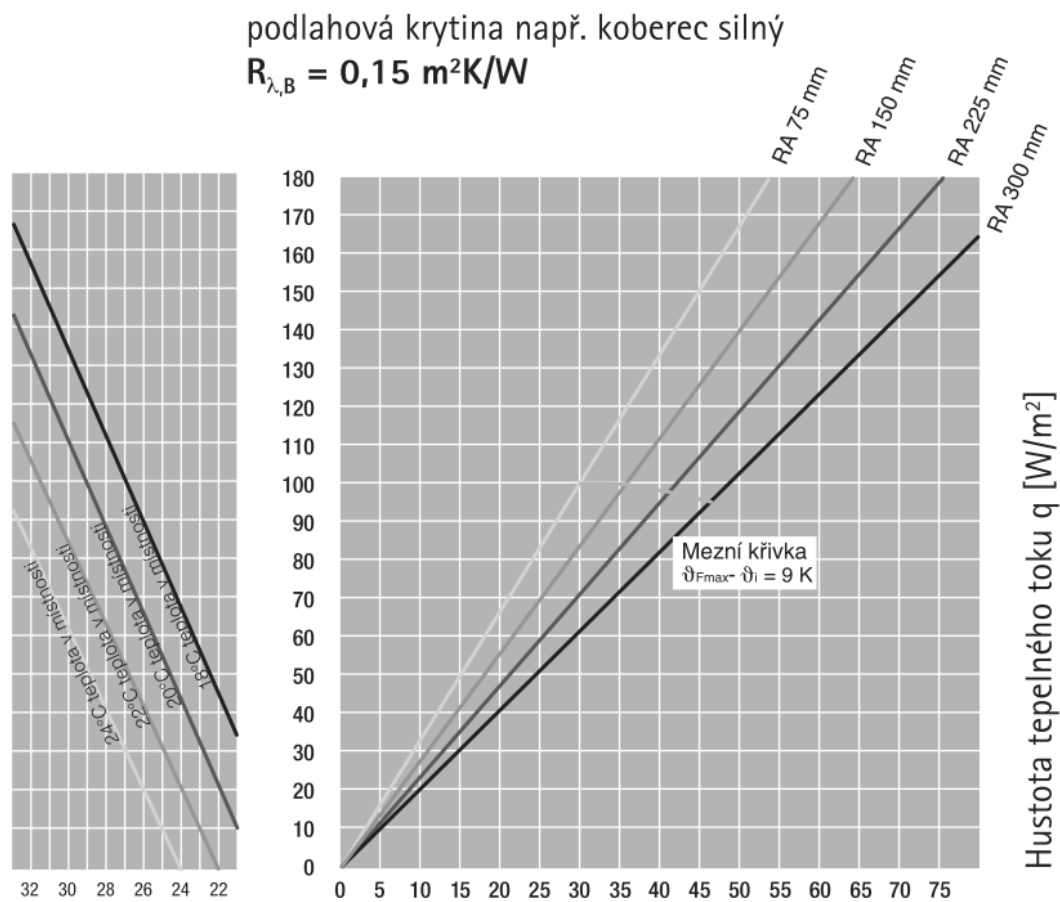
$\Delta\theta_H$ – využitelný tepelný rozdíl [K]

θ_1 – návrhová vstupní teplota do otopného tělesa [$^{\circ}\text{C}$]

θ_2 – návrhová výstupní teplota z otopného tělesa [$^{\circ}\text{C}$]

θ_r – návrhová teplota v místnosti [$^{\circ}\text{C}$]

$$\theta_H = \frac{31 + 26}{2} - 20 = 8,5 \text{ K}$$



Obr. 34. Graf pro návrh podlahového vytápění

Z grafu určíme potřebnou hustotu tepelného toku a využitelný tepelný rozdíl $8,5 \text{ K}$ vzdálenost trubek 225 mm . A teplota povrchu $22,7 \text{ }^\circ\text{C}$, což souhlasí s výpočtem.

Nyní se určí požadovaný hmotnostní průtok \dot{m} :

$$\dot{m} = 1,1 \frac{P_p}{c \cdot \Delta\theta_{PVR}} 3600 \quad (36)$$

kde

\dot{m} – hmotnostní průtok [kg/h]

P_p – požadovaný výkon podlahového vytápění [W]

c – měrná tepelná kapacita teplotnosné látky ($c_{\text{H}_2\text{O}} = 4180$) [$\text{J/kg} \cdot \text{K}$]

$\Delta\theta_{PVR}$ – rozdíl vstupní a výstupní vody ($\Delta\theta_{PVR} = 31 - 26 = 5 \text{ K}$) [K]

$$\dot{m} = 1,1 \frac{249}{4180 \cdot 5} \cdot 3600 = 47,2 \text{ kg/h}$$

Tab. 35. Parametry podlahového vytápění

	Číslo m.	Název místnosti	Teplota [°C]		Typ Podlahy $R_{\lambda,B}$ [m^2K/W]	Rozteč trubek D_r [mm]	Hustota tepelného toku [W/m^2]	Hmotn. průtok [kg/h]
			místnost	podlaha				
1. NP	102	WC	20	23,9	0,0	225	38	6,6
	103	Koupelna	24	29,5	0,0	75	56	43,0
	104	Chodba + sch.	20	21,6	0,0	300	15	38,3
	105	Pokoj I	20	22,1	0,15	225	22	47,2
	106	Pokoj II	20	22	0,1	300	20	50,9
	107	Obývací pokoj	20	22,2	0,05	300	19	148,3
	108	Jídlna						
	109	Kuchyň						
2. NP	201	Obývací pokoj	20	21,5	0,15	300	13	88,7
	202	Pokoj I	20	22	0,1	300	16	46,7
	203	Pokoj II	20	22	0,1	300	16	55,2
	204	Kuchyň	20	22,3	0,05	300	22	24,5
	205	Koupelna	24	28,4	0,0	150	41	47,6
	207	WC	20	22,9	0,0	300	27	4,6

Nyní je potřeba vypočítat celkovou délku potrubí pro každý otopný okruh.

$$L_H = \frac{A_{iv}}{D_r} \quad (37)$$

kde

A_{iv} – využitelná plocha místnosti [m^2]

D_r – rozteč potrubí [m]

$$L_H = \frac{11,4}{0,225} = 50,6 \text{ m}$$

Celková délka otopného okruhu L_R v místnosti 105 se vypočítá jako součet délky potrubí v otopné zóně a délky přípojky:

$$L_R = L_H + L_A \quad (38)$$

kde

L_R – celková délka potrubí v okruhu [m]

L_A – délka přípojek [m]

$$L_R = 50,6 + 7 = 57,6 \text{ m}$$

Tab. 36. Parametry okruhů podlahového vytápění

	Číslo m.	Název místnosti	Rozdělovač	Teplota ní spád	Tlaková ztráta	Max. rychlost	Celková délka okruhu	Nastavení ventilu
			okruh					
1. NP	103	Koupelna	1/1	5,0	0,79	0,05	98,0	2,5 Otv.
	102 104	Chodba + WC	1/2	9,1	0,27	0,05	54,7	0,3
	105	Pokoj I	1/3	7,8	0,29	0,05	37,3	0,42
	106	Pokoj II	1/4	9,3	0,33	0,05	46,1	0,4
	107	Obývací pokoj	1/5	14,2	0,4	0,03	91,7	0,25
	108	Jídlna	1/6	14,4	0,29	0,03	80,4	0,25
	109	Kuchyň	1/7					
2. NP	201	Obývací pokoj	2/1	14,2	0,15	0,02	59,2	0,25
			2/2	14,2	0,15	0,02	60,2	0,25
	202	Pokoj I	2/3	13,1	0,14	0,02	54,7	0,25
	203	Pokoj II	2/4	13,4	0,27	0,03	72,3	0,28
	204	Kuchyň + WC	2/5	10,1	0,07	0,02	34	0,25
	205	Koupelna	2/6	5,2	0,58	0,04	96	2,5 Otv.

Pro kontrolu výpočtů jsem použil program TechCON® 5.2.

Celková bilance podlahového vytápění:

Tab. 37. Celková bilance podlahového vytápění

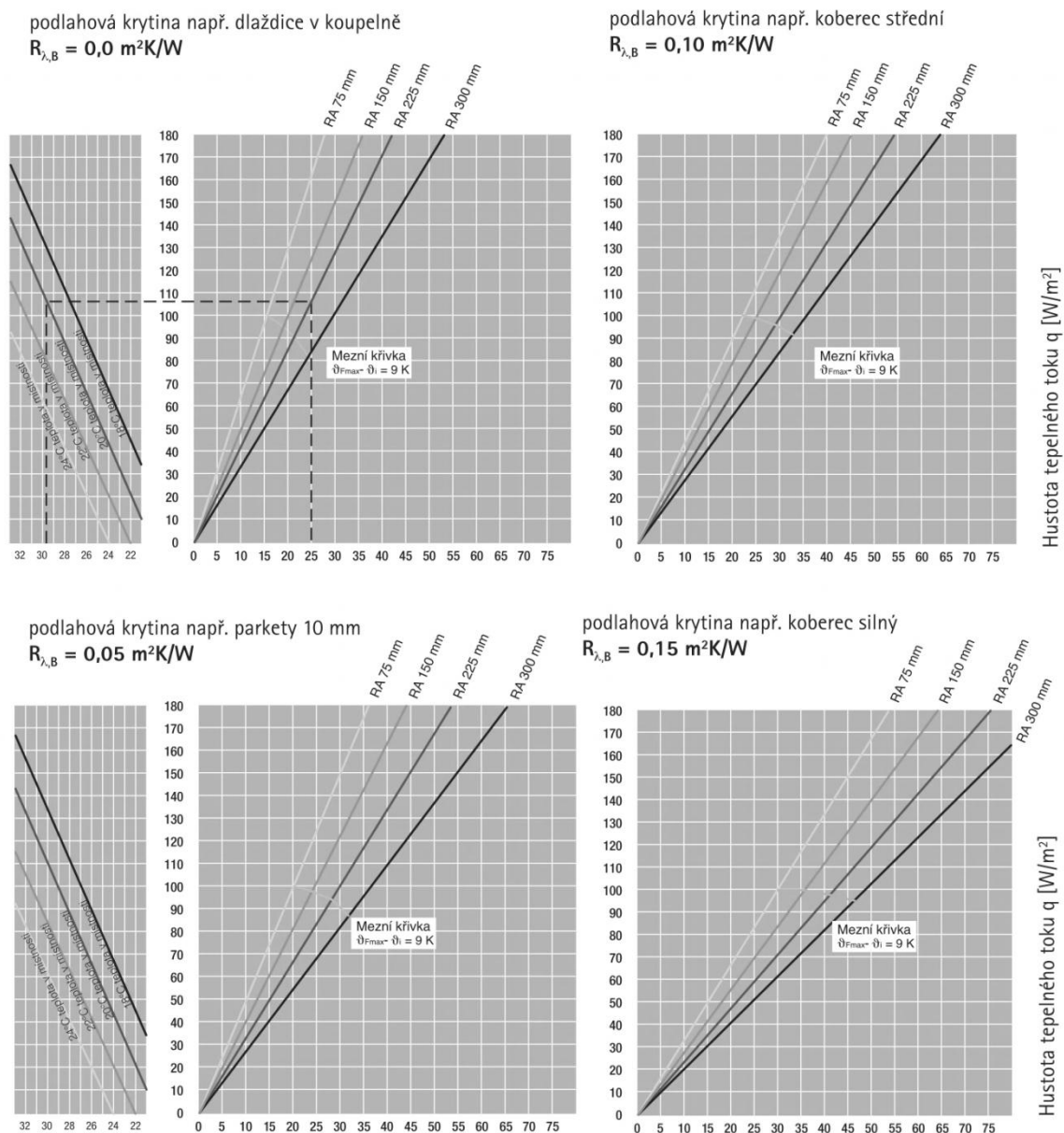
Celková otopná plocha	177,85 m ²
Celková délka potrubí	869 m
Celkový výkon podlahového vytápění	3330 W
Maximální tlaková ztráta okruhů	788 Pa
Maximální rychlost proudění	0,05 m
Celkový objemový průtok okruhů	298 m/s
Maximální přívodní teplota	31 °C
Objem vody v otopných okruzích	174,7 l

V systému jsem použil dva rozdělovače a to HKV – D7 a HKV – D6.

Tab. 38. Parametry rozdělovačů

Rozdělovač:	RZ 1 HKV – D7 (Přízemí)	RZ 1 HKV – D6 (1. NP)
Maximální počet okruhů:	7	6
Počet připojených okruhů:	7	6
Teplotní spád [K]:	9,3	10,9
Max. tlaková ztráta [kPa]:	0,79	0,58
Hmotnostní průtok [kg/h]	183,7	114,8
Rychlost [m/s]	0,05	0,04

Na základě výpočtu podlahového vytápění a výsledků v tabulkách (*Tab. 36, Tab. 37*) jsem navrhl oběhová čerpadla pro jednotlivé rozdělovače a to pro rozdělovač RZ1 HKV – D7 v přízemí oběhové čerpadlo ALPHA2 25-40 180 a pro rozdělovač RZ1 HKV – D6 v prvním nadzemním podlaží oběhové čerpadlo ALPHA2 25-60 180, které mají dostatečnou maximální dopravní výšku 4 a 6 metrů a s rezervou pokryjí tlakové ztráty okruhů.



Obr. 35. Grafy pro návrh podlahového vytápění

6.7 Zabezpečovací zařízení soustavy

Pro správnou, bezpečnou a bezproblémovou funkčnost hydraulické soustavy, je nutné zabezpečit soustavu z hlediska tlakových změn. Každá tepelná soustava musí být vybavena expanzním zařízením, která vyrovnává tlak bez zbytečné ztráty oběhové vody.

Způsob zabezpečení otopných soustav je dán platnými normami ČSN 06 0830 [36] Tepelné soustavy v budovách – Zabezpečovací zařízení.

Zabezpečovací zařízení zabezpečují dle požadavků ČSN 06 0830 [36] ochranu proti překročení nejvyšší pracovní teploty a nejvyššího pracovního tlaku. Díky expanzi zařízení také zajišťuje vyrovnání změny objemu média, udržení přetlaku v otopné soustavě a automatické doplňování vody při drobných netěsnostech.

Objem expanzní nádoby je přímo závislý na množství otopného média v topném systému.

6.7.1 Zabezpečovací zařízení pro solární okruh

Solární okruh je uzavřený, proto je použita uzavřená expanzní nádoba. Návrh expanzní nádrže v solárním okruhu je díky specifickým vlastnostem odlišný než návrh expanzní nádrže v klasickém okruhu.

Expanzní nádrž:

Minimální objem expanzní nádrže v solárním okruhu:

$$V_{EN,min} = V_s + V \cdot \beta + V_k \quad (39)$$

kde

$V_{EN,min}$ – minimální objem expanzní nádoby [l]

V_s – minimální objem teplotnosné látky v nádobě $V_s = 0,1 \cdot V$ minimálně však 2l [l]

V_k – objem solárních kolektorů [l]

V – celkový objem soustavy [l]

β – součinitel objemové roztažnosti [-]

Skutečný objem expanzní nádoby získáme vydělením minimálního objemu stupněm využití expanzní nádoby.

$$\eta = \frac{p_e - p_o}{p_e + p_b} \quad (40)$$

kde

η – stupeň využití expanzní nádoby [-]

p_e – maximální provozní tlak [kPa]

p_o – minimální provozní tlak [kPa]

p_b – atmosférický tlak [kPa]

Skutečný objem expanzní nádoby:

$$V_{EN} = \frac{V_s + V \cdot \beta + V_k}{\eta} \quad (41)$$

Celkový objem soustavy se určí jako součet objemů kapaliny:

$$V = V_K + V_T + V_V \quad (42)$$

kde

V_K — objem média v kolektoru

V_T – objem média v trubkách

V_V – objem média ve výměníku

$$V_K = 1,5 \cdot 6 = 9 \text{ l}$$

$$V_T = 28 \cdot \pi \cdot 0,011^2 = 0,0106 \text{ m}^3 = 10,6 \text{ l}$$

$$V_V = 9,5 \text{ l}$$

Objem media solárního okruhu:

$$V = 9 + 10,6 + 9,5 = \mathbf{29,1 \text{ l}}$$

Velikost expanzní nádoby solárního okruhu:

$$V_{EN} = 2,91 + 29,1 \cdot 0,1 + 9 \cdot \frac{600 + 100}{600 - 120} = 18,9 \text{ l}$$

Do solárního okruhu jsem zvolil na základě výpočtu expanzní nádrž R8 040 IN LINE s objemem 40 l a provozním tlakem 6 bar, která bude s velkou rezervou pokrývat tlakové změny solárního systému.

Dále je nutné navrhnout průměr expanzního potrubí:

$$d = 15 + 1,4 \sqrt{Q_p} \quad (43)$$

kde

d – je průměr expanzního potrubí [mm]

Q_p – výkon zdroje tepla [kW]

$$d = 15 + 1,6 \sqrt{6,9} = 19 \text{ mm}$$

Tedy vnitřní průměr pojistného potrubí musí být minimální 19 mm, proto zvolíme potrubí DN 20.

Pojistný ventil:

Otevírací tlak pojistného ventilu p_{PV} se stanoví podle maximálního dovoleného tlaku v soustavě, v tomto případě je otevírací tlak pojistného ventilu $p_{PV} = 666 \text{ kPa}$.

$$p_{PV} = \frac{P_e}{0,9} \quad (44)$$

kde

p_{PV} – otevírací tlak pojistného ventilu [kPa]

p_e – maximální provozní tlak [kPa]

Průřez sedla ventilu vypočítáme dle následujícího vzorce:

$$S_o \geq \frac{\dot{Q}_p}{\alpha_v \cdot K} [\text{mm}^2] \quad (45)$$

kde

α_v – výtokový součinitel ventilu

K – konstanta (v našem případě dle provozního tlaku, je $K=2,1$)

\dot{Q}_p – špičkový výkon kolektoru

$$S_o \geq \frac{6,9}{0,4 \cdot 2,1} [mm^2]$$

$$S_o \geq 8,21 mm^2$$

Pojistný ventil do solárního okruhu jsem vybral Regulus - 6 bar, 1/2x3/4" F/F, který je určený pro solární systémy.

6.7.2 Zabezpečovací zařízení pro otopnou soustavu

Expanzní nádrž

Celkový objem teplotnosného média v otopné soustavě vypočítáme jako součet otopného média v podlahovém vytápění, v klasických otopných tělesech, akumulční nádobě a systémových zařízení:

$$V = V_k + V_P + V_l \quad (46)$$

kde

V – objem média v otopné soustavě [l]

V_k – objem média v systémových zařízeních [l]

V_P – objem média v potrubí [l]

V_l – objem média v otopných tělesech [l]

Objem média v systémových zařízeních je v tomto případě součet objemu vody v akumulční nádrži (750 l), tepelném čerpadlu a plynovém kotli.

$$V_k = 750 + 2 + 2 = 754 l$$

Objem média v potrubí byl vypočítán na základě celkové délky potrubí a vnitřních průměrů.

$$V_P = 172 l$$

Objem média v otopných tělesech je součet množství vody v podlahovém vytápění a klasických otopných tělesech.

$$V_l = 165 + 174,7 = 339,7 l$$

$$V = 754 + 172 + 339,7 = 1265,7 l$$

Expanzní objem kapaliny V_e se vypočítá jako 1,3 násobek rozdílu objemu média při teplotě 10°C a objemu při střední teplotě soustavy.

$$V_e = 1,3 \cdot V \cdot \Delta v$$

$$\Delta v = \frac{1000}{\rho_{\theta_m}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ C}}$$

ρ_{θ_m} - hustota kapaliny při návrhové teplotě okruhu

$$\Delta v = \frac{1000}{971,8} - \frac{1000}{999,6} = 0,0286 \text{ l}$$

$$V_e = 1,3 \cdot 1265,7 \cdot 0,0286 \doteq 47,1 \text{ l}$$

Nejnižší dovolený přetlak p_{dov}

$$p_{d,dov} = \frac{h \cdot \rho \cdot g}{1000} \quad (47)$$

kde

$p_{d,dov}$ – nejnižší dovolený přetlak [Pa]

h – výška nejvyššího bodu soustavy od manometrické roviny [m]

$$p_{d,dov} = \frac{5,9 \cdot 988 \cdot 9,81}{1000} = 57,18 \text{ kPa}$$

Nejnižší provozní přetlak $p_d = 80 \text{ kPa} \geq 57,18 \text{ kPa}$

Tato podmínka je splněna.

Nejvyšší provozní přetlak soustavy je $p_{h,dov} = 300 \text{ kPa}$

Objem expanzní nádrže V_{ep} určíme dle vztahu

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_{h,dov} + 100}{p_{h,dov} - p_d} \quad (48)$$

$$V_{ep} = 47,1 \cdot \frac{300 + 100}{300 - 80} = 85,6 \text{ l}$$

Do okruhu jsem zvolil na základě výpočtu expanzní nádrž MB150 SKIRT s objemem 105 l a provozním tlakem 6 bar, která bude s velkou rezervou pokrývat tlakové změny.

Návrh průměru expanzního potrubí:

$$d = 10 + 0,6 \sqrt{Q_p} \quad (49)$$

kde

d – průměr expanzního potrubí [mm]

Q_p – výkon zdroje tepla [kW]

$$d = 10 + 0,6\sqrt{27,3} = 13,1 \text{ mm}$$

Vnitřní průměr pojistného potrubí musí být minimální 13,1mm, proto zvolím potrubí DN 15 a.

Pojistný ventil

Otevírací tlak pojistného ventilu p_{PV} se stanoví podle maximálního dovoleného tlaku v soustavě, který činí 300 kPa v tomto případě je otevírací tlak pojistného ventilu 320 kPa.

$$p_{PV} = p_e + 20 = 320 \text{ kPa}. \quad (50)$$

Průřez sedla ventilu vypočítáme dle následujícího vzorce:

$$S_o \geq \frac{2 \cdot \dot{Q}_p}{\alpha_v \cdot \sqrt{P_{PV}}} [\text{mm}^2] \quad (51)$$

kde

P_{PV} – otevírací tlak [kPa]

\dot{Q}_p – špičkový výkon kolektoru [kW]

α_v – výtokový součinitel ventilu [-]

$$S_o \geq \frac{2 \cdot 27,3}{0,4 \cdot \sqrt{320}} [\text{mm}^2]$$

$$S_o \geq 7,63 \text{ mm}^2$$

Pojistný ventil do otopného okruhu jsem vybral Duco Meibes - 6 bar, 1/2x3/4“ KD, který má skutečný průřez sedla 113 mm².

Tab. 39. Expanzní nádrže

	Objem kapaliny v soustavě [l]	Velikost expanzní nádrže [l]
Solární okruh	29,1	40
Okruh pro vytápění	1265,7	105
Okruh teplé vody	320	16

7 NÁVRH SILNOPROUDÉ ELEKTROINSTALACE

Silnoproudá elektroinstalace v rodinném domě obsahuje elektrické rozvody, které napájí jednotlivé spotřebiče elektrickou energií.

Hlavní domovní skříň dále jen HDS ve formě koncové přípojky se třemi pojistkami je umístěna na hranici pozemku ze severní strany ve výšce 0,6 m, tak aby byla snadno přístupná skříň pro měřicí zařízení bez vstupu na soukromý pozemek, která se nachází vedle hlavní domovní skříně. HDS také splňuje požadavek nezasahovat do evakuační cesty a je připojeno zemní elektrickou přípojkou. Vedení je dále přivedeno pomocí hlavního domovního vedení do hlavní domovní rozvodnice (HDR), která je umístěna v přízemí na chodbě.

HDR je složena z hlavního vypínače a modulů pro domovní rozvod. Na hlavní domovní rozvodnici jsou připojeny další dvě podružné domovní rozvodnice v suterénu a 1. NP. V rozvodnicích se rozdělí pomocí svorkovnice obvody na světelné, zásuvkové a speciální.

Návrh hlavního jističe

Na základě odhadnutého příkonu všech zařízení $P_i = 25 \text{ kW}$, který je odhadnut na základě součtu příkonů předpokládaných použitých zařízení.

$$P_S = \sum P_i \cdot \beta \text{ [W]} \quad (52)$$

kde

P_S – soudobý příkon [W]

P_i – instalovaný příkon objektu [W]

β – koeficient soudobnosti (dle normy ČSN 33 2130 [38])

$$P_S = \sum 25000 \cdot 0,77$$

$$P_S = 19250 \text{ W}$$

Velikost hlavního jističe:

$$I_S = \frac{P_S}{\sqrt{3} \cdot U_S \cdot \cos\varphi} [A] \quad (53)$$

kde

I_S – velikost hlavního jističe [A]

P_S – soudobý příkon objektu [W]

U_S – napájecí napětí (230/400 V).

$\cos\varphi$ – fázový posun (pro bytové jednotky se volí 1 až 0,9).

$$I_S = \frac{19250}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} [A]$$

$$I_S = 27,8$$

Na základě předchozího výpočtu byl zvolen hlavní jistič o velikosti 3 x 32 A.

Návrh průřezu hlavního domovního vedení

$$S = \frac{P \cdot \sigma \cdot l}{U_f \cdot u \cdot \cos\varphi} [m^2] \quad (54)$$

kde

P – soudobý příkon [W]

σ – specifický měrný odpor [$\Omega \cdot m$]

l – délka vodiče [m]

U_f – fázové napětí [V]

u – úbytek napětí na přípojce [V]

$\cos\varphi$ – fázový posun (pro bytové jednotky se volí 1 až 0,9).

$$S = \frac{25000 \cdot 0,0178 \cdot 10^{-6} \cdot 17}{230 \cdot 2,3 \cdot 1} = 1,43 \cdot 10^{-5} = 14,3 \text{ mm}^2$$

Na základě výpočtu byl pro hlavní domovní vedení zvolen kabel CYKY 5x16.

7.1 Zásuvkové obvody

Návrh počítá s připojením dle požadavků se zvláštním okruhem pro spotřebiče nad 2 kW. Na jeden okruh může být připojeno až 10 vícenásobných zásuvek a celkový odebíraný výkon nesmí přesáhnout pro jistič 10 A - 2300 VA a pro jistič 16 A - 3680 VA. Veškeré elektrické rozvody jsou provedeny typu TN-S. Počet zásuvek je navržen v souladu s normou ČSN 33 2130 [38] s přihlédnutím k předpokládaným spotřebičům a evropskému standardu. Doporučené zásuvky nejsou splněny pouze na WC a malé chodbě v prvním podlaží, kde jsem usoudil, že zásuvka nebude potřeba.

Požadavky na zapojení zásuvkových okruhů jsou uvedeny v normě ČSN EN 33 2180 důležité je dodržet elektroinstalační zóny. Zásuvkové okruhy jsou instalovány pod omítku většinou ve výšce 30 cm pod stropem. [37]

V rodinném domě je navrženo celkem 24 zásuvkových a speciálních okruhů, které jsou rozvedeny celkem ze tří domovních rozvodnic, každé patro má svoji domovní rozvodnici přičemž HDR je v přízemním poschodí. Do podružné rozvodnice v přízemí je z HDR třífázové vedení a to zejména pro TČ a pro zařízení v dílně.

Zásuvkové okruhy jsou rozděleny dle tabulky (Tab. 40). V každém podlaží je vedeno několik speciálních okruhů v podlaží, například v suterénu třífázový okruh pro tepelné čerpadlo, speciální okruh pro napájení zdroje sběrnicevého systému a zvláštní okruh pro pračku. Dále jsou v obytných podlažích speciální okruhy pro koupelnové rozvody a energeticky náročné kuchyňské spotřebiče. Koupelnové rozvody se navrhují v souladu s normou ČSN 33 2000-7-701 [39]. Silové vedení je realizované měděnými vodiči CYKY 3x2,5 (průřez 2,5 mm²).

Tab. 40. Rozdělení okruhů, počty zásuvek

	Č. okr.	Zapojeno zásuvek	Typ okruhu	Jištění [A]	Č. m.	Doporučení zásuvek [38]
						ČSN 33 2130
1. PP	0/1	4	zásuvkový	16	007	3
	0/9	1	zásuvkový - 3F	16		
	0/2	1	S. - pračka	16	005	2
	0/3	4	zásuvkový	16		
	0/4	2	zásuvkový	16	002	0
		2			003	0
	0/5	3	zásuvkový	16	001	---
	0/6	4	zásuvkový	16	004	3
	0/7	1	S. – TČ -3F	25		
	0/8	2	zásuvkový	16	006	1
	0/10	1	Sběrníkový systém	10		
1. NP	1/1	1	S. - myčka	16	109	3
	1/5	1	S. - sporák	16		
	1/6	1	S. – mikrovlnná trouba	16		
	1/7	4	zásuvkový	16		
	1/2	4	zásuvkový	16	108	3
		6	zásuvkový	16	105	4
	1/3	2	zásuvkový	16	107	4
		4	zásuvkový	16	106	4
		2	zásuvkový	16	104	1
	1/4	2	zásuvkový	16	103	2
b. NP	2/1	7	zásuvkový	16	201	5
		6		16	203	4
	2/2	4	zásuvkový	16	202	3
	2/3	1	S. - sporák	16	204	3
	2/4	1	S. - myčka	16		
	2/5	1	S. – mikrovlnná trouba	16		
	2/6	4	zásuvkový	16		
	2/7	4	zásuvkový	16	207	2

7.2 Světelné okruhy

V domě jsou celkem tři světelné okruhy, počet zdrojů světla a jednotlivé typy jsou voleny s ohledem na světelnou pohodu. Ovládání osvětlení je řešeno sběrníkovým systémem KNX, což má za následek snížení spotřeby energie a především zvýšení komfortu. Toto osvětlení již neobsahuje klasické spínače, které jsou nahrazeny snímači a senzory, které ovládají akční členy.













Světelné obvody budou chráněny jističem 10 A a bude použit trojžilový vodič CYKY 3x1,5 (průřez 1,5 mm²).

7.3 Schématické zapojení elektroinstalace

Elektrické obvody jsem pro názornost navrhl a zobrazil po jednotlivých podlažích do schémat. Vzhledem k tomu, že jednotlivé podlaží mají vlastní domovní rozvodnici, tak je pro každou rozvodnici vyobrazeno schématické zapojení spolu s použitou kabeláží pro dané okruhy a jističem.

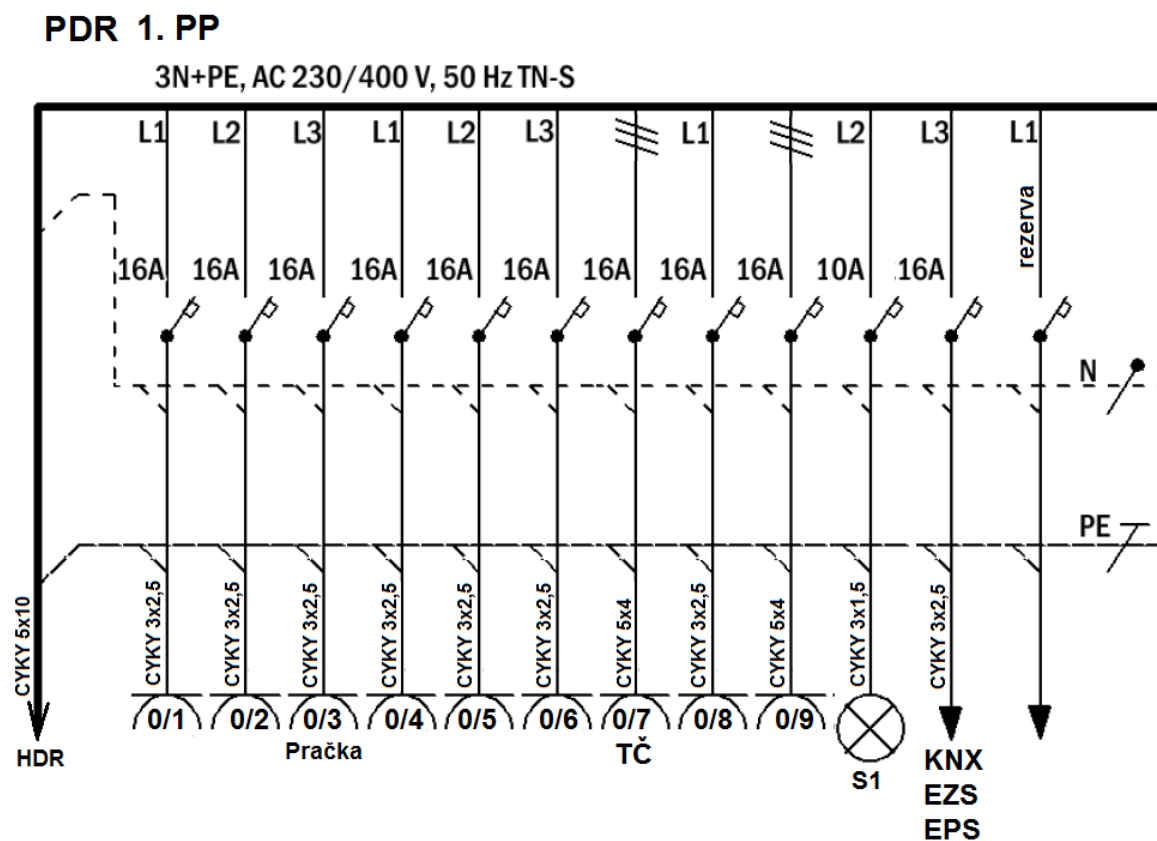
Tab. 41. Legenda použitých schématických značek

LEGENDA

SYMBOL	VÝZNAM
	SVĚTLO
	BODOVÉ NÁSTĚNNÉ SVĚTLO
	ZÁSUVKA, VÍCENÁSOBNÁ ZÁSUVKA
	HLAVNÍ DOMOVNÍ ROZVODNICE
	PODRUŽNÁ DOMOVNÍ ROZVODNICE
	HLAVNÍ DOMOVNÍ SKŘÍŇ
	ZÁSUVKOVÉ OBVODY
	SVĚTELNÉ OBVODY
	HLAVNÍ DOMOVNÍ VEDENÍ
	VEDENÍ NN
	UZEL
	PŘECHOD MEZI PODLAŽÍM

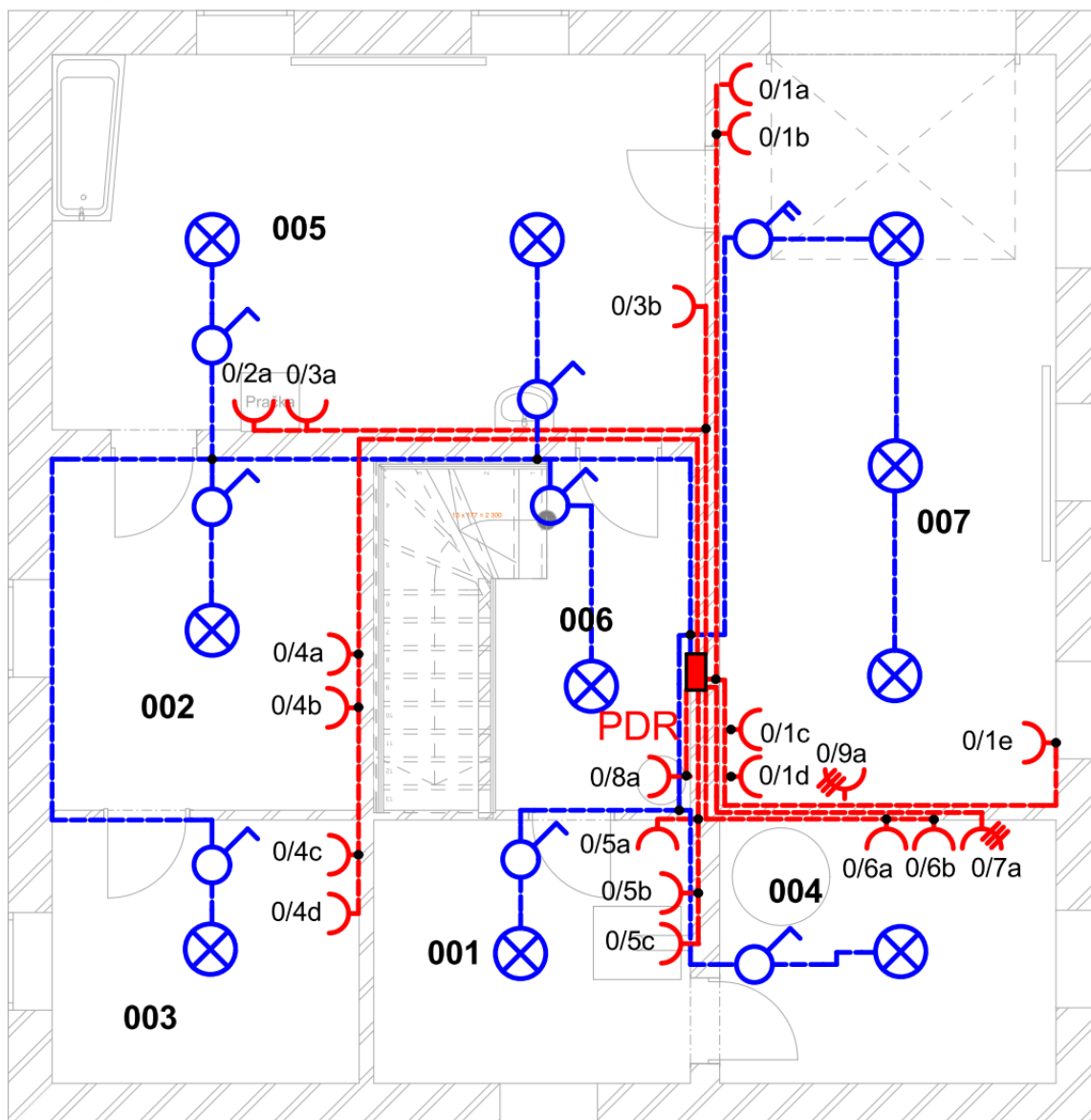
7.3.1 Elektroinstalace podzemní podlaží (1. PP)

V suterénu se nachází podružná domovní rozvodnice, do které je přivedena třífázově elektrická energie kabelem CYKY 5x10 přes jistič 25 A z HDR. K podružné rozvodnici je připojeno 11 okruhů. V patře je naprojektováno celkem osm zásuvkových okruhů, z toho sedm jednofázových zásuvkových okruhů a jeden třífázový zásuvkový okruh. Dále je z podružné domovní rozvodnice veden speciální třífázový okruh kabelem CYKY 5x4 pro tepelné čerpadlo (pro orientaci je zakreslena zásuvka) a jednofázový okruh pro napájení pračky. Na patře je připojen jeden okruh pro osvětlení přes 10 A jistič a speciální okruh pro připojení zdroje KNX, EZS a EPS. Zásuvkové okruhy jsou vedeny kabelem CYKY 3x2,5 s jištěním 16 A a světelný okruh kabelem CYKY 3x1,5 s jištěním 10 A.



Obr. 36. Podružná domovní rozvodnice 1. PP

VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU
GRAPHISOFT.

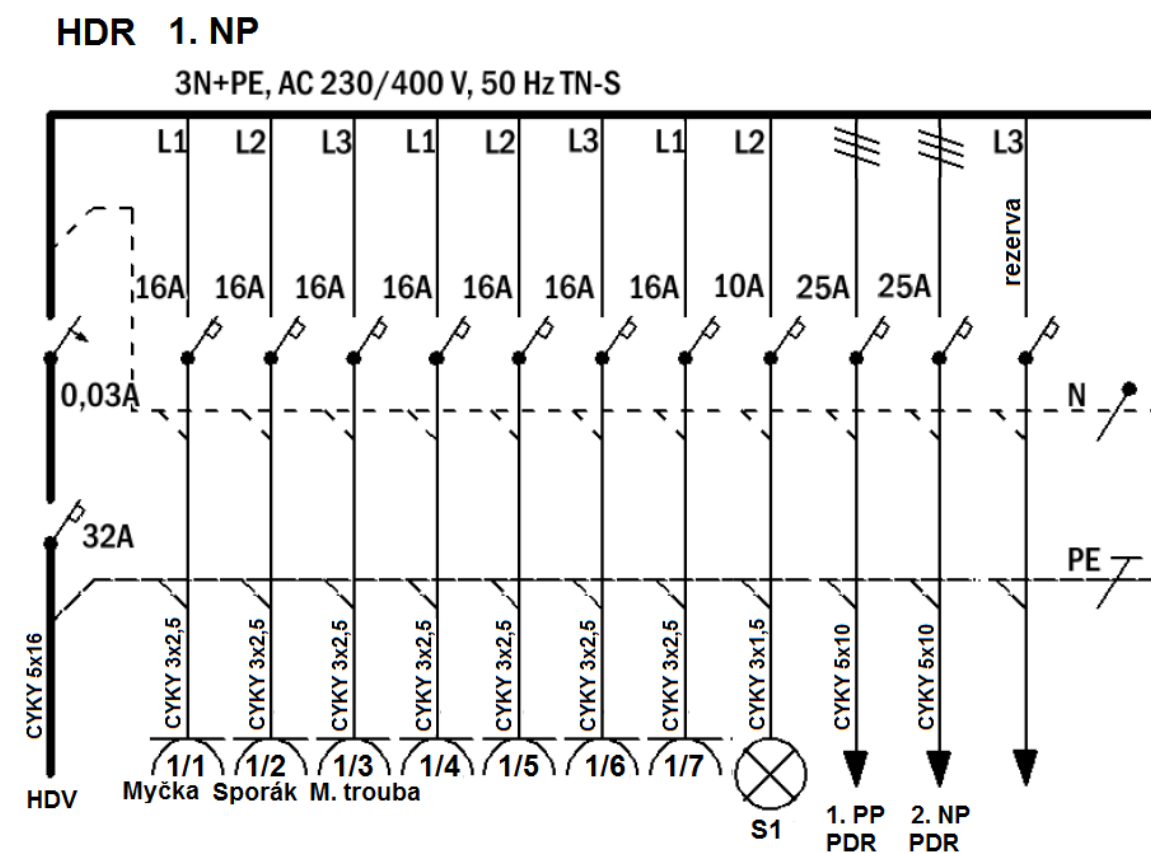


Obr. 37. Elektroinstalace silnoproudých rozvodů 1. PP

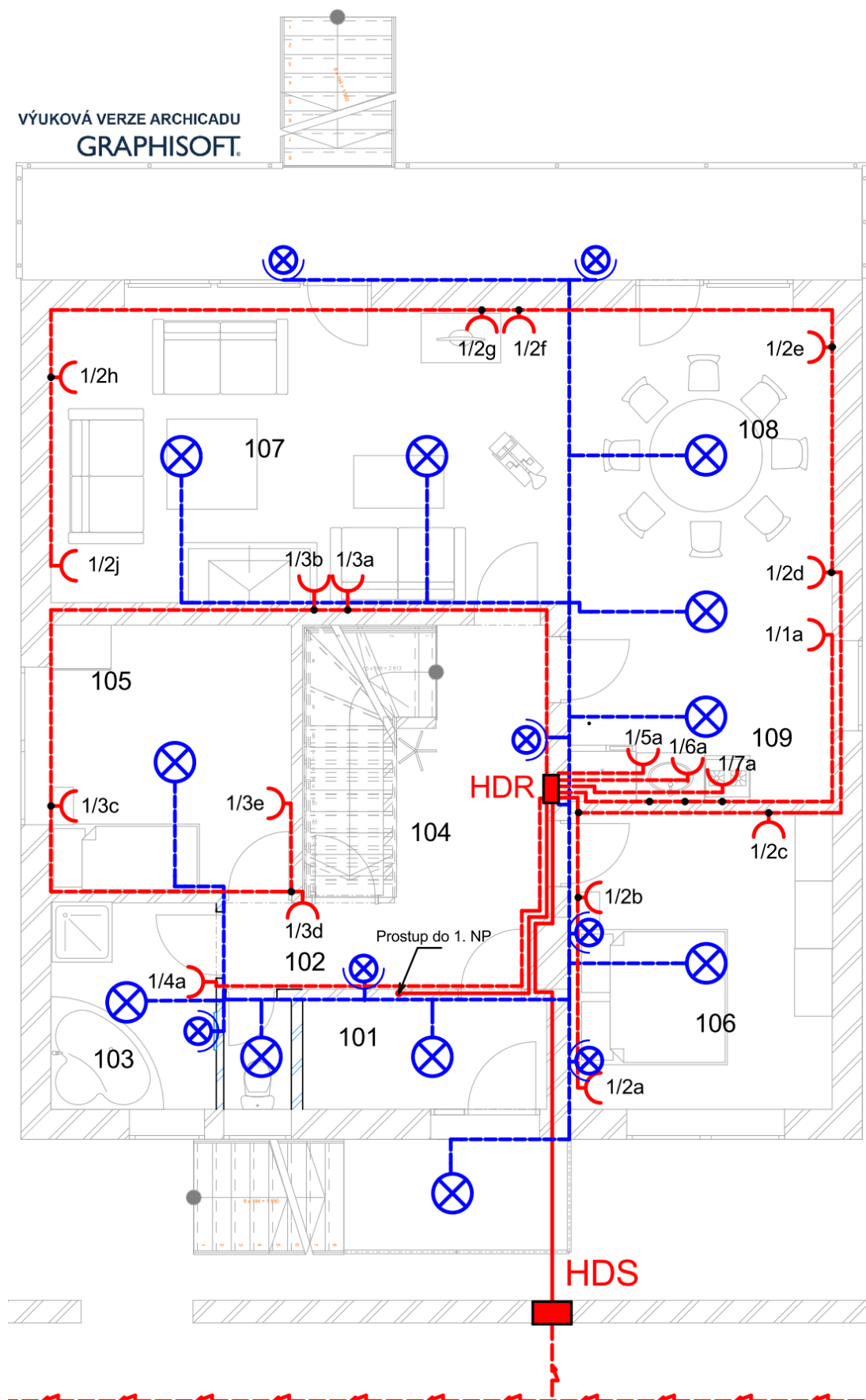
7.3.1 Elektroinstalace první nadzemní podlaží (1. NP)

Do přízemního podlaží je navrhnutá hlavní domovní rozvodnice, do které je přivedena třífázově elektrická energie kabelem CYKY 5x16 přes jistič 32 A z HDS. Rozvodnice je osazena hlavním proudovým chráničem 30 mA, který pracuje na principu součtového transformátoru. K rozvodnici je připojeno 8 okruhů a dvě podružné rozvodnice. V patře je naprojektováno celkem pět zásuvkových okruhů. Dále jsou z domovní rozvodnice vedeny speciální okruhy pro napájení myčky a sporáku. Zásuvkové okruhy jsou vedeny

kabelem CYKY 3x2,5 s jištěním 16 A a světelný okruh kabelem CYKY 3x1,5 s jištěním 10 A.



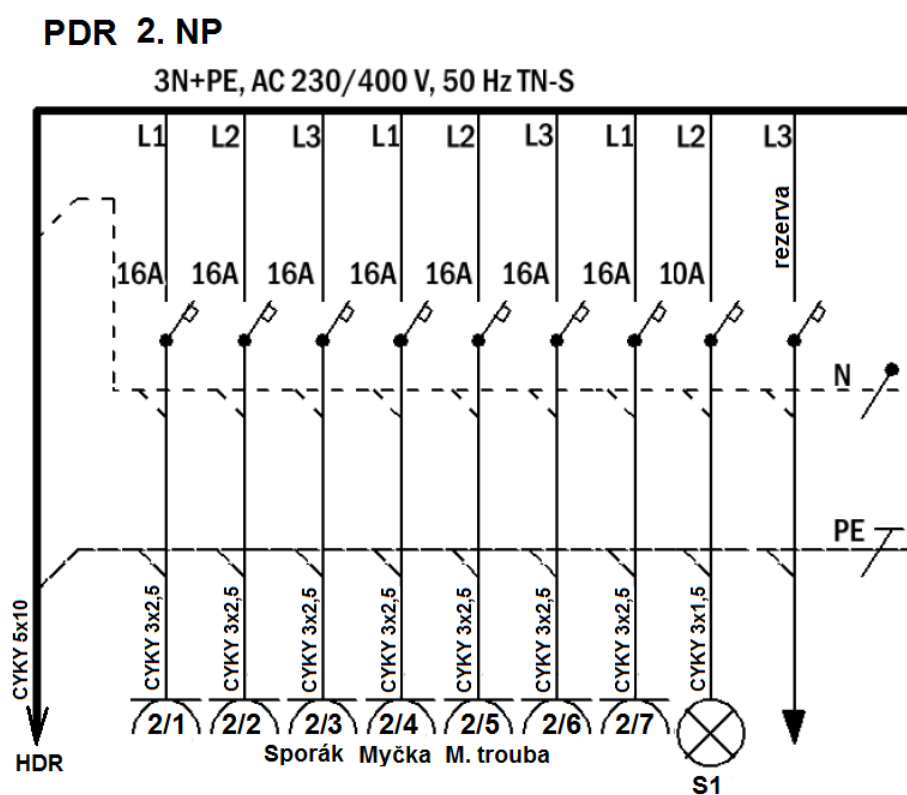
Obr. 38. Hlavní domovní rozvodnice 1. NP



Obr. 39. Elektroinstalace silnoproudých rozvodů 1. NP

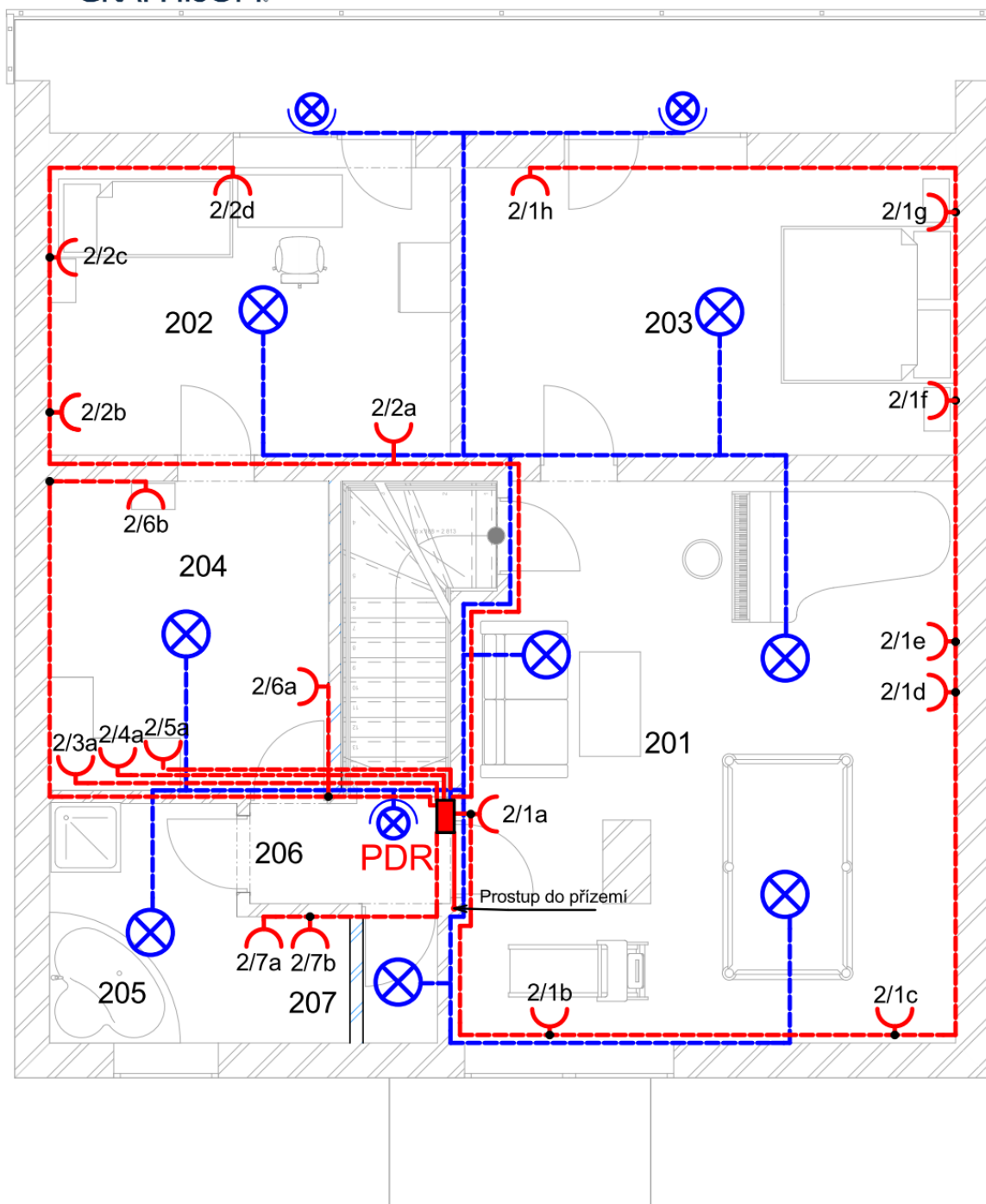
7.3.1 Elektroinstalace druhé nadzemní podlaží (2. NP)

Do podlaží je navrhována druhá podružná domovní rozvodnice, do které je přivedena třífázově elektrická energie kabelem CYKY 5x10 přes jistič 25 A z HDS. K rozvodnici je připojeno 8 okruhů. V patře je naprojektováno celkem pět zásuvkových okruhů. Dále jsou z domovní rozvodnice vedeny speciální okruhy pro napájení myčky a sporáku. Zásuvkové okruhy jsou vedeny kabelem CYKY 3x2,5 s jističením 16 A a světelný okruh kabelem CYKY 3x1,5 s jističením 10 A.



Obr. 40. Podružná domovní rozvodnice 2. NP

VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU
GRAPHISOFT®



Obr. 41. Elektroinstalace silnoproudých rozvodů 2. NP

8 ŘÍDICÍ SYSTÉMY BUDOVY

Pro využití potenciálu jednotlivých zařízení a dosažení tížených energetických úspor na provoz a především pro zvýšení komfortu domu bude v rodinném domě nainstalován bezdrátový otevřený sběrníkový systém Konex Bus. Sběrníkové vedení (kroucený pár) využívá stejnosměrné bezpečné nízké napětí 29 V a maximální odebíraný proud je 0,32 A. Napájecí modul Merten Power supply REG-K pro napájení až 64 prvků bude napájen ze sítě NN - 230 V a je umístěn v suterénní technické místnosti. Řídící moduly budou umístěny v každém patře u domovní rozvodnice na lištu ve vestavěné skříni.

8.1 Základní požadavky na funkce rodinného domu

Před samotným návrhem inteligentní elektroinstalace je nutné shrnout veškeré požadavky na funkce RD.

Požadavky na osvětlení zahrnují především možnost ovládání světelných těles tlačítkovými spínači, které budou umístěny na stěnách. Světelná tělesa v ložnicích, koupelnách, obývacích a dětských pokojích budou mít možnost nastavení jasu a možnost nastavení světelných scén. Na chodbách, schodištích a přístupové cestě k domu bude pro ovládání světel umístěn i snímač pohybu. Z předsíně je požadována možnost centrální vypnutí světelných těles. Dále je v obývacích pokojích požadováno centrální ovládání.

Požadavky na stínění oken zahrnuje instalaci elektrických venkovních žaluzií z jižní strany, žaluzie budou ovládány tlačítkově (a to i z terasy) s možností automatického ovládání podle hodnoty intenzity oslunění. Tlačítka mají vyšší prioritu a do automatického režimu přejdou žaluzie automaticky po 3 hodinách od poslední ho ručního ovládání.

Vytápěcí systém a ohřev teplé vody tedy TČ, plynový kotel a solární kolektory budou osazeny vlastní regulací a do řízení těchto zdrojů nebude zasahováno. Všechny otopné tělesa budou osazeny ovládacími termohlavicemi, které budou ovládány termostaty. Čerpadlo na TV bude spínáno v určitých intervalech automaticky, tak aby byla teplá voda okamžitě k dispozici.

8.2 Použité prvky systému KNX

Prvky systému KNX mohou být díky otevřenosti protokolu a díky KNXA certifikaci jednotlivých výrobků složeny z prvků různých výrobců, což přináší obrovskou škálu a výběr různých zařízení.

Tab. 42. Tabulka použitých prvků²

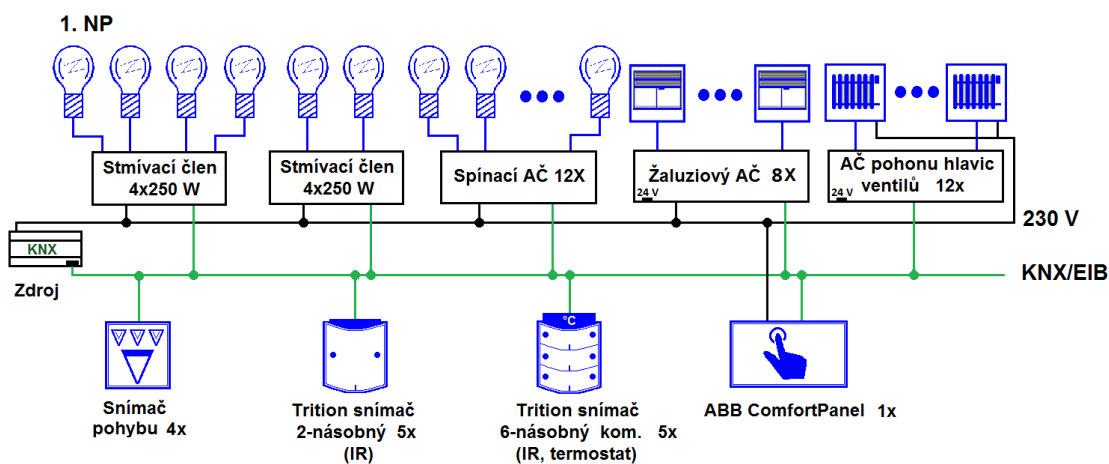
Prvek	Označení	Ks	Cena/kus	Cena
Trition snímač 1-/2 násobný s IR	6320-0-0008	13	1399 Kč	18187Kč
Trition snímač -3/6 násobný kom.	6320-0-0038	10	9699 Kč	96990 Kč
SMARTtouch Panel colour	6136-0-0185	1	31 896 Kč	31896 Kč
ABB ComfortPanel 9“	8136-0-0002	1	73 505 Kč	73 505 Kč
Snímač přítomnosti B-W DualLINE	6132-0-0299	3	855 Kč	2565 Kč
Snímač přítomnosti B-W 220 Prof.	6132-0-0160	1	7499 Kč	7499 Kč
Termohlavice ventilu, 230 V	2-D22-00-101	20	980 Kč	19600 Kč
Spojka sběrníková zapuštěná	6120 U-102-500	27	2399 Kč	64773 Kč
Modul KNX pro dotykový displej	6186-0-0021	1	7999 Kč	7999 Kč
KNX napájecí zdroj 640 mA	MTN684064	2	10699 Kč	21398 Kč
Vestavěná přepěťová ochrana	US/E 1	2	1500 Kč	3000 Kč
Řadová liniová spojka	LK/S 4.1	1	9999 Kč	9999 Kč
Řadové rozhraní USB	USB/S 1.1	1	6499 Kč	6499 Kč
Stmívací člen 4x250 W	3804 REGHE	3	11951 Kč	35853 Kč
Spínací akční člen 12-násobný, 10A	SA/S12. 10.1	2	13899 Kč	27798 Kč
Žaluziový AČ 8-násobný, 230V	JA/S 8.230.1M	1	16399 Kč	16399 Kč
Řadový AČ pohonu hlavice ventilů	VAA/A 6.24.1	2	12199	24398 Kč
	Celkem			468358 Kč

8.2.1 Popis řešení

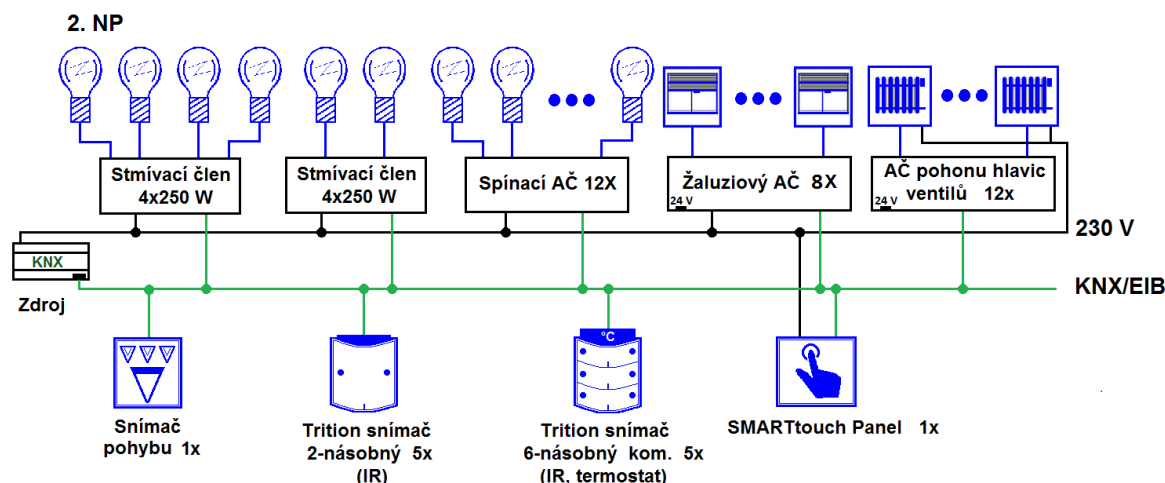
Suterén bude z důvodu úspor využívat pouze klasickou instalaci, a proto v něm nebude řešena KNX elektroinstalace.

² V tabulce nejsou prvky určené primárně pro EZS a PZTS

V nadzemních patrech budou pro možnost ovládání světel instalovány celkem dva spínací akční členy a tři stmívací členy. Každý stmívací člen bude moci spínat 4 okruhy do maximálního výkonu 250W a v jednotlivých patrech budou rozděleny rovnoměrně, bude však nutné vést dva okruhy z rozvodnice v 1. NP do 2. NP. Stmívání osvětlení na požadovanou úroveň se bude provádět podržením tlačítka, každé stmívané světlo bude ovládané z jednoho místa dvěma tlačítky. Zbylé světelné tělesa budou zapojena do okruhů na spínací AČ, pro každé patro použijí jeden spínací akční člen 12násobný 10A (možnost připojit až 12 samostatně ovladatelných okruhů). Prostřednictvím žaluziového akčního členu (x8) bude možné ovládat žaluzie v 1. NP v obývacím pokoji, jídelně (4x) a v 2. NP v pokojích z jižní strany (4x), opět však bude nutné vést okruhy mezi patry. Teplota v jednotlivých místnostech bude řízena prostřednictvím celkem 20 termohlavic, které budou ovládány pomocí dvou AČ pohonu termohlavic (x12). Jako snímače pro ovládání jednotlivých zařízení bude v každém patře rozmístěno několik dotykových snímačů, konkrétně trition snímač 1-/2 násobný s IR a trition snímač -3/6 násobný kombinovaný, který navíc obsahuje termostat a je vhodný pro ovládání vytápění, žaluzií i osvětlení. Světla na schodištích, chodbách a před domem budou také ovládány snímačem pohybu. Snímače pohybu jsou vybaveny také snímačem jasu, který brání automatickému snímání při vysoké intenzitě osvětlení. Žaluzie budou ovládány snímačem trition, který slouží také pro ovládání osvětlení. Chod žaluzií bude automaticky ovládán při překročení určité hraniční teploty v místnosti a také bude svázán se snímačem úrovně osvětlení. V obývacích pokojích budou umístěny centrální ovládací dotykové displeje, pro komfortní ovládání celého domu s funkcemi jako jsou časové programy, audio video funkce, mp3, internetová komunikace, mluvené vzkazy, simulace přítomnosti, řízení technologií a mnohé další. [28]



Obr. 42. Schéma zapojení KNX prvků v 1.NP



Obr. 43. Schéma zapojení KNX prvků v 2.NP

8.3 Regulace zdrojů tepla

Tepelné čerpadlo je vybaveno regulátorem Siemens RVS41. Regulátor řídí tepelné čerpadlo, ohřev TV, nabíjení akumulární nádrže, třístupňový bivalentní zdroj, v našem případě plynový kotel a dvě pole solárního systému. Regulátor má také vstup pro HDO, což je způsob regulace odběru elektrické energie. Instalace regulátoru je provedena uvnitř čerpadla v jeho rozvodnici.

Siemens RVS41 také zajišťuje ochranu proti zamrznutí, program dovolená, různé programy ohřevu TV, automatické přepínání léto/zima a další.

Komunikaci regulátoru s KNX prvky je možné řešit přes datové rozhraní KNX/RS 232 nebo přes TCP/IP rozhraní.

8.4 Poplachový zabezpečovací, tísňový a elektronický požární systém

Poplachový zabezpečovací a tísňový systém (PZTS) je založený na již instalovaném systému KNX a díky tomu se stává součástí inteligentní elektroinstalace, což opět zvyšuje komfort a rozšiřuje možnosti instalovaných prvků.

Použité detektory jsou zapojené v zónách pomocí sběrnice XIB, která je tvořena čtyř vodičovým kabelem LIYY 4x0,14 mm² a každá zóna musí být ukončena rezistorem. KNX prvek pro komunikaci s bezpečnostními prvky, bude použit bezpečnostní terminál MT/S 4.12.2M (MTS 8.15.2M) na který je možno připojit až 4 (8) zóny. Díky použití snímače skupinového hlášení pro připojení pasivních snímačů, získáme nové prvky do systému KNX, které můžeme využít na řízení osvětlení, topení a žaluzií.

Nastavení systému PZTS se provádí prostřednictvím dotykových panelů či online prostřednictvím chytrého mobilního telefonu, tabletu nebo počítače. Pro aktivaci a deaktivaci systému, bude nastavena „mrtvá doba“ při které nebude vyhlášen poplach. Elektronický požární systém (EPS) musí být v činnosti bez ohledu na nastavení systému a scénický režim.














Plášťová ochrana bude zabezpečena magnetickými detektory (typu MRS/W), pro detekci otevření dveří a oken. Vnitřní prostorová ochrana bude zajištěna infračervenými detektory pohybu.

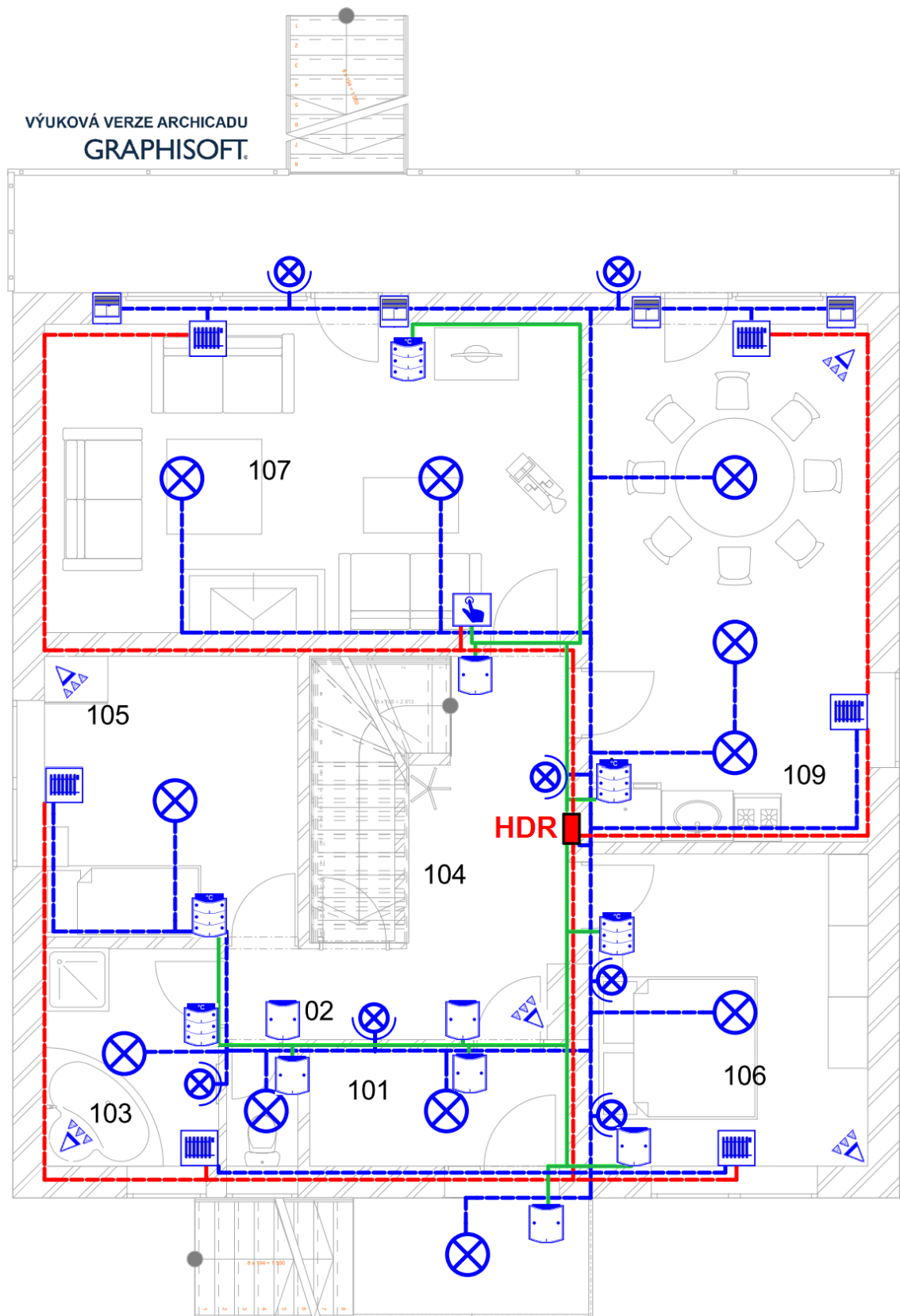
Pro zajištění požární bezpečnosti budou použity detektory hořlavých plynů v kuchyních a detektory kouře, konkrétně typu ORM2351, v systému bude také instalována jedna vnitřní a jedna venkovní akustická siréna, které budou připojeny přes bezpotenciálový kontakt pro spínání externích poplašných zařízení.

8.5 Rozmístění prvků

Tab. 43. Legenda použitých schématických značek

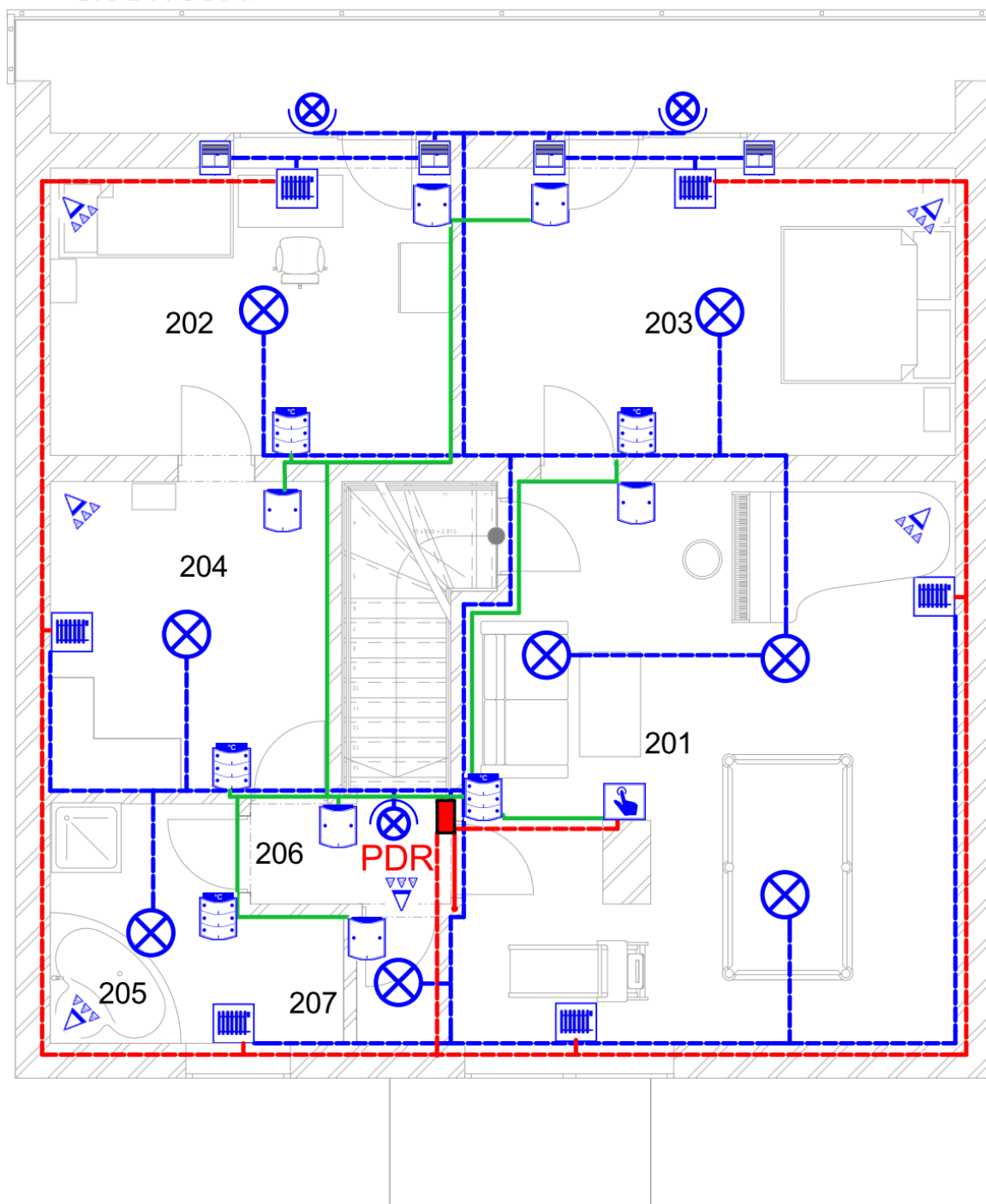
LEGENDA

SYMBOL	VÝZNAM
	SVĚTLO
	BODOVÉ NÁSTĚNNÉ SVĚTLO
	HLAVNÍ DOMOVNÍ ROZVODNICE
	PODRUŽNÁ DOMOVNÍ ROZVODNICE
	VEDENÍ 230 V
	VEDENÍ Z AČ
	KNX SBĚRNICE
	DETEKTOR POHYBU
	SNÍMAČ 2-NÁSOBNÝ
	SNÍMAČ 6-NÁSOBNÝ, KOMB
	DOTYKOVÝ PANEL
	ŽALUZIE
	TERMOHLAVICE



Obr. 44. Rozložení prvků 1.NP

VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU
GRAPHISOFT.



Obr. 45. Rozložení prvků 2.NP

Světelné okruhy jsou pro každé samostatně ovládané prvky vedeny z akčních členů zvlášť, stejně tak výstupy z akčních členů pro ovládání termohlavic a žaluzií.

Rozvody pro PIR detektory nejsou ve schématech pro přehlednost schémat zakresleny. Magnetické kontakty budou umístěny ve všech okenních prostorech. V domě budou také

instalovány, pro zajištění požární bezpečnosti, dva detektory hořlavých plynů v kuchyních a tři detektory kouře umístěné v technické místnosti v obytných patrech u kuchyní. V systému bude také instalována jedna vnitřní siréna umístěná uprostřed domu na chodbě a ze severní strany také jedna venkovní akustická siréna.

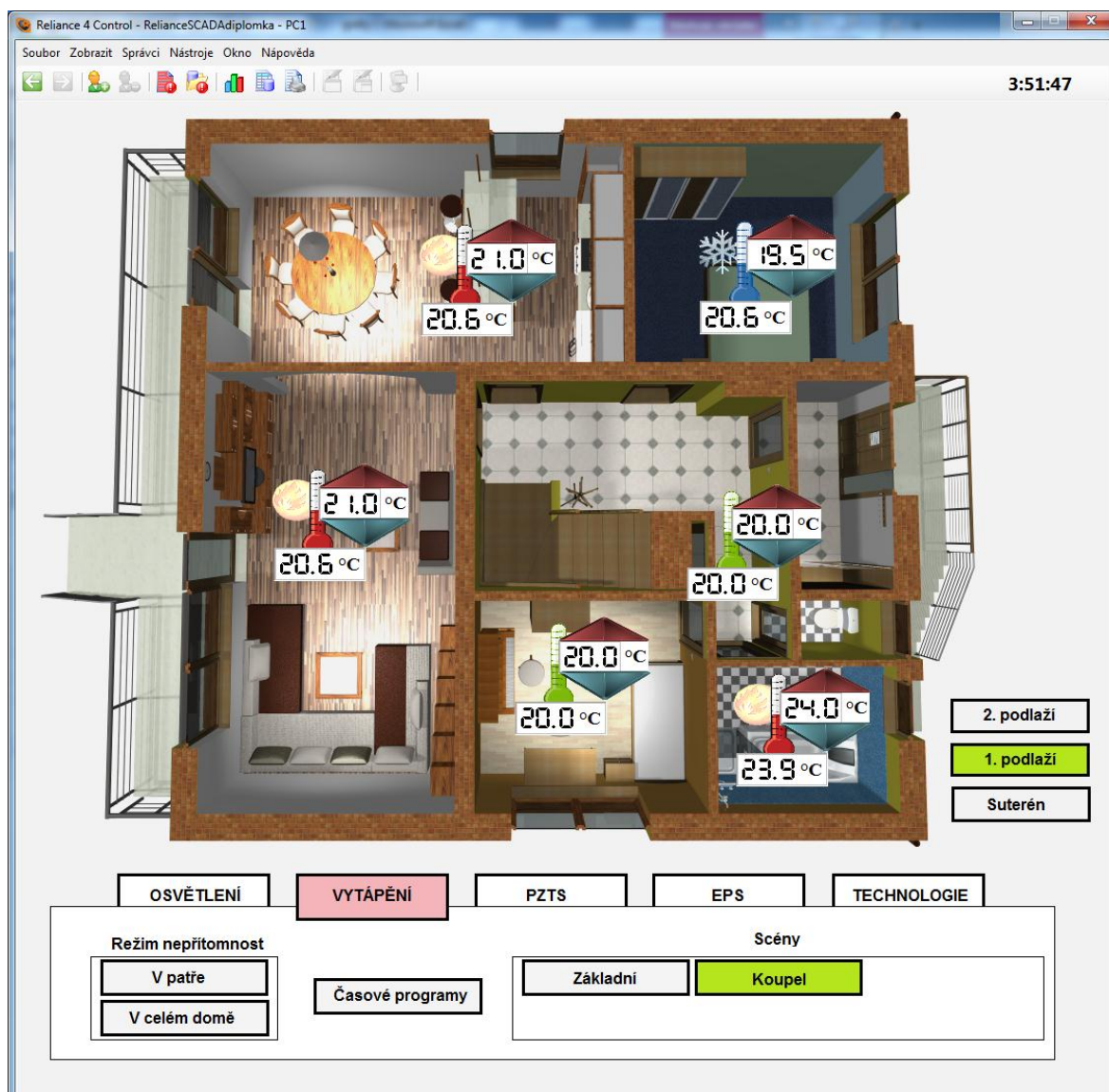
Všechny snímací bezpečnostní a požární prvky budou zapojeny do systému KNX přes bezpečnostní terminály MT/S 4.12.2M (MTS 8.15.2M).

8.6 Vizualizace vzdáleného ovládání

Pro dálkové řízení systémů budovy jsem navrhl vizualizaci systému SCADA. Ovládání prostřednictvím ethernetu podporuje ABB ComfortPanel. Byl použit program Reliance 4.



Obr. 46. Vizualizace ovládání osvětlení pro vybrané podlaží

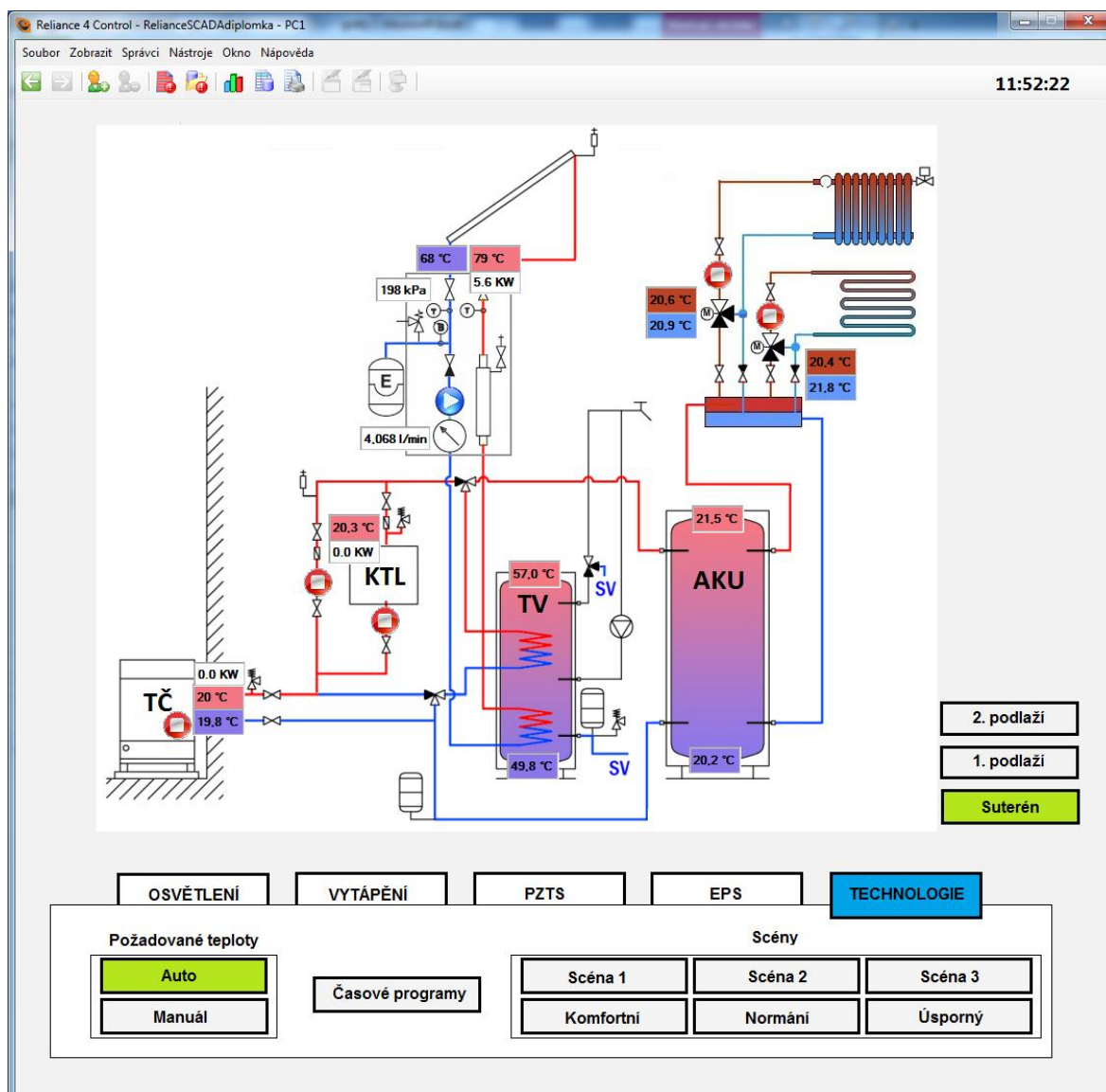


Obr. 47. Vizualizace ovládání vytápění pro vybrané podlaží

Při návrhu vizualizace byly použity obrázky, které mají často vazbu na určitou proměnu a mohou, tak přispět k přehlednosti.

Vzdálené ovládání vyžaduje, aby byl ABB ComfortPanel stále připojen k internetu. Pro přístup přes webové rozhraní je nutné zadat přihlašovací jméno a heslo, což je nutné pro ochranu před nežádoucími útoky.

Po přihlášení se jako základní okno zobrazí ovládání osvětlení a několik záložek, pomocí kterých je možné vybrat určitý systém, který chceme ovládat. V záložce osvětlení je možné jedním kliknutím vypnout veškeré osvětlení nebo osvětlení ve vybraném patře a vybrat požadovanou scénu. V grafickém menu je možné tažením posuvníku měnit intenzitu osvětlení nebo kliknutím na ikonu žárovky zhasnout popřípadě rozsvítit dané světlo.



Obr. 48. Vizualizace ovládání technologií

Záložka vytápění umožňuje vzdálené nastavení teplot v jednotlivých místnostech. Ovládání je velmi podobné jako u osvětlení. Mezi tlačítky je zobrazena nastavená teplota a pod teploměrem aktuální teplota. Na základě rozdílu teplot se mění obrázek teploměru, například pokud je přetopeno (čeká se, než se místnost ochladí) je teploměr modrý.

Dále jsou zde záložky EPS a PZTS, kde u PZTS můžeme systém zapnout nebo vypnout. Jsou zde také informace o stavu objektu a jednotlivých senzorech.

Poslední záložka technologie slouží k sledování stavu hydraulické soustavy. Je zde možnost přepínání mezi přednastavenými režimy, popřípadě ruční nastavení teplot vody v zásobnících. Při přepnutí do vyšších podlaží nabízí záložka ovládání a sledování stavu žaluzií.

9 NÁVRH FOTOVOLTAICKÉHO SYSTÉMU

Při návrhu rekonstrukce rodinného domu se počítá také s možností využití fotovoltaického systému. Před realizací takového systému je nutné vypočítat předpokládanou návratnost systému. Pro návrh je tedy nutné znát množství sluneční energie, orientaci, nastavení sklonu a účinnost fotovoltaických panelů.

Na základě analýzy trhu byly vybrány fotovoltaické panely Canadia Solar 250P, které dosahují účinnosti 17 % a jmenovitého výkonu 250 Wp. Na střechu garáže, která má ideální orientaci, bude umístěno 27 panelů o rozloze 43 m². Celkový jmenovitý výkon je 6,9 kWp. Jako střídač bude použit Fronius IG plus 100 o výkonu 8 kW. Zapojení bude provedeno jako „zelený bonus“, tedy vyrobená energie se bude primárně spotřebovávat přímo v domácnosti.

Tab. 44. Údaje fotovoltaického systému

Nadmořská výška	318 m n.m.
Technologie fotovoltaického systému	Krystalický křemík
Sklon modulu	35°
Orientace	Jih
Odhadované ztráty vlivem teploty	11,7 %
Odhadované ztráty vlivem úhlové odrazivosti	3,0 %
Ostatní ztráty	14,0 %
Celkové ztráty	26,3 %

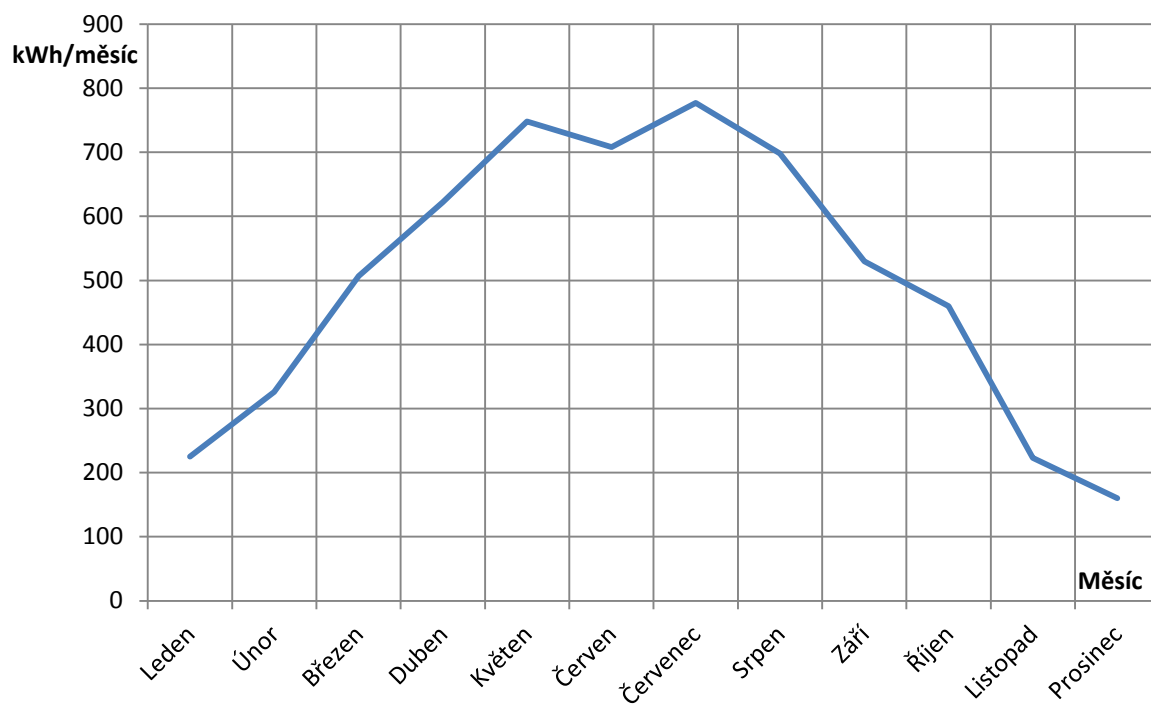
Pro výpočet intenzity slunečního záření jsem použil webové rozhraní využívající systém PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System). Program po zadání vstupních údajů vyhodnotí fotovoltaický systém pro daný systém.

Tab. 45. Získaná a dopadající energie

Pevný systém: sklon = 35°, orientace = 2°				
Měsíc	E_d	E_m	H_d	H_m
	[kWh]		[kWh/m ²]	
Leden	7,27	225	1,27	39,5
Únor	11,6	326	2,11	59
Březen	16,4	507	3,07	95,1
Duben	20,7	622	4,09	123
Květen	24,1	748	4,91	152
Červen	23,6	708	4,86	146
Červenec	25	777	5,2	161
Srpen	22,5	698	4,65	144
Září	17,7	530	3,5	105
Říjen	14,8	460	2,83	87,7
Listopad	7,45	223	1,35	40,6
Prosinec	5,15	160	0,91	28,2
Roční průměr	16,4	499	3,24	98,4
Celkem za rok	5994 [kWh]		1180 [kWh/m²]	

kde

 E_d – průměrná denní produkce elektřiny [kWh] E_m – průměrná měsíční produkce elektřiny [kWh] H_d – průměrné denní množství intenzity slunečního záření [kWh/m²] H_m – průměrné měsíční množství intenzity slunečního záření [kWh/m²]



Obr. 49. Závislost průměrného měsíčního zisku energie v jednotlivých měsících



Obr. 50. Fotovoltaický panel Canadia Solar 250P

Střídač Fronius IG Plus

9.1 Ekonomické hodnocení fotovoltaického systému

Pro výpočet návratnosti musím nejprve znát:

- Celkovou výši investice na fotovoltaický systém
- Předpokládané množství získané energie
- Výkupní cenu

Investiční náklady fotovoltaického systému

Tab. 46. Investiční náklady FV

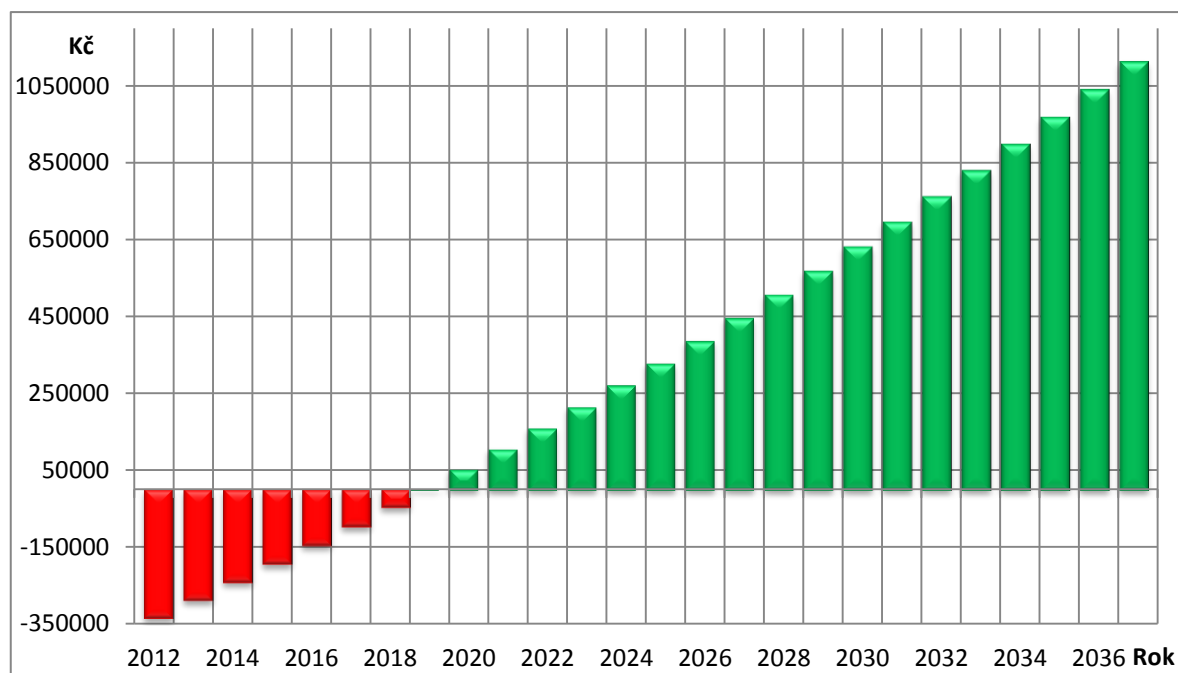
Systém	Cena (14% DPH)
Fotovoltaické panely	186 300 Kč
Měnič	78 600 Kč
Rozvaděč	24 500 Kč
Konstrukce	6 000 Kč
Montáž	39 000 Kč
Celkem	334 400 Kč

Celková cena fotovoltaického systému je 334 400 Kč a vypočtený roční zisk energie 5994 kWh/rok. Je zohledněna degradace fotovoltaických panelů o 0,9 % ročně, což je také garantováno výrobcem. Garantovaný výkon výrobce po 25 letech je 80 % původního výkonu.

Dotace při využití programu zelený bonus činí pro rok 2012 je 5,08 Kč/kWh a garantovaná valorizace o 2 až 4 %, pro výpočet je použito roční zvýšení o 2%. Pro výpočet bylo zvoleno, že se 75% vyrobené energie spotřebuje a zbylých 25% prodá do sítě. Dále je ve výpočtu zohledněna stoupající cena elektřiny o 4% ročně. Reálně však může zvýšení dosahovat i vyšších hodnot. Do celkové návratnosti je také zahrnuta diskontní sazba, inflace a náklady na údržbu 2000 Kč ročně. [27]

Tab. 47. Výnosnost fotovoltaické elektrárny

Počet let	Rok	zisk energie	Zelený Bonus		Cena elektřiny 75%		Prodej elektřiny 25%		Celkem ušetřeno	Rozdíl
[-]	[-]	[kWh]	$\left[\frac{Kč}{kWh}\right]$	[Kč]	$\left[\frac{Kč}{kWh}\right]$	[Kč]	$\left[\frac{Kč}{kWh}\right]$	[Kč]	[Kč]	[Kč]
0	2012	5994	5,08	30450	3,50	15734	0,90	1349	47532	-334 400
1	2013	5940	5,18	30781	3,64	16218	0,94	1390	48389	-288 868
2	2014	5887	5,29	31117	3,79	16716	0,97	1433	49266	-242 478
3	2015	5835	5,39	31456	3,94	17229	1,01	1477	50163	-195 213
4	2016	5782	5,50	31799	4,09	17759	1,05	1522	51080	-147 050
5	2017	5731	5,61	32146	4,26	18304	1,09	1569	52019	-97 970
6	2018	5680	5,72	32496	4,43	18867	1,14	1617	52980	-47 950
7	2019	5629	5,84	32851	4,61	19446	1,18	1667	53964	3 030
8	2020	5579	5,95	33209	4,79	20044	1,23	1718	54971	54 994
9	2021	5529	6,07	33571	4,98	20660	1,28	1771	56001	107 965
10	2022	5480	6,19	33937	5,18	21295	1,33	1825	57057	161 966
11	2023	5431	6,32	34307	5,39	21949	1,39	1881	58137	217 023
12	2024	5382	6,44	34681	5,60	22623	1,44	1939	59243	273 159
13	2025	5334	6,57	35059	5,83	23318	1,50	1999	60376	330 402
14	2026	5287	6,70	35441	6,06	24035	1,56	2060	61536	388 778
15	2027	5240	6,84	35827	6,30	24773	1,62	2123	62724	448 314
16	2028	5193	6,97	36218	6,56	25534	1,69	2189	63941	509 038
17	2029	5147	7,11	36613	6,82	26319	1,75	2256	65187	570 978
18	2030	5101	7,26	37012	7,09	27127	1,82	2325	66464	634 166
19	2031	5055	7,40	37416	7,37	27961	1,90	2397	67773	698 630
20	2032	5010	7,55	37823	7,67	28820	1,97	2470	69113	764 403
21	2033	4965	7,70	38236	7,98	29705	2,05	2546	70487	831 516
22	2034	4921	7,85	38653	8,29	30618	2,13	2624	71895	900 003
23	2035	4877	8,01	39074	8,63	31558	2,22	2705	73337	969 898
24	2036	4834	8,17	39500	8,97	32528	2,31	2788	74816	1 041 236
25	2037	4791	8,33	39931	9,33	33527	2,40	2874	76332	1 114 052



Obr. 51. Výnosnost fotovoltaické elektrárny

10 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PROJEKTU

V této kapitole jsou shrnuty celkové náklady na rekonstrukci a zhodnocení jednotlivých částí. U systému vytápění a ohřevu TV je provedeno porovnání s jinými možnými zdroji tepelné energie a především se stavem před rekonstrukcí.

V tabulce (Tab. 48) je uvedeno shrnutí veškerých nákladů na rekonstrukci.

Tab. 48. Celkové investiční náklady

Silnoproudá elektroinstalace	61 359 Kč
Sběrníková elektroinstalace	623 857 Kč
Konstrukční úpravy	329 720 Kč
Otopný systém	586 660 Kč
Fotovoltaický systém	334 400 Kč
Celkem	1 935 996 Kč

10.1 Náklady na silnoproudou elektroinstalaci

V domě je z důvodu instalace sběrníkového systému také navrhnutá kompletně nová silnoproudá elektroinstalace. Ceny zahrnují kabeláž, jističe, instalační krabice, revizi, zásuvky a dvoj zásuvky, proudový chránič, třífázovou propojovací lištu, lustrové svorky, montážní práce včetně materiálu, revizi a silnoproudé vypínače, které jsou umístěny pouze v suterénu. Hromosvod zůstane původní, proto není do celkové ceny započítán.

Tab. 49. Náklady na silnoproudou elektroinstalaci

Kabeláž	20 499 Kč
Prvky (zásuvky, jističe, proudový chránič a další)	16 860 Kč
Montážní a bourací práce	20 000 Kč
Revize	4 000 Kč
Celkem	61 359 Kč

10.2 Náklady na sběrníkové systémy

Zde je zahrnuta pořizovací cena softwarových služeb, kabeláže, montáže a samotná cena KNX prvků, které jsou blíže rozvedeny v tabulce (Tab. 42).

Tab. 50. Náklady na sběrníkový systém

KNX prvky	468 358 Kč
Kabeláž	6 000 Kč
Softwarové služby	35 000 Kč
Prvky EZS a PZTS	106 499 Kč
Celkem	623 857 Kč

Hodnocení tohoto systému je velmi obtížné, neboť primárním účelem není snižování nákladů, ale především zvýšení komfortu, pohodlí a také bezpečnosti. Návratnost se počítá velmi obtížně. Lze však říci, že se investice může mnohonásobně vrátit už po jedné odvrácené loupeži či při včasném varování vzniku požáru.

10.3 Náklady na konstrukční úpravy

Do ceny je zahrnuto zateplení střechy, obvodové stěny, suterénu, včetně povrchových úprav a náklady spojené s montáží podlahového vytápění, tedy i finální podlahové úpravy. Většina prací bude provedena svépomocí pouze s odbornou konzultací.

Tab. 51. Náklady na konstrukční úpravy

Zateplení střechy	87 575 Kč
Zateplení obvodového zdiva a suterénu	157 580 Kč
Podlahové úpravy	84 565 Kč
Celkem	329 720 Kč

10.4 Náklady na otopný systém

Náklady na vybudování systému tvoří jednorázovou investici a zahrnují cenu otopného systému včetně montáže. Jedná se o konečné náklady, ve kterých jsou také zahrnuty veškeré prvky systému, včetně řízení a regulace, potrubí, čerpadel, zabezpečovacích a pojistných zařízení.

Tab. 52. Náklady na otopný systém

Tepelné čerpadlo + webserver + softstarter	159 560 Kč
Solární systém	195 000 Kč
Systémová jednotka + regulace	35 000 Kč
Akumulační nádrž	16 000 Kč
Nádrž na TV	20 940 Kč
Systém podlahového vytápění	149 000 Kč
Zbylé systémy	11 160 Kč
Celkem	586 660 Kč

10.5 Náklady na fotovoltaický systém

Náklady i návratnost fotovoltaického systému jsou rozebrány v kapitole: 9.1 - Ekonomické hodnocení fotovoltaického systému. Pro úplnost a přehlednost je zde tabulka s náklady uvedena znovu.

Tab. 53. Náklady na fotovoltaický systém

Fotovoltaické panely	186 300 Kč
Měnič	78 600 Kč
Rozvaděč	24 500 Kč
Konstrukce	6 000 Kč
Montáž	39 000 Kč
Celkem	334 400 Kč

10.6 Náklady na vytápění a ohřev teplé vody

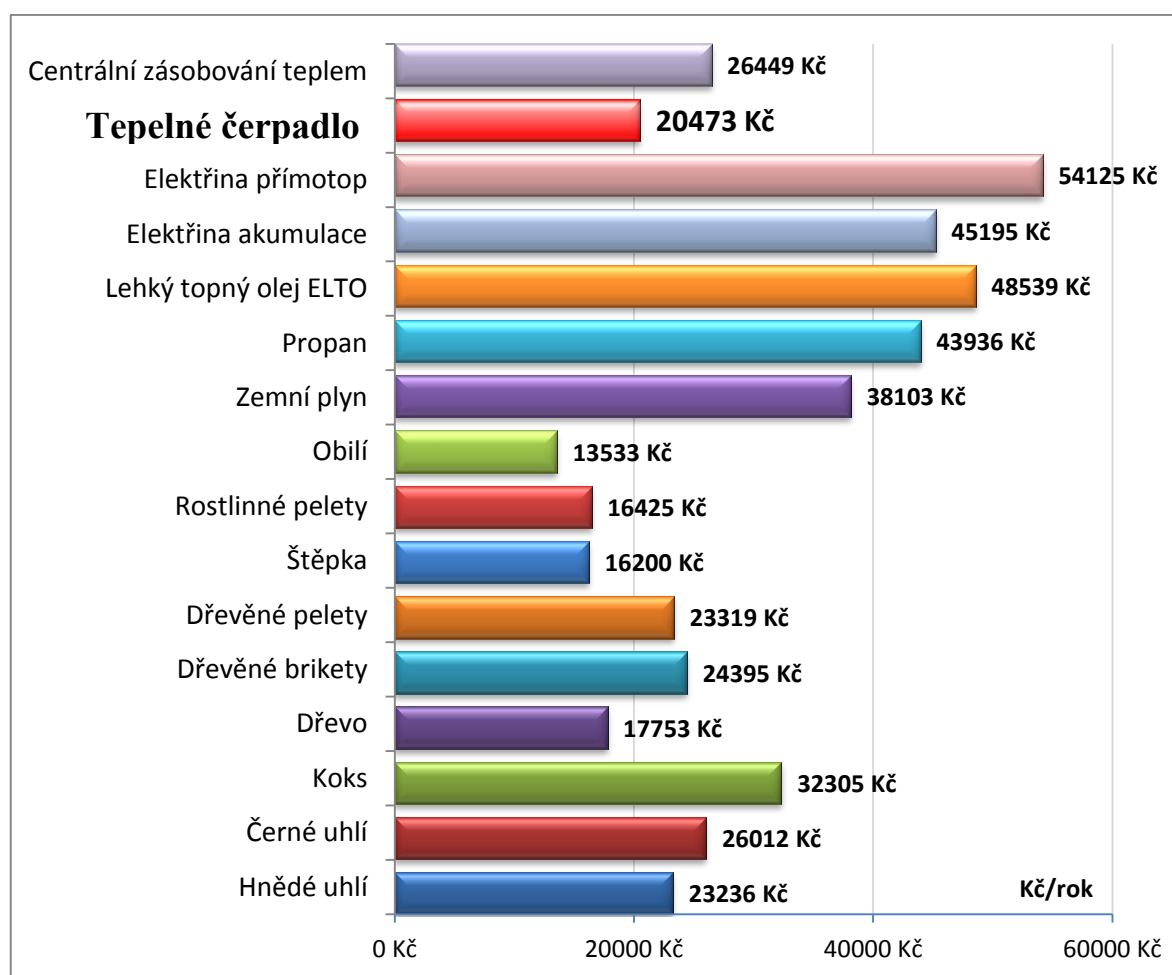
Náklady na vytápění a ohřev teplé vody jsou určeny na základě potřeby TV a tepelné ztráty domu.

Výpočet byl proveden pomocí webové aplikace umístěné na www.TZB-info.cz [40]. Potřeba tepla na vytápění je vyčíslena na 22,7 MWh/rok (81,6 GJ/rok) a potřeba energie na ohřev teplé vody 8MWh/rok (29,0 GJ/rok). Celková spotřebovaná energie je tedy 30,7 MWh/rok (110,6 GJ/rok).

V soustavě jsou však nainstalované solární kolektory o výkonu 11,3 MWh/rok a fotovoltaické panely o výkony 6,0 MWh/rok, které výrazně sníží celkové náklady

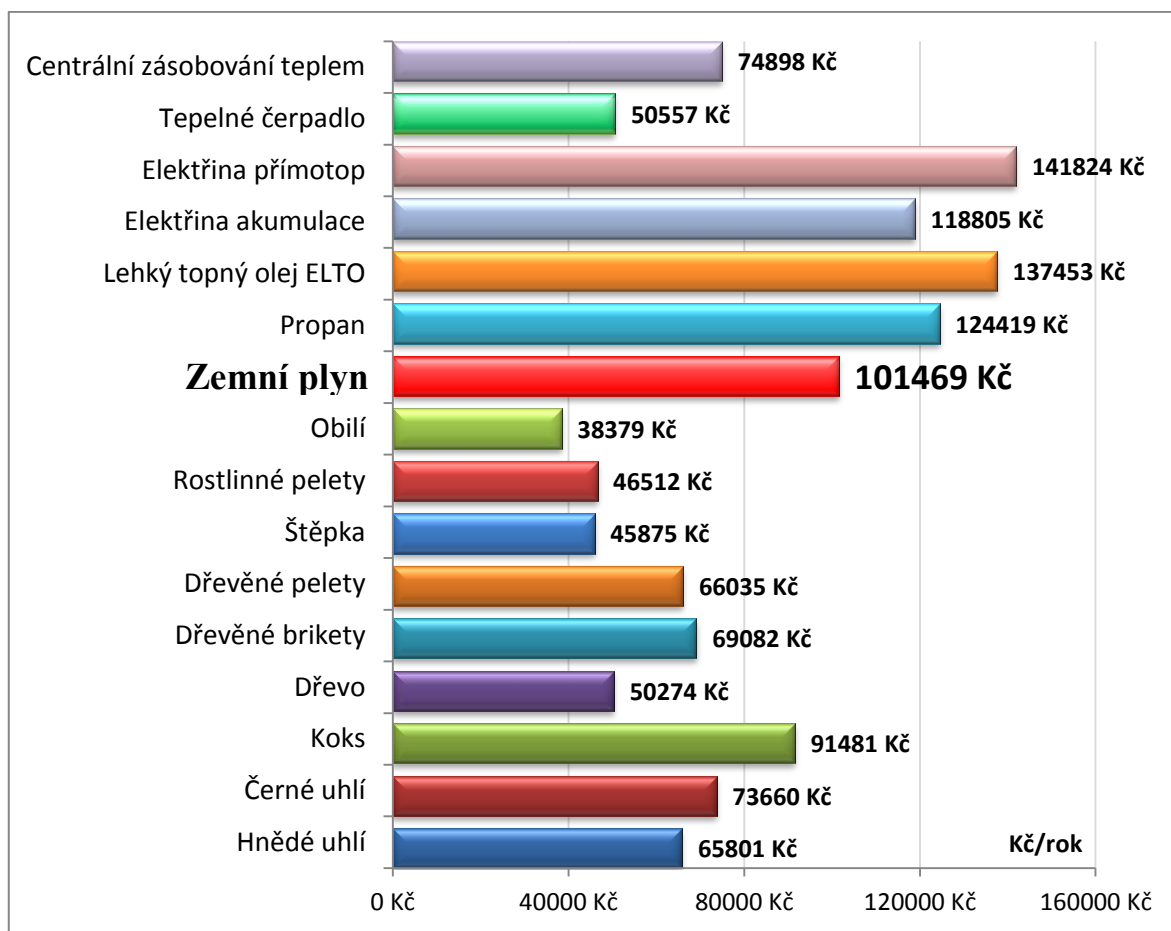
na vytápění a ohřev teplé vody. Pokud budeme vycházet z předpokladu, že dům dokáže efektivně využít 70% získané sluneční energie, sníží se celková potřeba tepla o 12,1 MWh/rok na 18,6 MWh/rok (67 GJ/rok).

V našem případě při využití tepelného čerpadla s vysokým průměrným topným faktorem (díky dostačující nízké teplotě vody na vytápění) činí celkové roční náklady 20 473 Kč.



Obr. 52. Náklady na vytápění a ohřev teplé vody po rekonstrukci

Pro výpočet návratnosti je třeba také znát celkové náklady na vytápění a ohřev teplé vody v původním stavu před rekonstrukcí. Naměřená celková spotřeba tepla činí 51 MWh/rok (183,5 GJ/rok) z toho 40,8 MWh/rok na vytápění a 10,2 MWh/rok na ohřev. Jako hlavní zdroj energie v původním stavu byl využíván plynový kotel. Z grafu je patrné, že celkové roční náklady na vytápění v původním stavu činí 101 469 Kč/rok.



Obr. 53. Náklady na vytápění a ohřev teplé vody před rekonstrukcí

Rozdíl v provozních nákladech na vytápění a ohřev teplé vody je 80 996 Kč/rok. Vzhledem k tomu, že počítám návratnost systému vytápění spolu s fotovoltaikou, je třeba k rozdílu připočíst zelený bonus, který činí 30 450 Kč. Rozdíl tak oproti původnímu stavu bude činit 111 446 Kč/rok.

Tab. 54. Ekonomické hodnocení systému na vytápění a ohřev TV

Investiční náklady	921 060 Kč
Investiční náklady po dobu životnosti	70 000 Kč
Doba hodnocení	20 let
Přínosy celkem za rok	111 446 Kč
Diskont	4,0 %
Inflace	3,5 %
Prostá doba návratnosti	8,98 let
Diskontní doba návratnosti	9,53 let
NPV (čistá současná hodnota)	1 115 525 Kč
IRR (vnitřní výnosné procento)	14,8 %

V tabulce (*Tab. 54*) jsou shrnuty celkové investiční náklady na otopnou soustavu včetně solárního systému spolu s fotovoltaickými panely, které se mohou zdát vysoké a činí 1 115 525 Kč. Diskontní doba návratnosti však vychází na přijatelných 9,5 let a vnitřní výnosové procento celého systému, které posuzuje efektivnost investice je 14,8 %.

ZÁVĚR

Podstatou diplomové práce bylo zrekonstruovat stávající rodinný dům a vytvořit návrh moderní nízkoenergetické budovy, která využívá obnovitelné zdroje energie. Práce je členěna do několika částí, které řeší rekonstrukci pláště budovy, návrh vytápěcího systému, ohřev teplé vody, návrh silnoproudé elektroinstalace a řídicích systémů budovy.

Úvod praktické části se zabývá výpočtem tepelných ztrát objektu a jeho následným zateplením tak, aby budova splňovala požadavky na nízkoenergetický dům. V letním období je řešena tepelná stabilita objektu, která při vhodném zastínění prosklených ploch splňuje normu a v rodinném domě postačí chlazení přirozeným větráním, čímž je budova ekonomicky velmi úsporná. Na základě vypočtených tepelných ztrát objektu a jednotlivých místností byla navržena vytápěcí soustava. S ohledem na komfort bydlení a ideální topný faktor tepelného čerpadla byl zvolen nízkoteplotní podlahový vytápěcí systém doplněný o původní klasická otopná tělesa, která budou i přes netradiční nízkou teplotu a snížení původního výkonu zajišťovat ohřev studeného vzduchu u prosklených ploch. Návrh počítá také s využitím stávajícího plynového kotle jako bivalentního zdroje a instalací solárních kolektorů, které budou sloužit primárně pro ohřev teplé vody.

Dalším bodem praktické části byl návrh silnoproudé a sběrníkové domovní elektroinstalace. Veškeré zásuvkové okruhy jsou navrženy s ohledem na předpokládané rozmístění elektrických spotřebičů. Světelné okruhy jsou vedeny přes akční členy KNX instalace, a tak do obvodu nejsou instalovány, s výjimkou suterénu, klasické silnoproudé vypínače. Ovládání a automatizace domu je zabezpečena prostřednictvím sběrníkového systému KNX. Jako centrální ovládací prvky byly navrženy dotykové panely, které budou umístěny v obývacích pokojích. Systém umožňuje také dálkové ovládání přes webové rozhraní (SCADA) a místní ovládání prvků v každé místnosti díky instalovaným dotykovým snímačům. Pomocí sběrníkového systému bude ovládáno osvětlení, vytápění, žaluzie, EPS a PZTS. Systémy EPS a PZTS využívají kombinaci prvků plášťové ochrany, prostorové ochrany a prvků detekující průvodní příznaky požáru. Oba systémy budou připojeny na sběrnici KNX, což umožní díky novým informacím rozšířit možnosti sběrníkové instalace a informovat vlastníka i přes webové rozhraní o stavu objektu.

Rekonstrukce byla navržena s ohledem na minimální provozní náklady a maximální komfort obyvatel. Tepelná soustava je projektována tak, aby zabezpečila žádanou tepelnou pohodu v průběhu celého roku.

CONCLUSION

The essence of this thesis was to renovate the existing house and create a modern low energy building project which uses renewable energy sources. The thesis is divided into several sections which deal with the reconstruction of the building envelope, designed heating system, water heating system, high-voltage electrical design and building control systems.

The introduction of the practical part deals with the calculation of building heat losses and its subsequent thermal insulation so that the building meets the requirements for low-energy house. In summer thermal stability of the building is solved. This stability, when appropriate glazed areas shading, meets the standard and natural air ventilation in the house is sufficient enough to keep the building economically efficient. The design for the heating system is based on the heat loss calculations of the building and individual rooms. With regard to the comfort of living and ideal COP (Coefficient Of Performance) of the heat pump, the low-temperature floor heating system completed with the original classic radiators has been selected. The original classic radiators, despite the unusual low temperature and reduced initial performance, will maintain the heating of glass surfaces. The design also envisages using the existing gas boiler as a bivalent source and installation of solar collectors, which will be used primarily for heating the water.

The next point of the practical part is high-voltage and bus system house wiring. All socket circuits are designed with the expected distribution of electrical appliances. Lighting circuits are routed through the installation of KNX actuators. These are not installed into the circuit, except in the basement; there are classic high-voltage switches. Controls and Home Automation is provided via the KNX bus system. Touched panels placed in the living rooms have been designed as central controls. The system also allows remote control via a web interface (SCADA) and local control with the touch sensors installed in each room. Lighting, heating, blinds, FDAS and I&HAS will be controlled by the bus system. The FDAS a I&HAS systems use a combination of house envelope protection elements, safety and spatial elements detecting signs of fire. Both systems will be connected to the KNX bus, which will enable the bus options to expand due to new information. The systems will also inform the owner about the status of the building through the web interface.

The reconstruction has been designed to minimize operating costs and maximize the comfort of the residents. The thermal system has been planned so as to provide the required thermal comfort throughout the year.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SMOLA, Josef a Lea TREUOVÁ. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů: návrhy a stavba svépomocí*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2011, 352 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [2] Tepelná pohoda a nepohoda. CENTNEROVÁ, Lada. *TZB-info* [online]. 2000 [cit. 2011-12-11]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/404-tepelna-pohoda-a-nepohoda>
- [3] ČSN EN ISO 7730. *Ergonomie tepelného prostředí*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [4] Modelování operativní teploty. KABELE, Karel. *TZB-info* [online]. 2004 [cit. 2011-12-23]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1422-modelovani-operativni-teploty>
- [5] Kvalita vnitřního prostředí v našich předpisech - mikroklima. MATHAUSEROVÁ, Zuzana. *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2012-01-22]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2470-kvalita-vnitriho-prostredi-v-nasich-predpisech-mikroklima>
- [6] ČSN EN 15665. *Větrání budov: Stanovení výkonových kritérií pro větrací systémy obytných budov*. Praha: Český normalizační ústav, 2009.
- [7] *Profesis RSS* [online]. 2012 [cit. 2012-01-27]. Dostupné z: <http://profesis.cz/>
- [8] Kvalita vnitřního ovzduší v budově - měření formaldehydu. BEDNÁŘOVÁ, Petra. *TZB-info* [online]. 2009 [cit. 2012-02-13]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/5764-kvalita-vnitriho-ovzdusi-v-budove-mereni-formaldehydu>
- [9] JANOTKOVÁ, Eva. *Technika prostředí*. Brno, 2010, 74 s. Dostupné z: <http://ottp.fme.vutbr.cz/vyuka/technikaprostredi/SylabyTP6.pdf>.
- [10] ČSN 73 0532. *Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků - Požadavky*. Praha: Český normalizační ústav, 2010.
- [11] Akustika staveb. KAŇKA, Jan. *TZB-info* [online]. 2009 [cit. 2012-02-14]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/akustika-staveb>
- [12] ČSN EN 12464. *Světlo a osvětlení: Osvětlení pracovních prostorů*. Praha: Český normalizační ústav, 2008.

- [13] Umělé osvětlení vnitřního prostředí. PŘIBÁŇOVÁ, Henrietta a Ariana LAJČÍKOVÁ. *TZB-info*[online]. 2003 [cit. 2012-02-24]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/1303-umele-osvetleni-vnitriho-prostredi>
- [14] ČSN 730580. *Denní osvětlení budov*. Praha: Český normalizační ústav, 2007.
- [15] ČSN 36 0020. *Sdružené osvětlení*. Praha: Český normalizační ústav, 2007.
- [16] TYWONIAK, Jan. *Nízkoenergetické domy: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 193 s. ISBN 80-247-1101-X.
- [17] TYWONIAK, Jan, Dušan PETRÁŠ a Jiří HIRŠ. *Nízkoenergetické domy 2: principy a příklady*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 193 s. ISBN 978-80-247-2061-6.
- [18] HUDEC, Mojmír, Dušan PETRÁŠ a Jiří HIRŠ. *Pasivní rodinný dům: proč a jak stavět*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 108 s. ISBN 978-80-247-2555-0
- [19] DAHLSVEEN, Trond, Dušan PETRÁŠ a Jiří HIRŠ. *Energetický audit budov: využití při obnově budov*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 295 s. ISBN 80-889-0586-9
- [20] HALLER, Andreas. *Solární energie: využití při obnově budov*. 1. vyd. Praha: Ikar, 2001, 177 s. ISBN 80-716-9580
- [21] KARLÍK, Robert a Lea TREUOVÁ. *Tepelné čerpadlo pro váš dům: návrhy a stavba svépomoci*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 109 s. Profi. ISBN 978-80-247-2720-2.
- [22] Velký test tepelných čerpadel. CENTNEROVÁ, Lada. *TZB-info* [online]. 2010 [cit. 2012-02-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/6841-velky-test-tepelnych-cerpadel>
- [23] THEMESSEL, Armin a Lea TREUOVÁ. *Solární systémy: návrhy a stavba svépomoci*. V Gradě 1. vyd. Praha: Grada, 2005, 116 s. ISBN 80-247-0589-3
- [24] Účinnost solárního kolektoru. MATUŠKA, Tomáš. *TZB-info* [online]. 2007 [cit. 2012-03-14]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/ucinnost-solarniho-kolektoru>
- [25] Garantované solární zisky. MATUŠKA, Tomáš. *TZB-info* [online]. 2009 [cit. 2012-03-18]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/5919-garantovane-solarni-zisky>

- [26] Trendy v solární tepelné technice. MATUŠKA, Tomáš. *TZB-info* [online]. 2005 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2638-trendy-v-solarni-tepelne-technice-i-kombinovane-solarni-soustavy>
- [27] Začínáme s fotovoltaickými panely. VOJÁČEK, Antonín. *TZB-info* [online]. 2009 [cit. 2012-03-20]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/6068-zaciname-s-fotovoltaickymi-panely>
- [28] Sběrnice KNX pro řízení budov - 1.část. VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.HW.cz* [online]. 2006 [cit. 2012-03-26]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/clanek/2006061001>
- [29] MERZ, Hermann, Thomas HANSEMANN a Christof HÜBNER. *Automatizované systémy budov: sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 261 s. ISBN 978-80-247-2367-9.
- [30] ČSN 730540. *Tepelná ochrana budov*. Praha: Český normalizační ústav, 2011.
- [31] ČSN EN ISO 13792. *Tepelné chování budov: Výpočet vnitřních teplot v místnosti v letním období bez strojního chlazení - Zjednodušené metody*. Praha: Český normalizační ústav, 2005.
- [32] ČSN EN 12831. *Tepelné soustavy v budovách: Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační ústav, 2005.
- [33] Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. VOJÁČEK, Antonín. *TZB-info* [online]. 2012 [cit. 2012-04-01]. Dostupné z: <http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>
- [34] DAHLSVEEN, Trond, Dušan PETRÁŠ a Jiří HIRŠ. *Energetický audit budov: využití při obnově budov*. 1. vyd. Bratislava: Jaga group, 2003, 295 s. ISBN 80-889-0586-9.
- [35] ČSN 060320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační ústav, 2006.
- [36] ČSN 06 0830. *Tepelné soustavy v budovách: Zabezpečovací zařízení*. Praha: Český normalizační ústav, 2006.
- [37] ČSN 33 2180. *Elektrotechnické předpisy ČSN: Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů*. Praha: Český normalizační ústav, 1980.
- [38] ČSN 33 2130. *Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody*. Praha: Český normalizační ústav, 2009.

- [39] ČSN 33 2000. *Elektrické instalace nízkého napětí*. Praha: Český normalizační ústav, 2007.
- [40] Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva. *TZB-info* [online]. 2012 [cit. 2012-05-17]. Dostupné z: http://vytapieni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/269-porovnani-nakladu-na-vytapieni-podle-druhu-paliva?energie_gj=110.6

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ACK	Acknowledge
APCI	Application Layer Protocol Control Information
CRC	Cyclic Redundancy Check
ČSN	Česká technická norma
DALI	Digital Addressable lighting Interface
DN	Diamètre Nominal
DSI	Digital Signal Interface
EHS	Europen Home Systém Protocol
EIB	Europen Installation Bus
EN	Evropská norma
EPS	Elektrická požární signalizace
ETS	Engineering Tool Software
EZS	Elektronická zabezpečovací signalizace
FSK	Frequency shift keying
HDR	Hlavní domovní rozvodnice
HDS	Hlavní domovní skříň
ID	Identification
IP	Internet Protocol
ISO	Intenational Organisation for Standardization
kb/s	Kilobits per second
KNX	Konnex
KNXA	KNX Association
LS	Linková spojka
MaR	Měření a regulace

NP	Nadzemní podlaží
NPK	Nejvyšší přípustná koncentrace
OS	oblastní spojka
OSI	Open Systém Interconnection
PC	Persona Computer
PDR	Podružná domovní rozvodnice
PEL	Přípustný expoziční limit
PELV	Protective Extra-Low Voltage
PIR	Passive Infrared
PL	Power Line
PMV	Predicted Mean Vote
PP	Podzemní podlaží
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information Systém
PZTS	Poplachové zabezpečovací a tísňové systémy
RD	Rodinný dům
RF	Radio Frequency
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SCMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
SPF	Seasonal performance faktor
TCP	Transmission Control Protocol
TČ	Tepelné čerpadlo
TN-S	Terre, Neutre - Separé
TP	Twisted Pair
TPCI	Transport layer Protocol Control Information
TV	Teplá voda

USB Universal Serial Bus

WC Water Closet

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Pole tepelné pohody</i>	18
<i>Obr. 2. Závislost PPD na PMV.....</i>	20
<i>Obr. 3. Efektivita investice.....</i>	30
<i>Obr. 4. Rozdělení budov dle spotřeby energie.....</i>	31
<i>Obr. 5. Průkaz energetické náročnosti</i>	33
<i>Obr. 6 Energetický štítek obálky budovy</i>	34
<i>Obr. 7. Princip funkce tepelného čerpadla.....</i>	36
<i>Obr. 8. Bod bivalence tepelných čerpadel.....</i>	37
<i>Obr. 9. Tepelné čerpadlo vzduch - voda</i>	38
<i>Obr. 10. Tepelné čerpadlo voda - voda</i>	39
<i>Obr. 11. Tepelné čerpadlo země - voda</i>	40
<i>Obr. 12. Průměrné ceny energie na vytápění a ohřev teplé vody za rok.....</i>	42
<i>Obr. 13. Průměrný roční úhrn globálního horizontálního záření</i>	44
<i>Obr. 14. Typické křivky účinnosti různých druhů solárních kolektorů.....</i>	46
<i>Obr. 15. Fotovoltaický panel</i>	49
<i>Obr. 16. Aplikační možnosti systému KNX.....</i>	52
<i>Obr. 17. Kroucený pár</i>	56
<i>Obr. 18. Úplné topologické uspořádání systémové instalace KNX/EIB.....</i>	58
<i>Obr. 19. ISO/OSI model.....</i>	59
<i>Obr. 20. Struktura KNX rámce</i>	60
<i>Obr. 21. 3D vizualizace domu po rekonstrukci v programu ArchiCAD</i>	64
<i>Obr. 22. Půdorys 1. PP.....</i>	66
<i>Obr. 23. Půdorys 1. NP.....</i>	67
<i>Obr. 24. Půdorys 2. NP.....</i>	69
<i>Obr. 25. Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce</i>	71
<i>Obr. 26. Rozložení tlaků vodní páry v typickém místě konstrukce</i>	73
<i>Obr. 27. Rozložení tepelných ztrát konstrukcemi</i>	79
<i>Obr. 28. Průběh teplot během modelového dne.....</i>	84
<i>Obr. 29. Energetický štítek obálky před rekonstrukcí (vlevo) a po rekonstrukci</i>	85
<i>Obr. 30. Hydraulické zapojení tepelné soustavy</i>	88
<i>Obr. 31. Spotřeba a dodávka teplé vody.....</i>	90

<i>Obr. 32. Podlahové vytápění nad vytápěným prostorem.....</i>	<i>94</i>
<i>Obr. 33. Podlahové vytápění nad částečně vytápěným prostorem</i>	<i>95</i>
<i>Obr. 34. Graf pro návrh podlahového vytápění</i>	<i>97</i>
<i>Obr. 35. Grafy pro návrh podlahového vytápění.....</i>	<i>101</i>
<i>Obr. 36. Podružná domovní rozvodnice 1. PP</i>	<i>113</i>
<i>Obr. 37. Elektroinstalace silnoprůdých rozvodů 1. PP</i>	<i>114</i>
<i>Obr. 38. Hlavní domovní rozvodnice 1. NP</i>	<i>115</i>
<i>Obr. 39. Elektroinstalace silnoprůdých rozvodů 1. NP</i>	<i>116</i>
<i>Obr. 40. Podružná domovní rozvodnice 2. NP</i>	<i>117</i>
<i>Obr. 41. Elektroinstalace silnoprůdých rozvodů 2. NP</i>	<i>118</i>
<i>Obr. 42. Schéma zapojení KNX prvků v 1.NP</i>	<i>121</i>
<i>Obr. 43. Schéma zapojení KNX prvků v 2.NP</i>	<i>122</i>
<i>Obr. 44. Rozložení prvků 1.NP</i>	<i>124</i>
<i>Obr. 45. Rozložení prvků 2.NP</i>	<i>125</i>
<i>Obr. 46. Vizualizace ovládání osvětlení pro vybrané podlaží</i>	<i>126</i>
<i>Obr. 47. Vizualizace ovládání vytápění pro vybrané podlaží.....</i>	<i>127</i>
<i>Obr. 48. Vizualizace ovládání technologií.....</i>	<i>128</i>
<i>Obr. 49. Závislost průměrného měsíčního zisku energie v jednotlivých měsících</i>	<i>131</i>
<i>Obr. 50. Fotovoltaický panel Canadia Solar 250P Střídač Fronius IG Plus.....</i>	<i>131</i>
<i>Obr. 51. Výnosnost fotovoltaické elektrárny</i>	<i>134</i>
<i>Obr. 52. Náklady na vytápění a ohřev teplé vody po rekonstrukci.....</i>	<i>138</i>
<i>Obr. 53. Náklady na vytápění a ohřev teplé vody před rekonstrukci</i>	<i>139</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1. Hodnoty produkce tepla člověkem.....</i>	<i>14</i>
<i>Tab. 2. Závislost proměnné A na rychlosti proudění vzduchu.....</i>	<i>15</i>
<i>Tab. 3. Požadavky na rychlost proudění vzduchu v obytných místnostech</i>	<i>16</i>
<i>Tab. 4. Hlavní zdroje vlhkosti v obytných budovách</i>	<i>17</i>
<i>Tab. 5. Stupně tepelné pohody.....</i>	<i>18</i>
<i>Tab. 6. PEL a NPK vybraných škodlivin</i>	<i>24</i>
<i>Tab. 7. Požadavky na větrání obytných budov dle normy ČSN EN 15665/Z1 [6]</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 8. Požadavky na činitele denního osvětlení [14]</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 9. Požadavky na umělé osvětlení</i>	<i>28</i>
<i>Tab. 10. Hodnoty činitele denního osvětlení u sdruženého osvětlení</i>	<i>29</i>
<i>Tab. 11. Třída energetické náročnosti vybraných budov</i>	<i>32</i>
<i>Tab. 12. Naměřené hodnoty SPF za jednotlivé topné sezóny</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 13. Rozdíly topných faktorů dle použitého vytápění</i>	<i>41</i>
<i>Tab. 14. Rozložení spotřeby elektřiny.....</i>	<i>43</i>
<i>Tab. 15. Stav potvrzení</i>	<i>61</i>
<i>Tab. 16. Ceny ETS 4</i>	<i>61</i>
<i>Tab. 17. Okrajové podmínky.....</i>	<i>64</i>
<i>Tab. 18. Rozpis místností 1. PP</i>	<i>66</i>
<i>Tab. 19. Rozpis místností 1. NP</i>	<i>68</i>
<i>Tab. 20. Rozpis místností 2. NP</i>	<i>69</i>
<i>Tab. 21. Součinitel prostupu tepla původních plášťových konstrukcí</i>	<i>70</i>
<i>Tab. 22. Součinitel prostupu tepla rekonstruovaných plášťových konstrukcí</i>	<i>72</i>
<i>Tab. 23. Součinitel přestupu tepla obvodové stěny.....</i>	<i>73</i>
<i>Tab. 24. Tepelná ztráta větráním.....</i>	<i>77</i>
<i>Tab. 25. Tepelná ztráta prostupem po rekonstrukci</i>	<i>78</i>
<i>Tab. 26. Ztráta prostupem jednotlivých konstrukcí</i>	<i>79</i>
<i>Tab. 27. Celková tepelná ztráta po rekonstrukci</i>	<i>80</i>
<i>Tab. 28. Nejvyšší přípustné denní teploty vzduchu v místnosti v letním období</i>	<i>81</i>
<i>Tab. 29. Vstupní data pro výpočet</i>	<i>82</i>
<i>Tab. 30. Vnitřní teploty a tepelný tok.....</i>	<i>83</i>
<i>Tab. 31. Údaje pro návrh zásobníku na TV</i>	<i>89</i>
<i>Tab. 32. Spotřeba teplé vody</i>	<i>90</i>

<i>Tab. 33. Výkony otopných těles</i>	<i>93</i>
<i>Tab. 34. Výkony podlahového vytápění</i>	<i>95</i>
<i>Tab. 35. Parametry podlahového vytápění</i>	<i>98</i>
<i>Tab. 36. Parametry okruhů podlahového vytápění</i>	<i>99</i>
<i>Tab. 37. Celková bilance podlahového vytápění</i>	<i>99</i>
<i>Tab. 38. Parametry rozdělovačů</i>	<i>100</i>
<i>Tab. 39. Expanzní nádrže</i>	<i>107</i>
<i>Tab. 40. Rozdělení okruhů, počty zásuvek</i>	<i>111</i>
<i>Tab. 41. Legenda použitých schématických značek</i>	<i>112</i>
<i>Tab. 42. Tabulka použitých prvků</i>	<i>120</i>
<i>Tab. 43. Legenda použitých schématických značek</i>	<i>123</i>
<i>Tab. 44. Údaje fotovoltaického systému</i>	<i>129</i>
<i>Tab. 45. Získaná a dopadající energie</i>	<i>130</i>
<i>Tab. 46. Investiční náklady FV</i>	<i>132</i>
<i>Tab. 47. Výnosnost fotovoltaické elektrárny</i>	<i>133</i>
<i>Tab. 48. Celkové investiční náklady</i>	<i>135</i>
<i>Tab. 49. Náklady na silnoproudou elektroinstalaci</i>	<i>135</i>
<i>Tab. 50. Náklady na sběrníkový systém</i>	<i>136</i>
<i>Tab. 51. Náklady na konstrukční úpravy</i>	<i>136</i>
<i>Tab. 52. Náklady na otopný systém</i>	<i>137</i>
<i>Tab. 53. Náklady na fotovoltaický systém</i>	<i>137</i>
<i>Tab. 54. Ekonomické hodnocení systému na vytápění a ohřev TV</i>	<i>139</i>

OBSAH CD

Výkresová dokumentace

Technické listy

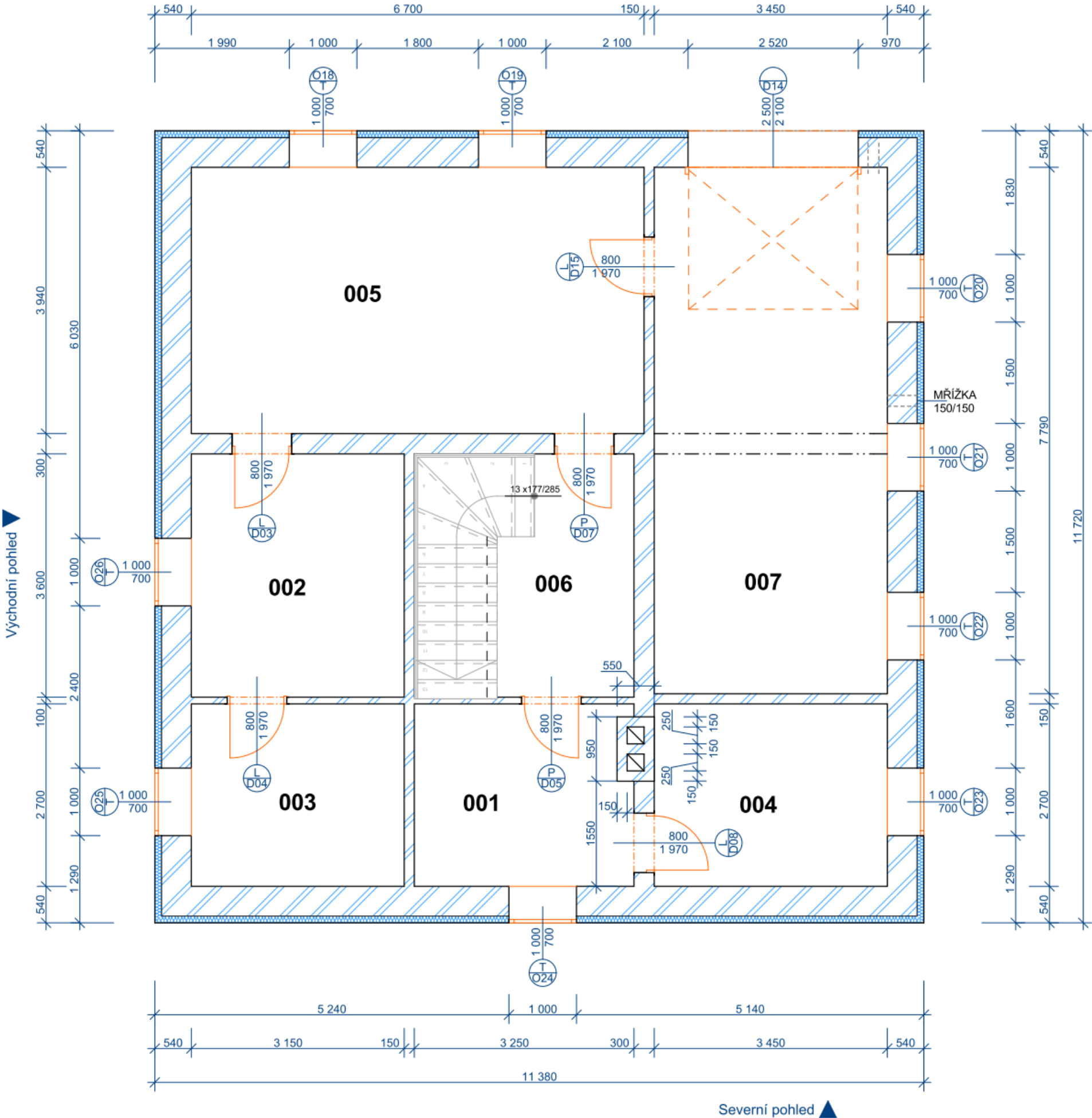
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I Půdorys 1. PP

Příloha P II Půdorys 1. NP

Příloha P III Půdorys 2. NP

PŮDORYS 1. PP



LEGENDA MÍSTNOSTÍ

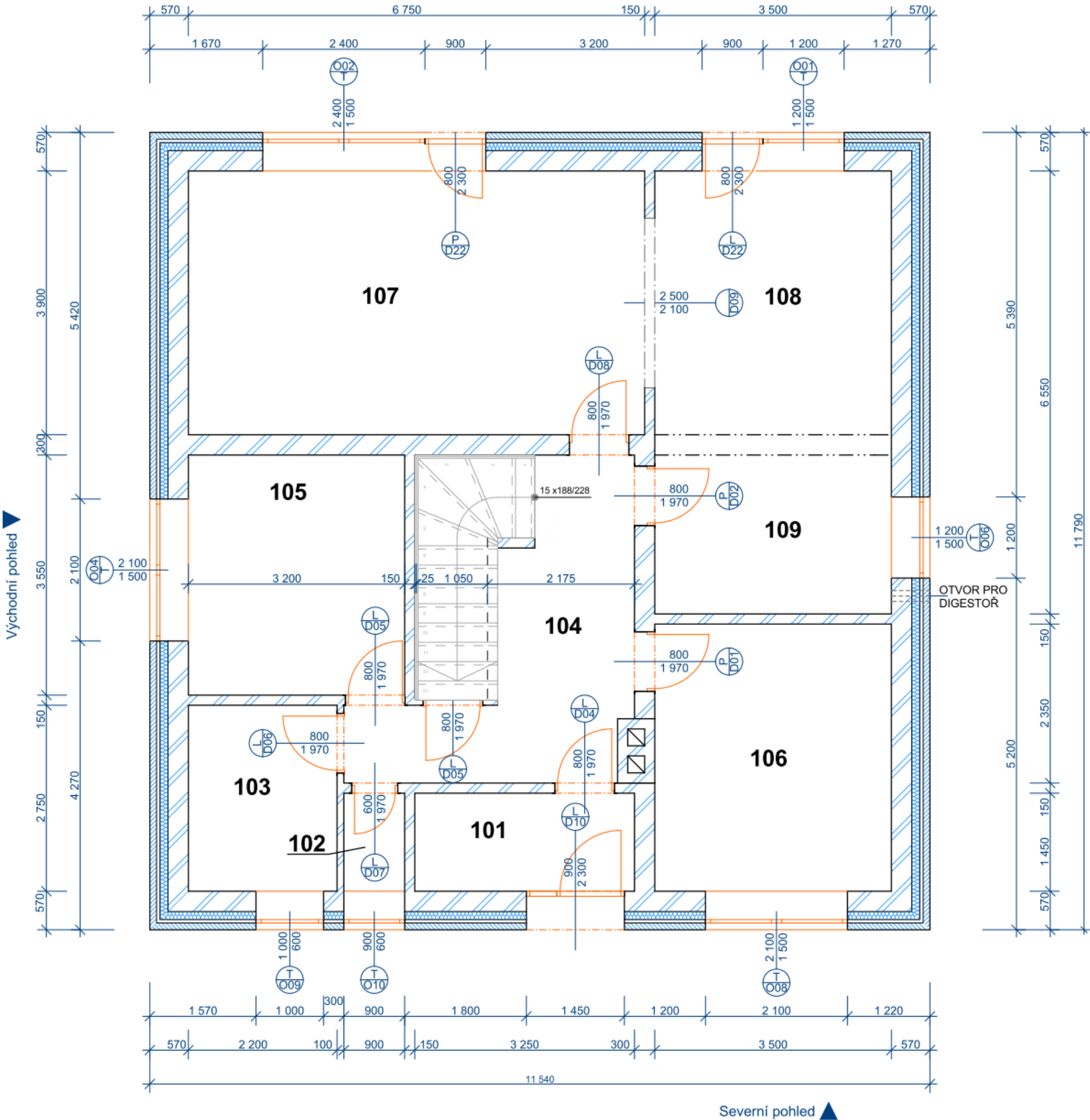
Č.M.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA [M²]	DRUH PODLAHY	ZVL. ÚPR. POVRCHU	POZNÁMKA
001	KOTELNA	11,4	CEMENTOVÝ POTÉR	PÁLENÁ OMÍTKA 1500	
002	SKLAD I	11,6	CEMENTOVÝ POTÉR		
003	SKLAD II	14,4	CEMENTOVÝ POTÉR		
004	SKLAD III	13,0	CEMENTOVÝ POTÉR		
005	PRÁDELNA	32,2	KER. DLAŽBA	OBKLAD 1500	
006	CHODBA	13,4	KER. DLAŽBA		
007	DÍLNA	26,6	CEMENTOVÝ POTÉR	PÁLENÁ OMÍTKA 1500	

LEGENDA MATERIÁLŮ

	OBVODOVÉ ZDIVO - KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM
	ZDIVO - TVÁRNICE

RODINNÝ DŮM KELČ 359		MĚŘÍTKO	1:60
		FORMÁT	A3
OBSAH	PŮDORYS 1.PP	DATUM	05/2012
VYPRACOVAL	BC. ADAM HLAVICA	ČÍSLO VÝK.	1/3

PŮDORYS 1. NP



LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA [M²]	DRUH PODLAHY	ZVL. ÚPR. POVRCHU	POZNÁMKA
101	ZÁDVEŘÍ	4,7	KER. DLAŽBA		
102	WC	1,3	KER. DLAŽBA	OBKLAD 1800	
103	KOUPELNA	6,1	KER. DLAŽBA	OBKLAD 1800	
104	CHODBA	17,4	KER. DLAŽBA		
105	POKOJ I	11,4	VLYSY		
106	POKOJ II	13,8	PVC		
107	OBÝVACÍ POKOJ	26,3	VLYSY		
108	JÍDELNA	13,7	VLYSY		
109	KUCHYŇ	9,3	VLYSY		

LEGENDA MATERIÁLŮ

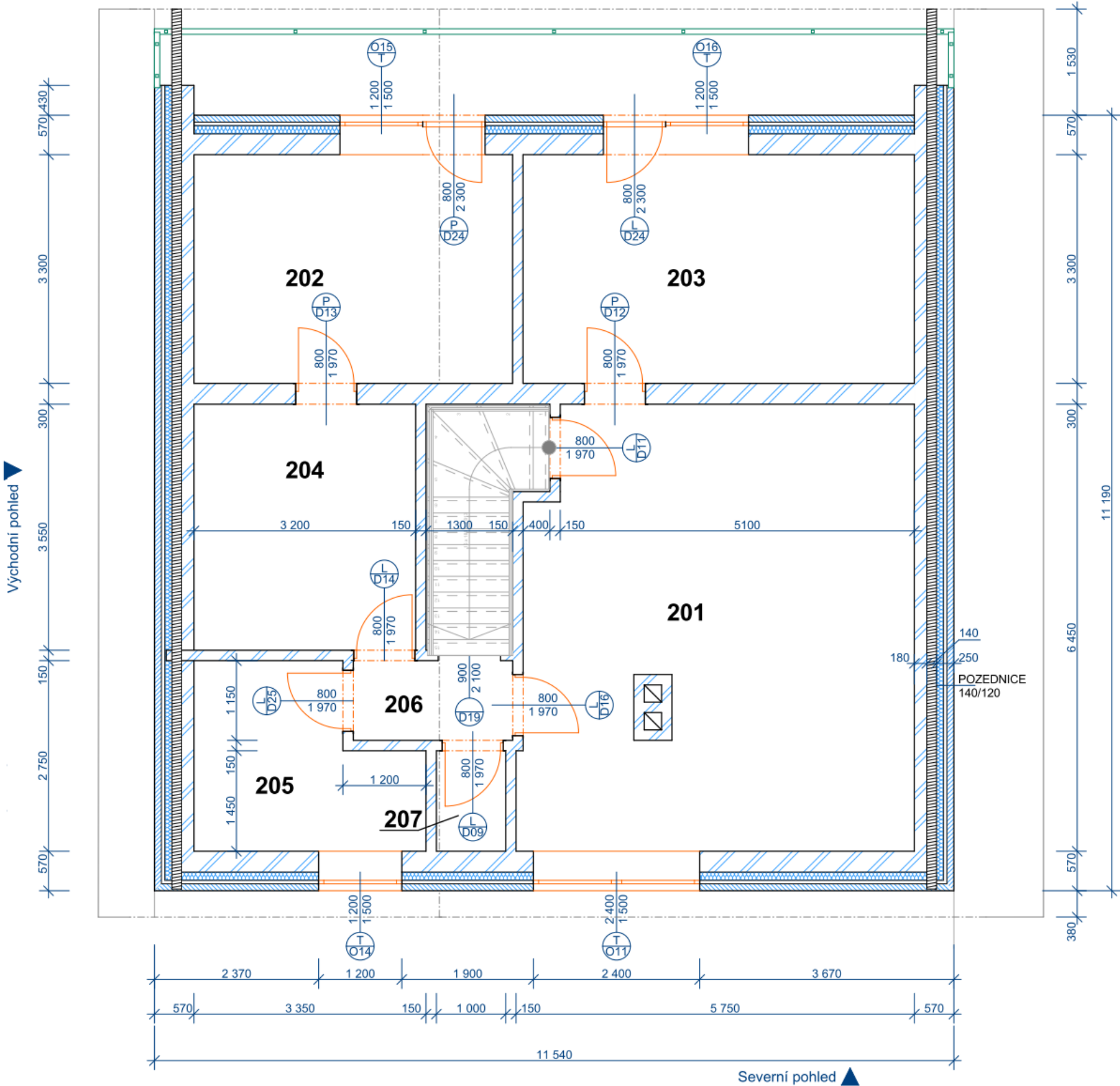
	OBVODOVÉ ZDIVO - DVOJITÁ IZOLACE
	ZDIVO - TVÁRNICE

RODINNÝ DŮM KELČ 359		MĚŘÍTKO	1:60
		FORMÁT	A3
OBSAH	PŮDORYS 1.NP	DATUM	05/2012
VYPRACOVAL	BC. ADAM HLAVICA	ČÍSLO VÝK.	2/3

PŮDORYS 2. NP

Jižní pohled ▼

VÝUKOVÁ VERZE ARCHICADU
GRAPHISOFT.



LEGENDA MÍSTNOSTÍ

Č.M.	ÚČEL MÍSTNOSTI	PLOCHA [M²]	DRUH PODLAHY	ZVL. ÚPR. POVRCHU	POZNÁMKA
201	OBÝVACÍ POKOJ	35,5	VLYSY		
202	POKOJ I	15,2	PVC		
203	POKOJ II	18,7	PVC		
204	KUCHYŇ	11,4	VLYSY		
205	KOUPELNA	8,8	KER. DLAŽBA		
206	CHODBA	2,7	KER. DLAŽBA		
207	WC	1,3	KER. DLAŽBA	OBKLAD 1800	

LEGENDA MATERIÁLŮ

	OBVODOVÉ ZDIVO - DVOJITÁ IZOLACE
	ZDIVO - TVÁRNICE

RODINNÝ DŮM KELČ 359		MĚŘÍTKO	1:60
		FORMÁT	A3
OBSAH	PŮDORYS 2.NP	DATUM	05/2012
VYPRACOVAL	BC. ADAM HLAVICA	ČÍSLO VÝK.	3/3