

Intelligentní RD II.

Intelligent family house

Bc. Michal Hmirák

Diplomová práce
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal HMIRÁK**
Osobní číslo: **A08451**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Inteligentní RD II.**

Zásady pro vypracování:

1. Studie energeticky úsporných budov zahrnující možné způsoby tvorby mikroklimatu.
2. Možnosti řízení, monitorování a komunikace systémů techniky budov.
3. Aplikace poznatků na konkrétní budovu.
4. Rodinný dům bude řízen sběrníkovým systémem Lonworks.
5. Systém vytápění řešte pomocí plynového kotle s otopnými tělesy a podlahovým vytápěním s využitím možnosti chlazení v letním období a využitím obnovitelných zdrojů (tepelné čerpadlo vzduch – voda) energie se solárními kolektory pro ohřev teplé vody.
6. Součástí řešení bude i elektroinstalace.
7. Dále bude navržen a integrován systém EPS, EZS.
8. Návrh SCADA systému a komunikační brány s protokolem TCP/IP vzdálené ovládání přes GSM.
9. Technicko ekonomické hodnocení projektu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. AULICKÝ, Václav, et al. Inteligentní budovy a ekologické stavby. Michal Janata. 1. vyd. Praha : Nakladatelství Dr. Josef Raabe, s.r.o, 2008. 280 s. ISBN 1803-4322
2. HERMANN, Merz, HANSEMAN, Thomas, HUBNER, Christof. Automatizované systémy budov : Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s, 2008. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9
3. KŘEČEK, Stanislav, et al. Příručka zabezpečovací techniky. 4. aktualiz. vyd. [s.l.] : Cricetus, 2002. 350 s. ISBN 80-902938-2-4.
4. HUMM, Othman. Nízkoenergetické domy. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, a.s, 1999. 353 s. ISBN 80-7169-657-9.
5. SCHRAMEK, Ernst-Rudolf. Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik : Einschliesslich Warmwasser und Kältetechnik. 1. Auflage. München : Oldenbourg Industrieverlag, 2007. 2030 s. ISBN 3-8356-3104-7.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Zálešák, CSc.

Ústav automatizace a řídicí techniky

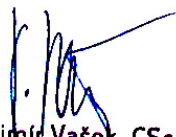
Datum zadání diplomové práce:

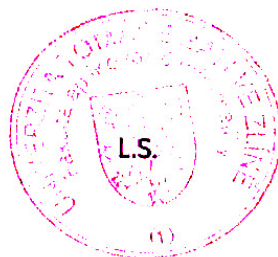
19. února 2010

Termín odevzdání diplomové práce:

8. června 2010

Ve Zlíně dne 19. února 2010


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Táto práca sa zaoberá problematikou návrhu systémov inteligentnej budovy. Úlohou bolo navrhnúť tepelnú sústavu s využitím tepelného čerpadla, plynového kotla a solárnych kolektorov, bezpečnostný systém, protipožiarnu ochranu a inteligentné osvetlenie. Bolo potrebné zvoliť jednotlivé prvky tak, aby umožňovali komunikáciu a riadenie jednotlivých systémov pomocou zbernicového systému LONWorks. Systémy použité v tejto práci sú volené s ohľadom na súčasné trendy v jednotlivých odvetviach a vytvárajú komfortné a bezpečné prostredie pre obyvateľov. Práca taktiež obsahuje teoretické informácie k riešenej problematike.

Kľúčové slová: inteligentný dom, tepelné čerpadlo, plynový kotol, solárny kolektor, LONWorks, DALI, bezpečnostný systém, požiarna signalizácia, SCADA

ABSTRACT

This thesis deals with questions of design of intelligent building. The main task was to design heating system using a heat pump, a gas boiler and solar thermal collectors, a security system, a fire detection system and an intelligent lighting system. It was necessary to design all parts of these systems with possibility of connection and control using LONWorks networking platform. All systems used in this thesis are chosen with consideration of current tendency in each branch of industry. These systems create comfort and secure living for their users. Thesis also contains theoretical background of solved problems.

Keywords: intelligent house, heat pump, gas boiler, solar thermal collector, LONWorks, security system, fire detection, SCADA

Na tomto mieste by som chcel poďakovať vedúcemu mojej práce, Ing. Martinovi Zálešákovi CSc., za jeho pomoc a metodické vedenie.

Taktiež by som chcel poďakovať mojím rodičom, ktorí mi umožnili štúdium na vysokej škole a počas štúdia ma hmotne a morálne podporovali.

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 ČASŤ	12
1 VNÚTORNÉ PROSTREDIE BUDOV	13
1.1 TEPELNÁ POHODA	13
1.1.1 Operatívna teplota	14
1.1.2 Vlhkosť vzduchu	14
1.1.3 Rýchlosť prúdenia vzduchu.....	16
1.1.4 Parametre tepelnej pohody	16
1.2 HYGIENICKÁ POHODA.....	17
1.3 VIZUÁLNA POHODA	18
1.3.1 Denné osvetlenie	19
1.3.2 Umelé osvetlenie.....	19
1.4 AKUSTICKÁ POHODA	20
2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY	22
2.1 NULOVÝ DOM.....	23
2.2 PASÍVNY DOM.....	26
2.3 NÍZKOENERGETICKÝ DOM	26
2.4 ZÁKLADNÉ PRAVIDLÁ KONŠTRUKCIE ENERGETICKY ÚSPORNÝCH DOMOV	26
2.4.1 Voľba miesta	26
2.4.2 Tvar a dispozícia domu	28
2.4.3 Konštrukcia domu	28
2.4.4 Okná	30
2.4.5 Tesnosť budovy.....	30
3 ÚSPORNÉ ZDROJE TEPELNEJ ENERGIE	31
3.1 PLYNOVÝ KONDENZAČNÝ KOTOL	32
3.2 TEPELNÉ ČERPADLO	34
3.2.1 Vzduch–vzduch.....	35
3.2.2 Vzduch-voda	35
3.2.3 Voda-voda	36
3.2.4 Zem-voda	36
3.2.5 Princíp činnosti kompresorového tepelného čerpadla.....	37
3.3 SOLÁRNE KOLEKTORY	38
4 KOMUNIKAČNÉ A RIADIACE SYSTÉMY	42
4.1 KNX	43
4.2 BACNET.....	44
4.3 LONWORKS.....	45
4.3.1 Protokol LONTalk.....	45
4.3.2 Uzol LONWorks	51

4.3.3	Sieťové premenné	52
4.3.4	Konfiguračné parametre	53
4.3.5	Interoperabilita	53
4.3.6	Funkčné bloky	53
4.3.7	Funkčné profily	54
4.3.8	LNS Server	55
4.3.9	Vývojové nástroje.....	55
4.4	DALI.....	55
II	PRAKTICKÁ ČASŤ	57
5	NÁVRH TECHNICKÉHO ZARIADENIA BUDOVY	58
5.1	POPIS BUDOVY A OKRAJOVÝCH PODMIENOK.....	58
5.1.1	Skladba konštrukcií	61
5.2	TEPELNO-TECHNICKÉ POSÚDENIE KONŠTRUKCIE	62
5.3	VÝPOČET STRATOVÉHO TEPELNÉHO VÝKONU PODĽA NORMY ČSN EN 12831	63
5.3.1	Tepelné straty prechodom tepla	65
5.3.2	Tepelné straty vetraním	66
5.3.3	Vykurovací tepelný výkon.....	67
5.3.4	Celkový stratový tepelný výkon objektu	68
5.4	PRECHOD TEPLA OBÁLKOU BUDOVY	69
5.5	TEPELNÉ ZISKY	70
6	NÁVRH TEPELNEJ SÚSTAVY	72
6.1	TEPELNÉ ČERPADLO	72
6.2	PLYNOVÝ KONDENZAČNÝ KOTOL	72
6.3	SOLÁRNE KOLEKTORY	73
6.4	HYDRAULICKÉ ZAPOJENIE	74
6.5	ZABEZPEČOVACIE ZARIADENIE TEPELNEJ SÚSTAVY	77
6.6	PODLAHOVÉ VYKUROVANIE	80
6.7	PODLAHOVÉ CHLADENIE	84
6.8	RADIÁTORY	85
6.9	OKRUH TÚV	89
7	NÁVRH SILNOPRÚDOVÝCH ROZVODOV	91
7.1	ZÁSUVKOVÉ OBVODY	92
7.2	SVETELNÉ OBVODY	93
7.3	KÚPEĽNOVÉ ROZVODY	94
8	NÁVRH INTELIGENTNEJ ELEKTROINŠTALÁCIE.....	98

8.1	TEPELNÁ SÚSTAVA	98
8.2	OSVETLENIE	99
8.3	BEZPEČNOSŤ	101
8.3.1	Elektronický zabezpečovací systém	101
8.3.2	Elektrická požiarne signalizácia.....	102
8.4	LONWORKS.....	105
9	OVLÁDANIE SYSTÉMU A VIZUALIZÁCIA	107
10	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE PROJEKTU.....	111
10.1	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE TEPELNEJ SÚSTAVY.....	111
10.2	TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE INTELIGENTNEJ ELEKTROINŠTALÁCIE...	114
10.3	CELKOVÉ TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE	114
	ZÁVER	116
	ZÁVER V ANGLIČTINE.....	117
	ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	118
	ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	122
	ZOZNAM OBRÁZKOV	123
	ZOZNAM TABULIEK	125
	ZOZNAM PRÍLOH.....	127

ÚVOD

V súčasnosti sa čoraz viac stretávame s využitím inteligentných technológií v domoch na bývanie. V minulosti bolo využívanie týchto technológií prevažne doménou priemyselných podnikov, administratívnych budov alebo obchodných centier, kde bolo potrebné automatizovať a riadiť technológie súvisiace s vnútornými klimatickými podmienkami, osvetlením, zabezpečením celého objektu a celkovej prevádzky. Dnes sú však tieto technológie verejne dostupné a natoľko populárne, že si prakticky každý môže zvýšiť svoj životný štandard využitím širokej ponuky, ktorá je dostupná na trhu.

Pojem inteligentná budova siaha až do 80-tych rokov minulého storočia. Sprvu sa jednalo vlastne len o automatizované budovy, neskôr pribudla schopnosť budovy reagovať na meniace sa podmienky a v súčasnosti je to schopnosť budovy efektívne uspokojovať meniace sa potreby užívateľov. Z toho vyplýva, že inteligentnú budovu môžeme chápať ako budovu, ktorá dokáže predvídať a reagovať na dané potreby automaticky a samostatne. Výraz inteligentná budova je však dnešnej dobe používaný aj na označenia moderných stavieb a za inteligentnú budovu sa považuje taká, ktorá zabezpečuje komfortné bývanie jej obyvateľov a ich efektívnu prácu. Je schopná zabezpečiť produktívne a nákladovo efektívne prostredie pomocou optimalizácie štyroch základných prvkov.

Ako prvý prvok vystupuje stavebná konštrukcia. Tá by mala byť volená s ohľadom na klimatické podmienky a hlavne navrhnutá tak, aby bolo možné maximalizovať úspory energie potrebné na prevádzku budovy. S týmto súvisí aj voľba tepelnej sústavy, ktorá by mala byť podľa trendov čo najviac energeticky úsporná s možnosťou využívania obnoviteľných zdrojov energie.

Ďalším prvkom sú zariadenia budovy. Tu je na výber nepreberné množstvo rôznych technológií, ktoré sú schopné zabezpečiť obyvateľom nadštandardný komfort a bezpečnosť.

Ďalším podstatným prvkom sú služby a manažment, ktoré ponúkajú tieto zariadenia. Systémy je možné ovládať pomocou rôznych rozhraní a z rôznych miest, či už priamo v budove, alebo pomocou siete internet, prípadne pomocou mobilného telefónu cez sieť GSM.

Posledným prvkom je vytváranie vzájomných vzťahov jednotlivých systémov, od ktorých sa bude odvíjať celková inteligencia budovy. Komunikáciou jednotlivých systémov medzi

sebou je možné zaistiť prispôsobenie sa meniacim podmienkam a vytvorenie požadovaného produktívneho a nákladovo efektívneho prostredia.

Úlohou tejto diplomovej práce je zaoberať sa všetkými spomenutými prvkami a navrhnúť všetky zodpovedajúce systémy tak, aby vytvorený návrh spĺňal všetky kritéria potrebné k tomu, aby mohol byť považovaný za inteligentný dom. Popísaný návrh však nie jedinou možnosťou, ale naopak, jednou z mnohých, pomocou ktorých je možné inteligentný dom vytvoriť.

Vývoj použitých technológií napreduje vysokým tempom a popísané prvky a technológie môžu byť v blízkej budúcnosti nahradené novými. Navrhnutá štruktúra a prepojenie systému je však viac menej nezávislá na použitých prvkoch a je možné ju modifikovať pre ďalšie využite.

I. TEORETICKÁ ČASŤ

1 VNÚTORNÉ PROSTREDIE BUDOV

Vzhľadom k dobe, ktorú človek strávi v interiéroch budov, má vnútorné prostredie výrazný vplyv na jeho zdravie a celkovú pohodu. Je preto potrebné zaistiť, aby miesto k pobytu malo splnené základné požiadavky na kvalitu vnútorného prostredia.

Vnútorné prostredie vytvára mnoho zložiek a parametrov. Medzi základné patria tepelné parametre, hygienické parametre, akustické parametre a svetelno-technické parametre. Zásadný vplyv na človeka majú tepelné parametre obytnej miestnosti a z hľadiska dopadu na ľudské zdravie je zásadným faktorom kvalita vzduchu.

1.1 Tepelná pohoda

Človek na základe svojich biologických pochodov neustále produkuje teplo, ktoré odovzdáva do svojho okolia. Stav, kedy prostredie odoberá toľko tepla, koľko práve produkuje, označujeme ako tepelná rovnováha. Teplo, ktoré človek vydá do okolia závisí na teplotnom spáde, na rozdiel teplôt medzi povrchom a tela a okolím. V prípade, že je prostredie príliš chladné a odoberá telu viac tepla ako produkuje, nastáva podchladenie. Organizmus sa tomu bráni fyzikálnou termoreguláciou, obmedzí prietok krvi do periférnych častí tela, ktoré tak pomocou zníženia povrchovej teploty znížia výdaj tepla do okolia. V prípade, že toto nestačí, môže sa aktivovať chemická termoregulácia. Takýmto procesom je svalový tras, kedy sa mení svalový výkon na teplo. Povrchová teplota pokožky je výsledkom neustálej interakcie medzi ľudským telom a prostredím, ktorému sa snaží prispôbiť.

Tepelná pohoda označuje taký stav prostredia, v ktorom je splnená podmienka tepelnej rovnováhy medzi ľudským telom a okolím. Význam má spôsob a rovnomernosť s akou človek teplo do prostredia vydá. Tepelná rovnováha nie je však jedinou podmienkou. Pre človeka je dôležitá aj radiačná pohoda. Teplo z okolia prijíma radiáciou a vyrobené teplo vydáva konvekciou. Pre tepelnú pohodu v miestnosti to znamená, že množstvo tepla, ktoré človek vydá konvekciou má byť minimálne rovnaké, pokiaľ možno väčšie, než teplo vydané do okolia radiáciou. Z tejto podmienky plynie maximálny prípustný rozdiel medzi teplotou vzduchu a stien. Okrem tepelnej rovnováhy a radiačnej pohody je ľudský organizmus ešte citlivý na rovnomerný odvod tepla do okolia v priestore a v čase. Z toho vyplýva, že ochladzovanie nôh sa nemôže príliš odlišovať od ochladzovania hlavy

a prúdenie vzduchu v miestnosti by malo byť rovnomerné. Tepelná pohoda prostredia závisí teda na tepelných parametroch prostredia, ktoré sa hodnotia nasledujúcimi hodnotiacimi veličinami [7].

1.1.1 Operatívna teplota

Je to vypočítaná hodnota, ktorá je výsledkom pôsobenia všetkých tepelných zložiek prostredia a vplyvu rýchlosti prúdenia vzduchu. K stanoveniu operatívnej teploty je potrebné poznať strednú radiačnú teplotu, θ_r , teplotu vzduchu, θ_a , a rýchlosť prúdenia.

Operatívna teplota, θ_o , je jednotná teplota uzatvoreného čierneho priestoru, v ktorom by telo zdieľalo radiáciou a konvekciou rovnaké množstvo tepla, ako v skutočnom teplotne nehomogénnom prostredí. Operatívna teplota sa určí podľa nasledujúceho vzťahu.

$$\theta_o = \theta_r + A \cdot (\theta_a - \theta_r) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1)$$

A - funkcia rýchlosti prúdenia vzduchu

Tab. 1. Závislosť činiteľa A na rýchlosti prúdenia vzduchu

v_a [m.s ⁻¹]	0,2	0,3	0,4	0,8	1,0
A	0,50	0,60	0,65	0,70	1

Pri rýchlostiach prúdenia vzduchu, v_a , menších ako je 0,2 m.s⁻¹, je možné nahradiť operatívnu teplotu teplotou guľového teplomeru. Pri iných rýchlostiach prúdenia, v_a , je možné radiačnú teplotu, θ_r , pre výpočet operatívnej teploty, určiť podľa nasledujúceho vzťahu.

$$\theta_r = \left[(\theta_g + 273)^4 + 2,9 \cdot 10^8 \cdot v_a^{0,6} \cdot (\theta_g - \theta_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2)$$

θ_g - výsledná teplota guľového teplomeru [°C]

Stredná radiačná teplota, θ_r , je homogénna teplota okolitých plôch, pri ktorej sa prenáša sálaním rovnaké množstvo tepla ako v skutočnom heterogénnom prostredí.

1.1.2 Vlhkosť vzduchu

Vlhkosť vzduchu udáva aké množstvo vodnej pary obsahuje dané množstvo vzduchu. Relatívna vlhkosť vzduchu udáva pomer medzi okamžitým množstvom vodných pár vo

vzduchu a množstvom pár, ktoré by mal vzduch s rovnakým tlakom a teplotou pri plnom nasýtení. Relatívnu vlhkosť je možné určiť podľa vzťahu

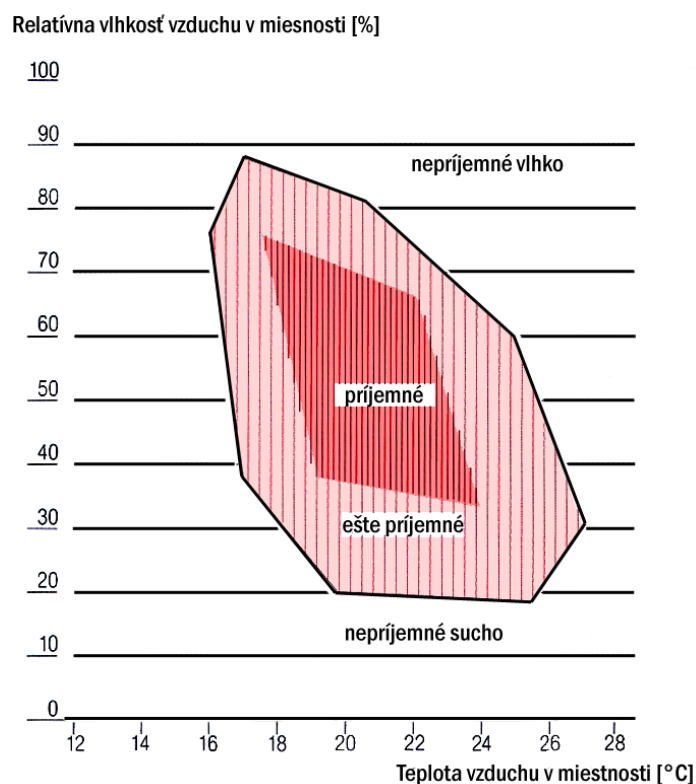
$$\phi = 100 \cdot \frac{m}{M} [\%] \quad (3)$$

m - hmotnosť vodnej pary obsiahnutej vo vzduchu [kg]

M - hmotnosť vodnej pary, ktorú by obsahoval rovnaký objem vzduchu, keby bol pri rovnakom tlaku a teplote nasýtený vodnými parami [kg]

Obecne je možné povedať, že so zvyšujúcou sa teplotou vzduchu by sa mala znižovať relatívna vlhkosť. Relatívna vlhkosť vnútorného vzduchu je doporučené udržiavať v rozmedzí 30 až 70 % s tým, že optimálna hodnota je 50 %.

Tieto rozsahy sú určené tak, aby sa znížilo riziko nepríjemne vlhkej alebo suchej kože, podráždenia očí, statickej elektriny, rastu mikroorganizmov a ochorení dýchacích ciest.



Obr. 1. Pole tepelnej pohody pre operatívnu teplotu a relatívnu vlhkosť

1.1.3 Rýchlosť prúdenia vzduchu

Na pocit tepelnej pohody má vplyv aj rýchlosť prúdenia vzduchu, kedy prúdenie vzduchu v miestnosti o rýchlosti vyššej ako $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ je často pociťované ako prievan.

Prirodzený pohyb vzduchu vzniká v dôsledku pôsobenia gravitačných síl, ktoré sú odvodené rozdielom hustôt vzduchu vonkajšieho a vnútorného, a tlakovými rozdielmi vznikajúcimi pri obtekaní budovy vetrom. Pôsobením tlakových síl vzniká v hornej časti pretlak a v dolnej podtlak. Rýchlosť prúdenia vzduchu sa mení na základe meniacej sa hustoty vzduchu, ktorá závisí od teploty. Najväčšiu rýchlosť prúdenia dosahuje vzduch v zimnom období, kedy je rozdiel teplôt medzi interiérom a exteriérom najväčší.

1.1.4 Parametre tepelnej pohody

Výpočty parametrov vychádzajú zo základnej tepelnej bilancie človeka, odkiaľ je odvodená rovnica pre výpočet stredného tepelného pocitu, *PMV*.

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot L \quad (4)$$

M - energetický výdaj človeka [W]

L - rozdiel energetického výdaja a tepla odvedeného bez mokrého potenia [W]

Parameter, *M*, zahŕňa energetickú náročnosť aktivity, ktorú človek v danom prostredí vykonáva. Parameter, *L*, zahŕňa hodnotiace veličiny, ktorými sú operatívna teplota, vlhkosť vzduchu a rýchlosť prúdenia vzduchu.

Výsledný stredný tepelný pocit je hodnotený sedemstupňovou stupnicou, +3 je horko, 0 je tepelná pohoda a -3 je zima.

Percentuálny podiel nespokojných, *PPD*, sa vyhodnocuje na základe stredného tepelného pocitu, *PMV*, podľa vzťahu

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp\left[-\left(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2\right)\right] \quad (5)$$

Stupeň obťažovania prievanom, *DR*, je samostatná jednotka pre posúdenie parametrov prostredia podľa normy ISO 7730 a vyjadruje percentuálny podiel osôb, u ktorých prevláda pocit obťažovania prievanom. *DR*, je možné vypočítať zo vzťahu

$$DR = (0,34 - \theta_a) \cdot (v - 0,05)^{0,62} \cdot (0,37 \cdot v_a \cdot Tu + 3,14) \quad (6)$$

Tu - miestna intenzita turbulencie [%][8]

1.2 Hygienická pohoda

Hygienická pohoda popisuje kvalitu vzduchu a zahŕňa parametre ako sú chemické škodliviny, radón, oxid uhličitý a biologické faktory.

Koncentrácie chemických škodlivín vo vnútri budov je závislá na koncentrácii škodlivín vo vetracom vzduchu, vnútorných zdrojov škodlivín, aktivite obyvateľov, stavebnom materiáli, zariadení bytu a čistoty bytu.

Vetracím vzduchom sa do interiéru prenášajú škodliviny obsiahnuté vo vonkajšom ovzduší. Jedná sa predovšetkým o základné škodliviny prašnej častice, SO_2 , NO_x , polycyklické aromatické uhľovodíky a CO.

CO – hlavným zdrojom je nedokonalé spaľovanie, ktoré prebieha v kotloch na pevné palivo, vo vykurovacích telesách na plyn bez odťahu spalín, krboch alebo kuchynských šporákov na plyn.

Formaldehyd – hlavným zdrojom sú stavebné materiály, nábytok, koberce, tesniace tmely a nátery. Vzhľadom k možným zdravotným dôsledkom pri vdychovaní formaldehydových výparov uvoľňovaných z týchto materiálov do ovzdušia, sa od jeho používania upustilo.

NO_x – oxidy dusíku. Zdrojom je zemný plyn pri spaľovaní, varení a príprave TUV.

SO_2 – nesúvisí s užívaním stavby a do objektu vniká netesnosťami z vonkajšieho prostredia.

Azbest – bol používaný pre svoje protipožiarne a tepelno-izolačné vlastnosti v širokom spektre stavebných materiálov a výrobkov. Vzhľadom k možným zdravotným dôsledkom pri vdychovaní azbestových vlákien uvoľňovaných z týchto materiálov do ovzdušia, sa od jeho používania upustilo.

Odéry – sú anorganické alebo organické látky plynnej povahy vnímané človekom ako vône alebo pachy. Priamo zdravie človeka neohrozujú, avšak znižujú hygienickú pohodu.

Radón – postupným vyžarovaním častíc alfa vznikajú z radónu pomerne rýchlo atómy olova, polónia alebo vizmutu. Ionizujúce žiarenie môže do budovy vnikáť z podlažia alebo sa môže uvoľňovať zo stavebných materiálov, pokiaľ by bolo pri ich výrobe použité suroviny s vyšším obsahom radónu.

CO₂ – je mierou zhoršenia kvality ovzdušia v miestnosti. Pri zvýšení koncentrácie CO₂ nad 0,1 % je možné hovoriť o zníženej kvalite vzduchu. Škodlivé pôsobenie nastáva pri koncentrácii 0,25 %. V príliš obsadených a nedostatočne vetraných miestnostiach môže tento stav nastať pomerne rýchlo.

V ovzduší vnútorného prostredia sa vyskytujú škodliviny biologického charakteru alebo organizmy, ktoré ovplyvňujú zdravie človeka. Výskyt roztočov a mikroorganizmov je spojovaný s vlhkosťou, ktorá sa v interiery vyskytuje predovšetkým vo forme stavebných nedostatkov, nevhodným užívaním alebo nedostatočným vetraním.

Relatívne malý počet roztočov v domácnosti je obsiahnutý v prachu kobercov, kde sú fixovaný spolu s prachom a do ovzdušia sa uvoľňujú predovšetkým pri vysávaní, ktoré alergény roztočov rozšíri po celej miestnosti.

V obytných budovách sú za hygienicky optimálne koncentrácie plesní a baktérii považované koncentrácie, ktoré nepresahujú hodnoty 2500 baktérii alebo 1000 spór na m³ vzduchu v domácnosti.

1.3 Vizuálna pohoda

Vizuálna pohoda vzniká vtedy, keď môže v ľudskom mozgu nerušene prebiehať proces zrakového vnímania. Nesprávne rozloženie jasu, oslňovanie, nesprávne zobrazenie farieb obmedzujú proces vnímania. Pri nerušenom vnímaní sú naopak optimalizované základné schopnosti oka ako je zrakový výkon, rýchlosť vnímania a schopnosť rozoznať detaily a rôzne úrovne jasu. Prispôsobenie oka rôznym hladinám osvetlenia sa nazýva adaptácia. Oko je schopné sa prispôbiť osvetleniu s intenzitou od 0,25 lx.

Vizuálna pohoda závisí na tom, či je dostatočná intenzita osvetlenia, či je zabránené vzniku oslnenia, priameho alebo nepriameho, či oslnenia denným svetlom. Ďalšími kritériami sú farby svetla a teplota chromatičnosti svetelných systémov osvetľujúcich miestnosť. V osvetľovaných miestnostiach musia byť dostatočne zachované podmienky pre vytváranie tieňov. Posledným z hlavných znakov vizuálnej pohody je vizuálny kontakt s vonkajším svetom.

Dlhodobý nedostatok svetla negatívne ovplyvňuje vyvíjajúce sa organizmy, potlačuje normálny vývoj niektorých orgánov a ovplyvňuje chovanie jedincov v skupinách. Môže spôsobiť aj narušenie srdečného rytmu alebo vznik depresívnych stavov.

1.3.1 Denné osvetlenie

Denné osvetlenie je základným faktorom životného prostredia človeka a má značný vplyv na jeho zdravotný, ale predovšetkým psychický stav. Kvalita denného osvetlenia v interiéri závisí na hladine osvetlenia, rozložení svetelného toku a na smere osvetlenia, rovnomernosti denného osvetlenia, kontraste a oslnení. Denné osvetlenie sa určí na základe pomeru osvetlenia vo vonkajšom prostredí a osvetlení daného miesta v interiéri. Tento pomer sa nazýva činiteľ denného osvetlenia. Minimálna hodnota činiteľa denného osvetlenia vo všetkých bodoch miestnosti musí byť 0,5 % a priemerná hodnota činiteľa musí byť minimálne 2 %.

1.3.2 Umelé osvetlenie

Umelé osvetlenie môže byť celkové, odstupňované, lokálne alebo kombinované. Celkové osvetlenie je rovnomerné osvetlenie priestoru bez ohľadu na zvláštne požiadavky. Odstupňované osvetlenie je v časti priestoru zosilnené na vyššie intenzity. Lokálne dopĺňa celkové osvetlenie a je samostatne ovládateľné. Kombinované osvetlenie spája celkové osvetlenie alebo odstupňované s lokálnym osvetlením.

Ďalej je možné umelé osvetlenie rozdeliť na priame, polopriame, zmiešané alebo nepriame. Pri priamom osvetlení dopadá priamo svetlo od zdroja na podlahu alebo pracovnú dosku. Pri polopriamom osvetlení dopadá časť svetla na stenu, od ktorej sa odráža. Zmiešané osvetlenie je rozptýlené do priestoru všetkými smermi a nepriame dopadá na strop a priestor je osvetlený odrazeným svetlom.

Osvetlenie obytných interiérov by malo vytvárať zdravé a príjemné prostredie podľa využitia denného priestoru a vyhovieť individuálnym potrebám užívateľov. Používa sa rovnomerné osvetlenie priestoru alebo rovnomerné v kombinácii s osvetlením samostatne ovládaným zvyšujúcim intenzitu osvetlenia na obmedzenej ploche.

Obytné miestnosti by mali byť osvetlené celkovým alebo odstupňovaným osvetlením o intenzite 50 až 100 lx. Miesto pre spoločné stolovanie intenzitou 200 lx, miesto pre čítanie, bežné práce a prípravu jedla približne 300 lx. Miesto pre jemné ručné práce alebo písanie by malo byť osvietené intenzitou až 750 lx [11].

1.4 Akustická pohoda

Zvuk predstavuje mechanické kmitanie a vlnenie média, v našom prípade vzduchu. Ak sa nachádza vo frekvenčnom rozsahu 16 Hz až 16 kHz, potom je možné hovoriť o počuteľnom zvuku. Vo vzduchu sa zvuk šíri výhradne ako pozdĺžne vlnenie, kedy častice hmoty kmitajú v smere zhodnom so smerom postupu vlnenia. Pri šírení zvuku dochádza k periodickým zmenám hustoty a tlaku vzduchu. Barometrický tlak vzduchu je závislý na výške a mení sa len pozvoľne v závislosti na stave atmosféry. Rozdiel medzi barometrickou hodnotou tlaku vzduchu a jeho okamžitou hodnotou pri akustickom deji sa nazýva akustický tlak, p . Akustický tlak súvisí s intenzitou zvuku a ľudský sluch je schopný ho vnímať vo veľkom rozsahu. So vzrastajúcim tlakom však citlivosť ucha klesá. Veľkosť sluchového vnemu je závislá na logaritme druhej mocniny akustického tlaku. Táto skutočnosť viedla k zavedeniu logaritmickej stupnice pre popis akustických veličín. Hladina akustického tlaku, L , sa určí podľa nasledujúceho vzťahu.

$$L = 20 \cdot \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \text{ [dB]} \quad (7)$$

$p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa je najnižšia hodnota, ktorá môže spôsobiť sluchový vnem

Hladina akustického tlaku je základnou veličinou charakterizujúcou zvuk v mieste jeho príjmu. V logaritmickej miere vyjadruje koľkokrát je hodnotený akustický tlak vyšší ako určená prahová hodnota.

Každý zvuk je zmesou istého počtu tónových zvukov o rôznej amplitúde a frekvencii. Aby bolo možné popísať celé spektrum, je celý frekvenčný rozsah rozdelený do intervalov, oktáv.

Sluch je najviac citlivý v rozsahu 1000 až 4000 Hz, čo odpovedá frekvenčnému rozsahu ľudskej reči. Ak sa mení hladina akustického tlaku v čase, je to subjektívne vnímané ako zmena hlasitosti zvuku.

Pri pôsobení zvuku na ľudský organizmus má rozhodujúci vplyv celková suma akustickej energie, ktorej je organizmus dlhodobo vystavený. Preto sa pomerný zvuk hodnotí veličinou, ktorá je označovaná ako, L_{Aeq} , a nazýva sa ekvivalentná hladina akustického tlaku. Ekvivalentná hladina akustického tlaku sa vždy vzťahuje k určitému časovému intervalu, napríklad pracovnej dobe a je definovaná ako hladina akustického tlaku zvuku

ustáleného, ktorý by mal v danom časovom intervale energetický obsah rovnaký ako daný zvuk premenlivý a teda aj predpokladané škodlivé účinky.

Pre jednotlivé kategórie priestorov sú udávané pomerné hladiny akustického tlaku, ktoré sa obvykle pohybujú v rozsahu približne od 25 dB až do 65 dB.

2 ENERGETICKY ÚSPORNÉ BUDOVY

Budovy je možné rozdeliť do kategórii podľa množstva energie, ktorú potrebujú na vykurovanie. Rozhodujúce je pritom množstvo energie potrebnej na vykurovanie vzťahujúce sa na jednotku plochy m^2 a za obdobie jeden rok.

Tab. 2. Rozdelenie budov podľa energetickej náročnosti

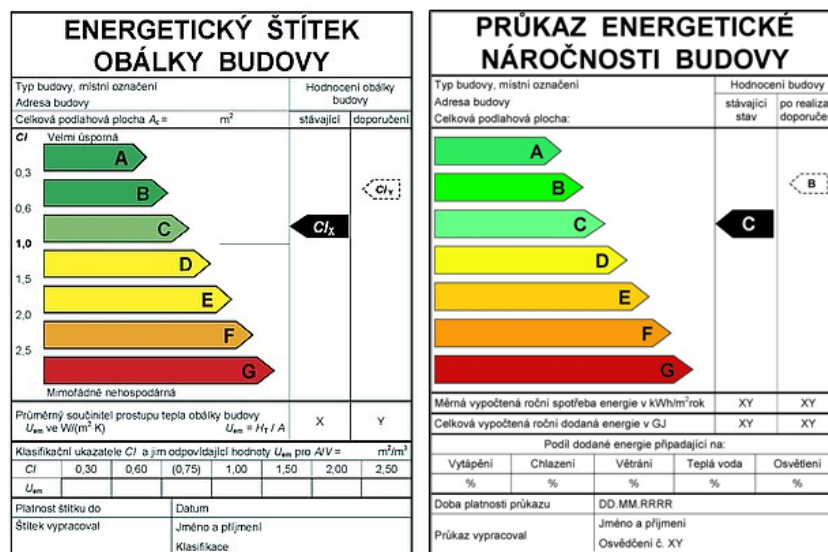
Typ objektu	Charakteristika	Potreba tepla [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]
Nulový dom Aktívny dom	výborné tepelno-izolačné vlastnosti veľká plocha fotovoltaických panelov	<5
Pasívny dom	teplovzdušné vykurovanie s rekuperáciou tepla, veľmi tesná konštrukcia, výborné tepelno-izolačné vlastnosti	<15
Nízkoenergetický dom	dobre zateplená konštrukcia, využitie obnoviteľných zdrojov energie, tepelná sústava s nižším výkonom	<50
Energeticky úsporný dom	zateplená konštrukcia, pasívne a aktívne solárne prvky, úsporná tepelná sústava	50-80
Novostavba	zateplená konštrukcia, vykurovanie pomocou kotla s vysokým výkonom, prirodzené vetranie	80-140
Domy bežné v 70. - 80. rokoch	zastaraná tepelná sústava, vysoké emisie, nezateplená konštrukcia, prirodzené vetranie	>200

V súčasnej dobe sa hodnotia tepelne izolačné vlastnosti konštrukcie pomocou štítiku obálky budovy. Toto hodnotenie je popísané v norme ČSN 73 0540-2 [29] a rozdeľuje budovy do siedmich kategórii A až G. Rozhodujúce sú normované hodnoty priemerného súčiniteľu prechodu tepla, $U_{em,rq}$, a hodnoty priemerného súčiniteľu prechodu tepla stavebného fondu, $U_{em,s}$. Za vyhovujúce sa považujú budovy v kategórii A až C [10].

Tab. 3. Klasifikácia budov podľa ČSN 73 0540-2

Klasifikačná trieda	Slovná klasifikácia	Klasifikačná hodnota <i>CI</i>
A	veľmi úsporná	0,3
B	úsporná	0,6
C	vyhovujúca	1,0
D	nevyhovujúca	1,5
E	nehospodárna	2,0
F	veľmi nehospodárna	2,5
G	mimoriadne nehospodárna	>2,5

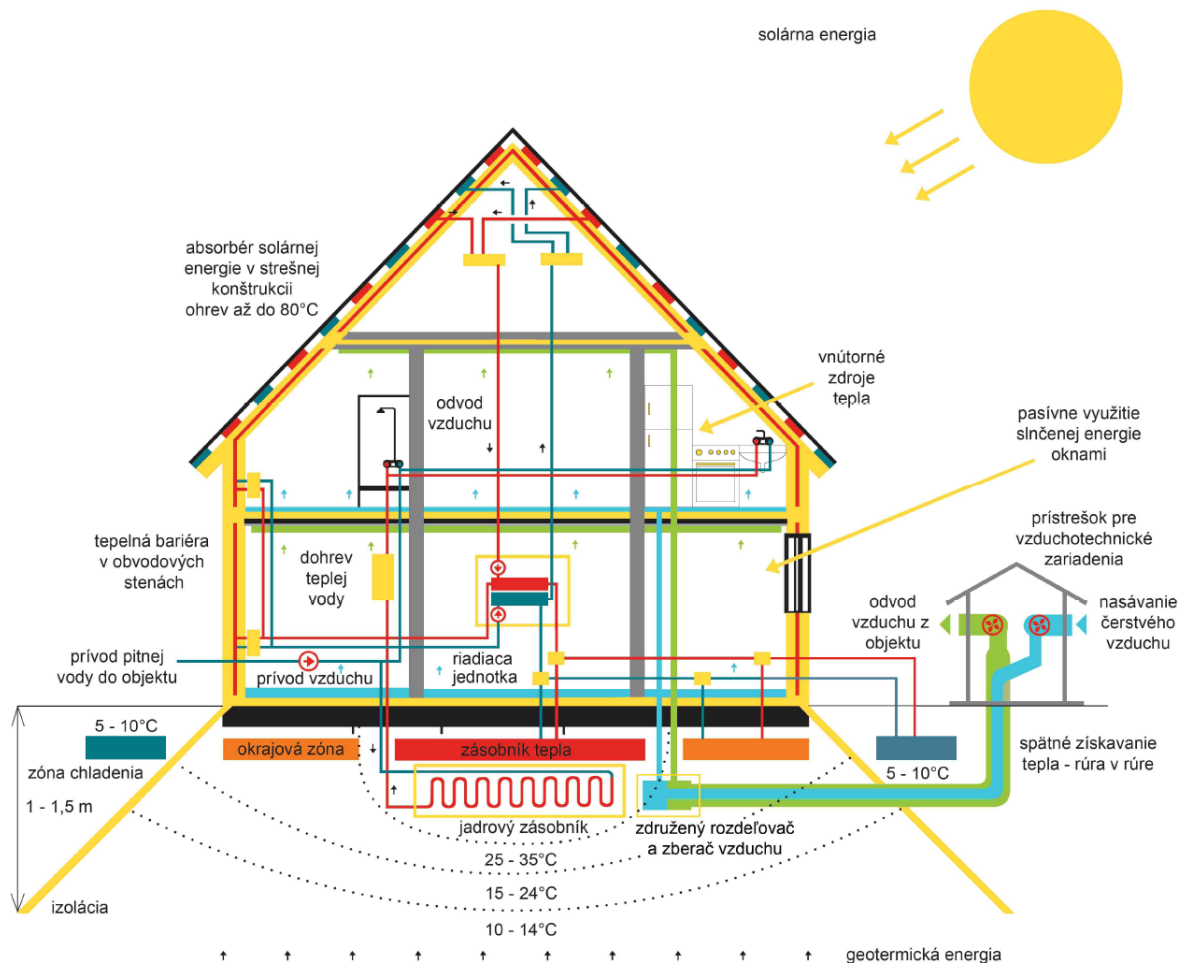
Okrem spotreby energie na vykurovanie je možné hodnotiť aj celkovú energetickú náročnosť budov, do ktorej zapadajú bilancie všetkých dodávaných energií pri prevádzke budovy. Jedná sa teda o súčet čiastkových potrieb energií na vykurovanie, vetranie, chladenie, klimatizáciu, prípravu TÚV a osvetlenie. Zohľadňujú sa účinnosti technických zariadení v týchto energetických systémoch budovy vrátane strát energie po ceste k miestu konečnej spotreby. Preukaz energetickej náročnosti budovy popisuje vyhláška č. 148/2007 Zb. [9].



Obr. 2. Grafické znázornenie energetického štítka obálky budovy a preukazu energetickej náročnosti budovy

2.1 Nulový dom

Energetická spotreba takéhoto domu je v rozsahu 0 až 5 kWh.m⁻².rok⁻¹. Nula neznamená, že dom nespotrebuje vôbec žiadnu energiu, nulová je však jeho výsledná celková potreba platenej energie. Takýto dom využíva výlučne miestne obnoviteľné zdroje energie a v lete je schopný vyrobiť si taký nadbytok energie, aký v zime spotrebuje. Tepelná energia sa uchováva na obdobie zimnej potreby inštaláciou zásobníkov tepla. Tieto zásobníky môžu teplo akumulovať do vody, kameňa alebo do rôznych roztokov solí s vysokou tepelnou kapacitou. V oblasti elektriny sa využívajú veľkoplošné fotovoltaické panely napojené na verejnú sieť, do ktorej sa v lete elektrická energia dodáva a v zime sa odberom elektrickej energie zo siete pokrýva zvyšková spotreba [13].



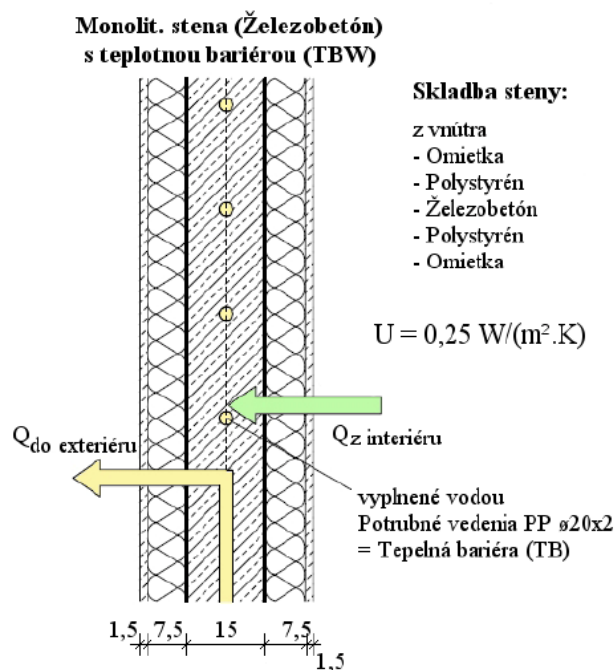
Obr. 3. Systémy používané v nulových domoch

Jednou z možností ako dosiahnuť spotrebu platenej energie na vykurovanie v rozsahu 0 až $5 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{rok}^{-1}$ je využitie podpovrchového zemského tepla. V hĺbke 3 až 4 metre pod povrchom je teplota 9 až 11°C počas celého roka nezávisle na atmosfére. V podlahe pivnice alebo v hĺbke približne 3 metrov sú trúbky, v ktorých cirkuluje voda. Voda absorbuje teplo a následne sa rozvádza po ploche obvodových stien domu pomocou potrubia. Toto vytvára tepelnú bariéru, ktorá chráni vnútornú teplotu od zmien vo vonkajšom prostredí. Energetická spotreba budovy bude v tom prípade závislá len na rozdieli vnútornej teploty a teploty tepelnej bariéry. Teplota v tepelnej bariére dosahuje približne 12°C z čoho vyplýva rozdiel 8 K.

Tento teplotný rozdiel je možné ešte znížiť využitím slnečného žiarenia. Medzi strešnú krytinu a izoláciu sa ukladajú plastové trúbky, ktoré absorbujú energiu zo slnečného žiarenia. Voda v týchto trúbkach sa ohreje v lete až na 75°C , v zime aj pri mínusových teplotách a slnečnom počasí na 25°C . Ohriata voda sa privádza do podložnej dosky. Od

zhora izolovanej základovej dosky teplo prechádza do pôdy, kde sa ukladá. V prípade potreby sa teplo uloženom v zásobníku zohreje voda v trúbkach v základovej doske. Teplota pred tým ako sa privedie do tepelnej bariéry dosahuje približne 18 až 20°C. Zvýšenie teploty tejto vody je možné inštaláciou jadrového zásobníku, ktorý je vybavený hadicovým vedením. Týmto sa dosahuje zvýšenie teploty na 35°C a je možný aj predohrev TÚV.

Tepelná bariéra sa v zimnom období používa na ohrev stien budovy, v letnom období ich chladí. Na chladenie v lete sa využívajú okrajové zóny zemského zásobníku. Ohrev vzduchu v interiéri zabezpečuje vzduchotechnický systém využívajúci systém trúbka v trúbke, čím sa dočieľa rekuperácie odpadového vzduchu. Potrubie slúži ako výmenník a odpadový vzduch odovzdáva teplo privádzanému čerstvému vzduchu.



Obr. 4. Stena s tepelnou bariérou

Nulový dom sa z konštrukčného hľadiska odlišuje od pasívneho. Konštrukcia nulového domu môže využívať menšie množstvo izolácie a tenšie steny, pretože stratový tepelný výkon sa kompenzuje odlišným spôsobom. Taktiež môžu byť použité okná a dvere so štandardnými hodnotami súčiniteľa prechodu tepla v rozmedzí 1 až 1,3 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Celkový stratový výkon nulového domu je z toho dôvodu vyšší v porovnaní s pasívnym

domom, avšak potreba tepla na jeho vykurovanie je z väčšej časti pokrytá z obnoviteľných zdrojov energie [15].

2.2 Pasívny dom

Energeticky pasívny dom predstavuje budovu s vysokým energetickým komfortom, pretože energetická spotreba sa pohybuje v rozmedzí 5 až 15 kWh.m⁻².rok⁻¹. Toto je dosiahnuté predovšetkým dokonalým obalom budovy, ktorý je schopný pri využití solárnych prvkov a mechanického vetrania s rekuperáciou tepla dosiahnuť takúto energetickú spotrebu bez konvenčného vykurovacieho systému [13].

2.3 Nízkoenergetický dom

Nízkoenergetický dom vystačí s energetickou spotrebou 15 až 50 kWh.m⁻².rok⁻¹. Je nutné použitie vysokokvalitnej tepelnej izolácie plášťa budovy a okrem solárnych prvkov sa vyžaduje na zabezpečenie vnútornej klímy mechanické vetranie s rekuperáciou tepla a vykurovanie nízkoteplotným vykurovacím systémom [13].

2.4 Základné pravidlá konštrukcie energeticky úsporných domov

Pri stavbe energeticky úsporných je potrebné dodržať niekoľko základných pravidiel. Jednotlivé pravidlá sú univerzálne a je ich možné aplikovať takmer na akýkoľvek stavaný dom.

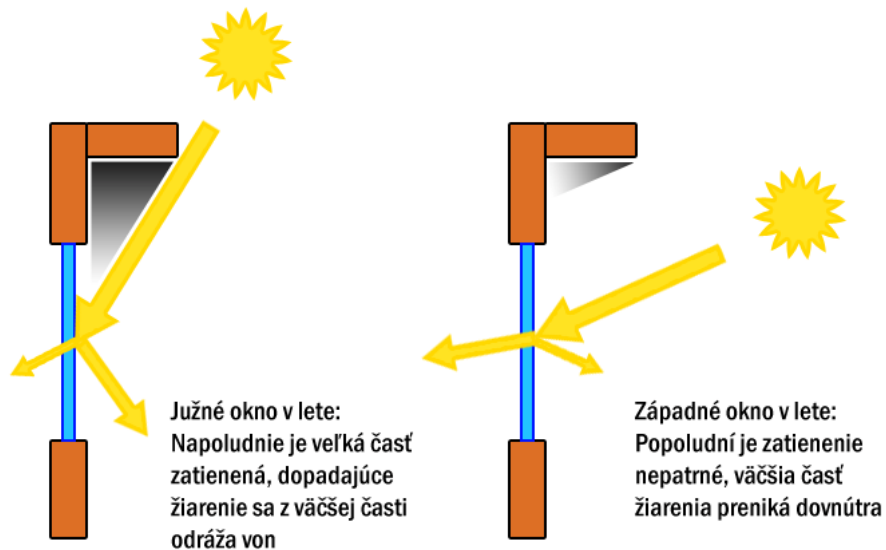
2.4.1 Voľba miesta

Umiestnenie domu na južnej strane svahu je výhodné avšak nie nevyhnutné. Dôležitým prvkom energeticky úsporného domu sú okná orientované na juh, ktorými v zime dopadá dostatok slnečnej energie. Pozemok by na tejto strane mal poskytovať súkromie a súčasne nesmie byť tiený budovami alebo stromami. Orientovať presklené časti na východ alebo západ je nevhodné. Slnko v letnom období má aj nízko nad obzorom dostatok sily na to, aby sa prehrieval interiér budovy. Južné zasklenie je možné pred vysokým slnkom ľahko zatieniť a lúče dopadajúce pod ostrým uhlom sa z väčšej časti odrážajú von.

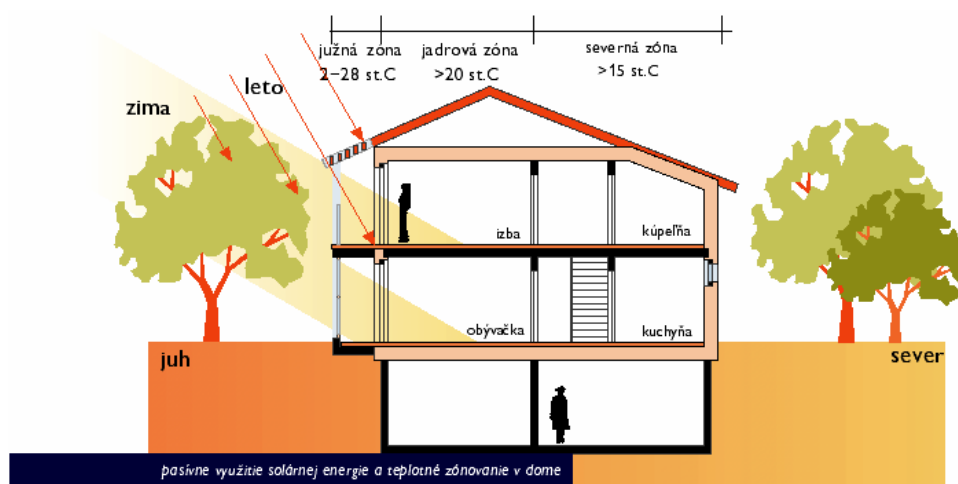
Pri výstavbe energeticky úsporných budov sa používa koncept zónovania priestorov z dôvodu orientácie obytných miestností na slnečnú stranu. Toto má energetické aj

psychologické výhody. Vďaka tomuto je možné ušetriť 10 až 20 % energie potrebnej na vykurovanie.

V severnej nárazníkovej zóne ležia vedľajšie priestory s menšou frekvenciou užívania. Jadrovú obytnú zónu tvoria často používané miestnosti. Ich veľkoplošné zasklenia umiestnené na slnečnej strane umožňujú dostatočné prehrievanie domu v chladnom období. Južnú akumuláciu zónu tvorí zimná záhrada pričlenená k obytnej zóne [12].



Obr. 5. Dopad slnečných lúčov na rôzne orientované okenné konštrukcie



Obr. 6. Pasívne využitie solárnej energie a teplotné zónovanie [14]

2.4.2 Tvar a dispozícia domu

Je výhodné, aby mal dom kompaktný tvar. Ako najideálnejší kompaktný tvar s čo najmenšou plochou stien sa javí tvar polgule. Pri návrhu domu sa vychádza z podmienky zabezpečenia požadovaného objemu pri čo najnižšom povrchu. Dostatočne dobré vlastnosti má kompaktná, málo členitá stavba s malým počtom zalomení, výstupkov, ník a balkónov. Takáto budova má pri rovnakom objeme menší povrch, a tým aj nižší stratový tepelný výkon. Nie je to však tak podstatné, ak sú steny dostatočne izolované. Pri dobre izolovaných budovách je vplyv tvaru budovy veľmi malý, ale táto požiadavka je dôležitá aj z hľadiska snahy o čo najmenší počet kritických miest, potenciálnych tepelných mostov.

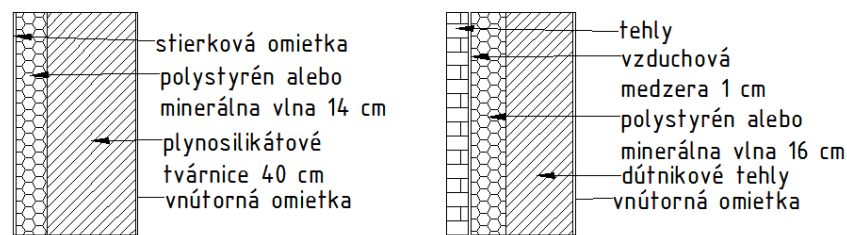
Nie je nutné, aby nevykurované priestory vytvárali nárazníkovú zónu na severnej strane domu. Priečky k týmto priestorom musia totiž byť izolované takmer rovnako dobre ako vonkajšie steny [12].

2.4.3 Konštrukcia domu

Jedným zo základných prvkov energeticky úsporného domu sú tepelné izolácie. Tieto môžu podľa potreby dosahovať až hrúbky do 50 cm. Izolované musia byť nie len vonkajšie steny, ale aj vnútorné konštrukcie medzi vykurovanými a nevykurovanými priestormi. Takisto aj podlahy a steny priľahlé k terénu musia mať dôkladnú izoláciu, chrániť dom iba zapustením do zeme by bolo nedôsledné.

Požiadavky na dostatočnú izolačnú schopnosť pri hrúbke 50 cm nesplní žiadna z tehlových alebo tvárnicových konštrukcií. Takéto steny môžu vyhovieť požiadavkám normy, avšak nemožno ich považovať za steny vhodné pre energeticky úsporné alebo nízkoenergetické domy. Preto je rozumné použiť nosnú konštrukciu čo najtenšiu tak, aby bola schopná zniesť požadovanú záťaž a ostané miesto doplniť izoláciou. Tá môže byť prevedená ako vonkajšie kontaktné zateplenie so stierkovou omietkou, keramickým, dreveným alebo iným obkladom. Je možné použiť aj sendvičovú konštrukciu, kde je izolácia medzi dvoma vrstvami tvárnic, ale medzi tvárniciou a ľahkou vonkajšou fasádou.

U rodinných domov je obľúbeným riešením nosná drevená konštrukcia, vyplňovaná izoláciou ľubovoľnej hrúbky. Hmota pre akumuláciu tepla je tvorená masívnymi podlahami a vnútornými priečkami a tiež pomerne tenkou vrstvou obvodových stien z plných tehliel. Vonkajšia fasáda je z dreva, omietnutých dosiek alebo tehliel.


 Obr. 7. Príklady nosných stien s $U < 0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Tab. 4. Normované hodnoty súčiniteľa prechodu tepla podľa normy ČSN 73 0540-2

Typ konštrukcie	Normované hodnoty súčiniteľa prechodu tepla $U_{N,20}$ [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]			
	Požadované	Požadované pre NED	Požadované pre PD	Doporučené pre PD
		Doporučené	Doporučené pre NED	
Strecha plochá a šikmá do 45°, Strop nad vonkajším priestorom, s podlahou	0,24	0,16	0,11	0,07
Vonkajšia stena ľahká (ťažká) Strecha strmá so sklonom 45° ľahká (ťažká), strop pod nevykurovanou povalou	0,30	0,20	0,13	0,09
Podlaha a stena vykurovaného priestoru k zemine	0,45	0,30	0,20	0,13
Strop s podlahou nad nevykurovaným priestorom, Stena z vykurovaného k nevykurovanému priestoru	0,60	0,40	0,27	0,18
Strop a stena nad čiastočne vykurovaným priestorom, strop a stena z čiastočne vykurovaného priestoru k exteriéru	0,75	0,50	0,33	0,22
Podlaha a stena čiastočne vykurovaného priestoru k zemine	0,85	0,55	0,38	0,25
Okno, dvere a výplne otvorov vo vonkajšej stene a strmej streche z vykurovaného priestoru do ext. – U_w , ich rámy s $U_f \leq U_w$	1,70	1,20	0,75	0,50
Okno dvere a výplne otvorov vo vonkajšej stene a strmej streche k čiastočne vykurovanému priestoru U_w , ich rámy s $U_f \leq U_w$	3,50	2,30	1,55	1,05

Vzhľadom k mimoriadnym izolačným schopnostiam použitých konštrukcií majú na spotrebu tepla relatívne veľký vplyv tepelné väzby a tepelné mosty. Tepelná strata týmito miestami môže mať veľkosť aj niekoľko desiatok percent celkovej tepelnej straty prechodom tepla. Preto je potrebné venovať veľkú pozornosť konštrukčnému riešeniu detailov a najmä dbať o dodržiavanie technologických postupov pri stavbe. Dôležité je aj napojenie tepelnej izolácie a rámov okien, izolácie pásu steny nad terénom a napojenie izolácie zvislých stien strechy [12].

2.4.4 Okná

Energeticky úsporný dom je vo väčšej miere presklený. Z dôvodu solárnych ziskov musí byť toto zasklenie kvalitné, aby neboli straty väčšie ako zisky. Okná s izolačným trojsklom sú už prekonané. V súčasnosti sa používa dvojsklo, kde je medzi sklami napnutá priehľadná fólia, ktorá nahradzuje tretie sklo. Výhodou je porovnateľná hmotnosť s klasickým izolačným dvojsklom, takže nie sú potrebné masívnejšie rámy. Samozrejmosťou je selektívna vrstva, ktorá funguje ako polopriepustné zrkadlo. Slnčné žiarenie je prepustené do interiéru, kde sa premení na teplo. Tepelné žiarenie však už sklom neprejde a odráža sa späť do miestnosti.

Tepelno-izolačné vlastnosti okenného rámu sú v porovnaní so sklenenou plochou výrazne horšie a vytvárajú tepelné mosty. Používajú sa mnohokomorové systémy s polyuretánovou izoláciou. Ďalšou dôležitou súčasťou je dištančný rámik medzi sklami. V súčasnej dobe sú používané rámiky z nehrdzavejúcej oceli alebo plastu namiesto skôr používaného hliníka.

Ďalším prvkom je medzera medzi sklami plnená argónom alebo kryptónom, ktoré izolujú lepšie ako vzduch. Okná, kde bol medzi sklami zriedený vzduch sa už nepoužívajú. Problémom je však, že plyn medzi sklami časom začne unikať a nahradí ho vzduch. Týmto dôjde k zhoršeniu tepelno-izolačných vlastností.

Jednou zo základných požiadaviek je tesnosť domu, pretože dom má často nútené vetranie, nemusia byť okna otvárateľné. To zníži ich cenu a zväčší plochu presklenia. Z psychologických dôvodov a pre prípad výpadku vzduchotechniky sa však v každej miestnosti necháva najmenej jedno okno otvárateľné [12].

2.4.5 Tesnosť budovy

Pomerne novou požiadavkou je tesnosť budovy. Do domu nesmie prenikať nežiaduci vzduch špárami v stenách, okolo okien, z pivnice.

Tesnosť sa overuje skúškou pri dokončení stavby pomocou tzv. blower door testu. Po uzavretí všetkých okien a dverí, prípadne komínových prieduchov a iných otvorov, sa do otvoru vstupných dverí inštaluje ventilátor a ostatok priestoru sa zakryje fóliou. Ventilátorom sa načerpá vzduch do budovy a meria sa rozdiel tlakov v dome a vo vonkajšom prostredí. Maximálne dosahované hodnoty prievzdušnosti by mali byť do hodnoty $0,6 \text{ h}^{-1}$. Konkrétne miesto netesnosti je však problematické nájsť [12].

3 ÚSPORNÉ ZDROJE TEPELNEJ ENERGIE

Celková potreba energie na vykurovanie energeticky úsporných domov je v porovnaní s obvyklými domami znížená natoľko, že je najdôležitejšie správne dimenzovanie systému na daný objekt. Podmienky sú pre každý objekt odlišné. Najmä u pasívnych domov aj zdroje s najmenším výkonom môžu byť pre daný účel príliš veľké na to, aby pracovali počas celého roka v optimálnom režime.

Nie je možné s istotou tvrdiť, ktorý zdroj je najúspornejší, náklady na jeho prevádzku sú najmenšie. Ceny primárnych zdrojov energie sú totiž v súčasnej dobe veľmi nestabilné, majú však rastúci trend asi 6 až 8% ročne. V tomto ohľade je najvýhodnejšie použitie obnoviteľných zdrojov energie, ktoré nepodliehajú výkyvom ako fosílna palivá.

Pre energeticky úsporné domy, hlavne potom pre pasívne domy, ktorých potreba energie je o dosť znížená, je vhodné využívať zdroje energie v nasledujúcom poradí.

V prvom rade sú to obnoviteľné zdroje energie ako je biomasa, pelety, brikety, slama, štepka, bioplyn, využitie solárnej energie fototermicky alebo fotovoltaicky, miniatúrne tepelné čerpadlo v spojení s rekuperačnou vetracou jednotkou poprípade aj solárnym ohrevom a fotovoltaikou.

V druhom rade je to efektívne využívanie neobnoviteľných zdrojov ako sú malé tepelné čerpadlá, plynový kondenzačný kotol, kombinácia obnoviteľných a neobnoviteľných zdrojov energie – solárny ohrev teplej vody a plynový kotol alebo elektrická akumulčná nádrž.

V treťom rade sú to neobnoviteľné zdroje energie ako je elektrina, plyn a uhlie. Toto všetko samozrejme za použitia zariadení pracujúcich s vysokou účinnosťou spojené s kvalitnou reguláciou.

Používanie len jedného zdroja energie nie je vždy ekonomicky výhodné. Vhodné kombinácie zdrojov síce znamenajú vyššie obstarávacie náklady, ale následné prevádzkové náklady môžu byť v niektorých prípadoch výrazne nižšie. U niektorých zdrojov lacnej energie je kombinácia s ďalšími priam nevyhnutná. Napríklad pri využívaní solárneho systému na ohrev teplej vody je potrebné mať zálohu, v prípade, že nesvieti slnko. Spravidla sa kombinuje zdroj s nízkymi prevádzkovými nákladmi, ktorý ale nemožno prevádzkovať stále, s drahším zdrojom, ktorý je k dispozícii stále. Vhodná kombinácia

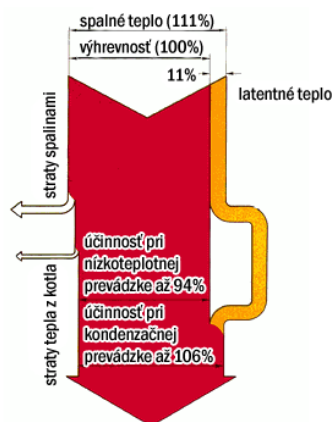
zdrojov umožní optimálne využiť dobré vlastnosti každého systému a eliminovať jeho nevýhody [17].

3.1 Plynový kondenzačný kotol

Kondenzačný kotol je navrhnutý zámerné pre kondenzačnú prevádzku a priamo v kotly dochádza ku kondenzácii vlhkosti z vodnej pary obsiahnutej v spalinách. Plocha, na ktorej dochádza k výmene tepla je z korózie odolného materiálu. Kondenzát je z kotla trvale odvádzaný.

Teplota spalín je v rozsahu 40 až 90°C v závislosti na teplote vstupnej vody tepelnej sústavy a tiež na okamžitom výkone kotla. Pokiaľ sa spaliny ochladzujú pod teplotu rosného bodu, začne z vodnej pary obsiahnutej v spalinách kondenzovať voda. Pokiaľ sa toto ochladenie odohráva v kotly, uvoľňuje sa latentné teplo, obsiahnuté v plyne vo forme tepla skupenského. Takto využité teplo sa prevádza obehovou vodou do tepelnej sústavy, čím sa zvyšuje využitie energetického obsahu zemného plynu. Následne na to sa zníži jeho spotreba.

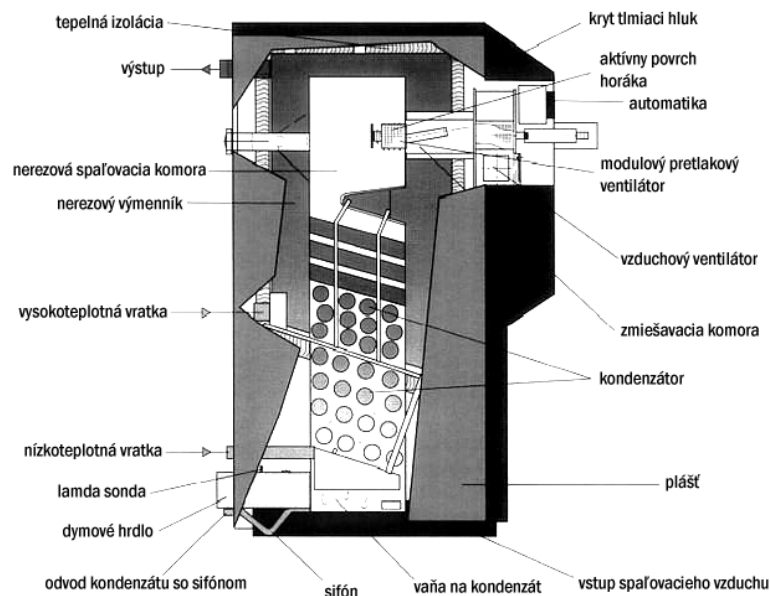
Plyn vstupuje do kotla s plným energetickým obsahom daným spalným teplom, ktoré je o latentné teplo vyššie ako jeho výhrevnosť. Po spálení plynu dochádza k stratám tepla, ktoré odchádza z kotla spalinami a zdieľaním tepla z povrchu tepla pri jeho behu i v pohotovostnom stave. Pri spaľovaní zemného plynu v kondenzačnom kotly sa využíva spalné teplo znížené o uvedené straty. Tie sú však s ohľadom na nízku teplotu spalín podstatne nižšie. Účinnosť je potom limitovaná hodnotou 106%.



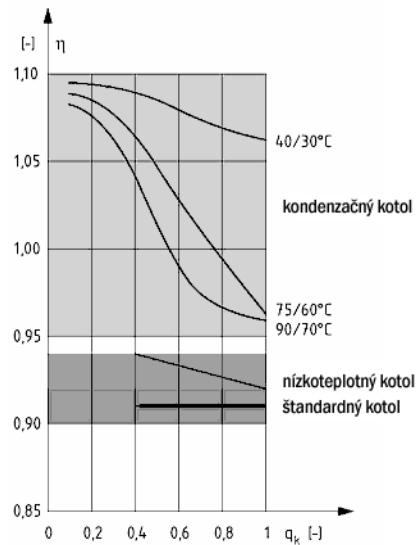
Obr. 8. Tok tepla

Kondenzačné kotle sú väčšinou navrhnuté ako protiprúde výmenníky tepla, ktoré dokážu teplotu výstupných spalín ochladiť až na 5 až 10 K nad teplotu vstupujúcej do kotla. Teplota spalín je tak previazaná s teplotou spätnej vody. Kondenzačné kotle sú najčastejšie vybavené pretlakovým horákom. Ak sú kotle vybavené horákom atmosférickým s predmiešavaním zmesi, majú ešte odťahové ventilátory. Kondenzačné kotle je možné rozlišovať podľa toho ako je riadený tepelný výkon a spaľovanie. Je možné spojitie riadenie horáku v rozsahu 25 až 100 % alebo dvojstupňové riadenie, priame alebo nepriame riadenie zmiešavacieho pomeru, poprípade bez riadenia tohto pomeru.

Veľmi dôležité pre dosiahnutie najvyššej účinnosti kondenzačného kotla je udržiavanie súčiniteľa prebytku vzduchu, λ , na najnižšej stálej úrovni. Riadenie prietoku spaľovacieho vzduchu a teda aj zmiešavacieho pomeru sa musí prevádzať v závislosti na prietoku plynu. Ten je riadený ekvitermicky regulátorom v závislosti na teplote spätnej vody a vykurovacej krivke [16].



Obr. 9. Rez kondenzačným kotlom



Obr. 10. Účinnosti v závislosti na zaťažení

3.2 Tepelné čerpadlo

Tepelné čerpadlo prevedie nízkoteplotné teplo z okolitého prostredia na vyššiu teplotnú hladinu. Využíva tepla získaného z okolitého prostredia k odpareniu chladiacej kvapaliny. Táto para je následne kompresorom stlčená a vďaka dodanej práci dochádza k uvoľňovaniu tepla o vyššej teplote, ktoré je predané vykurovaciemu médiu.

Vykurovací faktor, ε , je charakteristickým údajom určujúcim účinnosť tepelného čerpadla. Vyjadruje pomer tepla dodaného tepla k množstvu spotrebovanej energie a je ho možné určiť podľa nasledujúceho vzťahu.

$$\varepsilon = \frac{Q}{E} \quad (8)$$

Q - teplo dodané tepelným čerpadlom [kWh]

E - energia spotrebovaná tepelným čerpadlom [kWh]

Vykurovací faktor rôznych tepelných čerpadiel sa pohybuje v rozmedzí 2 až 5. Je závislý na vstupnej teplote, type kompresoru a ďalších faktoroch.

Vykurovací faktor pre kompresorové tepelné čerpadlá možno určiť tiež z rozdielu medzi teplotou kondenzačnou a výparnou podľa nasledujúceho vzťahu.

$$\varepsilon = k \cdot \frac{T_k}{T_k - T_o} \quad (9)$$

T_k - kondenzačná teplota vykurovacieho systému [K]

T_o - výparná teplota zdroja [K]

k - korekčný súčiniteľ rešpektujúci skutočný obeh, pohybuje sa v rozmedzí $k = 0,6 - 0,4$

Pre dosiahnutie minimálnej spotreby pohonnej energie a dosiahnutie vysokej hodnoty vykurovacieho faktoru je potrebné, aby teplota nízko-teplotného zdroja bola čo najvyššia. Nesmie však presiahnuť teplotu povolenú výrobcom pre daný typ tepelného čerpadla. Jeho výdatnosť musí byť dostatočná a ochladenie teplotnosnej látky vo výparníku primerané, aby výparná teplota nemusela byť zbytočne nízka. Dochádza k zníženiu vykurovacieho faktoru a v niektorých prípadoch môže dôjsť k obmedzeniu funkčnosti. Je výhodné, aby bol rozdiel teplôt na vstupe a výstupe čo najnižší. Používanie tepelného čerpadla je výhodné v kombinácii s nízko-teplotným vykurovacím systémom ako je podlahové vykurovanie. Čím nižší teplotný rozdiel musí prekonávať, tým menej energie sa spotrebuje a tým vyšší je vykurovací faktor [18].

Podľa toho, z akého zdroja sa nízko-teplotné teplo čerpá a kam sa prenáša, delíme tepelné čerpadlá.

3.2.1 Vzduch–vzduch

Energia sa odoberá priamo z vonkajšieho vzduchu a predáva sa vzduchu, ktorým sa objekt vykuruje. Vykurovací faktor klesá so znižujúcou sa teplotou vonkajšieho vzduchu. Inštalácia predpokladá teplovzdušné vetranie a vykurovanie. Je možnosť využívať odpadové teplo zo vzduchu odoberaného vetracím systémom. Nevýhodou však je, že objem odpadového vzduchu je obmedzený, z toho dôvodu môže tepelné čerpadlo kryť len určitú časť potreby tepla. Je ešte potrebný ďalší zdroj potrebný pre pokrytie straty konštrukciami, prípadne pre ohrev TUV [18].

3.2.2 Vzduch-voda

Energia sa odoberá zo vzduchu a predáva sa do vodného okruhu, ktorým sa pomocou podlahového vykurovania alebo radiátorov objekt vykuruje. Vykurovací faktor klesá so znižujúcou sa teplotou vonkajšieho prostredia. Okolitý vzduch je k dispozícii všade, preto má tento druh tepelného čerpadla široké využitie a je investične menej náročný. Vzduch sa ochladzuje vo výmenníku tepla, ktorý je umiestnený mimo budovy. Pretože je vo vzduchu

pomerne málo tepla, je potrebné spracovať veľké objemy. Pri nízkych teplotách sa na vonkajšom výmenníku tvorí námraza a energia potrebná na jej rozmrazenie výrazne zhoršuje vykurovací faktor. Nevýhodou je, že tento druh tepelného čerpadla sa nehodí do určitých klimatických podmienok, ako sú napríklad horské oblasti alebo oblasti s výpočtovou teplotou v zimnom období nižšou ako -15°C . Výhodou sú nižšie investičné náklady v porovnaní s čerpadlami voda-voda alebo zem-voda [18].

3.2.3 Voda-voda

Zdrojom energie môže byť povrchová voda, podpovrchová voda alebo nemrznúca kvapalina vo vrte alebo pôdnom kolektore.

Zdroje nízkoteplotnej energie z povrchovej vody sú rieky a rybníky. Voda je ochladzovaná tepelným výmenníkom umiestneným priamo vo vode alebo zapustenom v brehu. U oboch zdrojov potrebné zistiť energetickú bilanciu, aby nedošlo k podchladeniu zdroja tepla. V prípade použitia oddeleného primárneho okruhu je podmienkou použitia ekologická nemrznúca zmes.

Podpovrchová voda sa odoberá zo sacej studne a po ochladiení sa vypúšťa do druhej vsakovacej studne. Podmienkou je geologicky vhodné podložie, ktoré umožní čerpanie aj vsakovanie. Ochladenú vodu je možné za určitých podmienok vypúšťať aj do rieky. Zdroj vody však musí byť dostatočne výdatný a vhodných lokalít je pomerne málo [18].

3.2.4 Zem-voda

Rozšírený je spôsob získavania energie z pôdy. Pôda sa ochladzuje tepelným výmenníkom z polyetylénového potrubia naplneného nemrznúcou zmesou a uloženého do výkopu. Pôdny kolektor sa ukladá pri objekte do hĺbky, v ktorej nehrozí zamrznutie. Veľkosť plochy pôdnych kolektorov je asi trojnásobok vykurovanej plochy. Je potrebné počítať s tým, že pôdny kolektor ochladí okolitú pôdu a sneh sa bude držať na povrchu dlhšie. Ak je tepelné čerpadlo využívané pre chladenie, využívajú sa pôdne kolektory na nabíjanie pôdy odpadovým teplom.

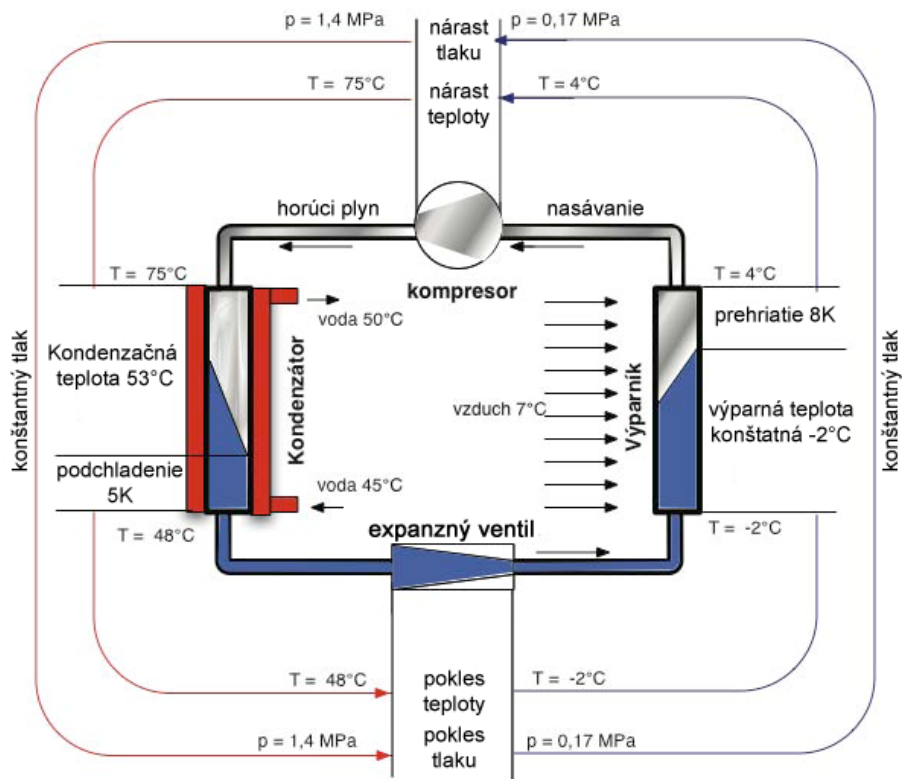
Je možné využívať energiu z pomocou hlbinných vrtov v horninách podložia. Vrty hlboké až 150 m sa umiestňujú v blízkosti stavby a je možné ich umiestniť aj pod stavbu. Na 1 kW

výkonu tepelného čerpadla je potrebných asi 12 až 18 m hĺbky vrtu podľa geologických podmienok.

Výhodou tepelného čerpadla zem-voda je stála teplota zdroja a tým aj stály vykurovací faktor [18].

3.2.5 Princíp činnosti kompresorového tepelného čerpadla

Činnosť tepelného čerpadla je založená na pochodoch spojených so zmenou skupenstva v závislosti na tlaku pracovnej látky (chladiva). Vo výparníku odoberá chladivo za nízkeho tlaku a teploty tepla ochladzovanej látky. Dochádza k varu a kvapalnú chladivo privádzané do výparníku sa postupne mení na paru. Pary chladiva sú z výparníku odsávané a stlačené kompresorom na kondenzačný tlak. Stlačením sa chladivo ohrieva a po výstupe z kompresora je vo forme horúceho plynu. V kondenzátore predávajú kondenzačné teplo ohrievanej látke a menia svoje skupenstvo na kvapalnú. Teplú kvapalnú chladivo je po skokovom znížení tlaku a teploty v expanznom ventile privádzané späť do výparníku, kde dopĺňa vyparenú chladivo. Týmto je obeh uzatvorený [18].



Obr. 11. Princíp činnosti tepelného čerpadla

3.3 Solárne kolektory

Medzi najčastejšie využitia slnečnej energie patria solárne termické kolektory. Na území Českej republiky dopadne v priemere $1100 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$ slnečného žiarenia. Záleží na type solárneho kolektora, aké množstvo z tejto energie dokáže absorbovať, ale približne sa táto hodnota pohybuje v rozsahu 300 až $800 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$. Účinnosť kolektorov závisí najmä na rozdieli teplôt absorbéru a okolitého vzduchu. Čím sa požaduje vyššia teplota, tým bude horšia účinnosť. U vákuových kolektorov, kde je absorbér účinne izolovaný vákuom, sa účinnosť mení len málo, takže poskytujú uspokojivý výkon aj v mrazivých dňoch. Naopak u jednoduchých plochých kolektorov účinnosť prudko klesá s rozdielom teplôt, takže je prakticky nemožné v zimných mesiacoch ohrievať vodu nad 80°C .

Obecne platí, že v Českej republike je počas zimného obdobia tak málo solárnej energie, že aj s vysoko účinnými kolektormi je potrebné pomerne veľká plocha pre pokrytie potrieb [23].

Solárne kolektory je možné rozdeliť podľa ich konštrukcie. Nekrytý plastový absorbér je používaný na nevelké zvýšenie teploty, najmä na sezónny ohrev vody do bazénov. Najrozšírenejšie sú v USA, v našich klimatických podmienkach je ich výkon nedostatočný.

Plochý neselektívny kolektor s jednoduchým zasklením sa intenzívne používa predovšetkým v krajinách s vysokou intenzitou slnečného žiarenia. S klesajúcou intenzitou slnečného žiarenia a nižšou vonkajšou teplotou jeho účinnosť rýchlo klesá. V našich podmienkach je použiteľný na sezónny ohrev TÚV a bazénov.

Plochý selektívny kolektor s jednoduchým zasklením je v našich klimatických podmienkach najčastejšie používaným. Aplikuje sa v systémoch na prípravu TÚV, ohrev bazénov, ale aj na podporu vykurovania. Ročný energetický zisk sa pohybuje rozmedzí 300 až $500 \text{ kW}\cdot\text{m}^{-2}$, v optimálnych podmienkach aj výrazne viac. Vo väčšine aplikácii dosahuje najnižšie merné investičné náklady a vyznačuje sa dlhou životnosťou.

Plochý vákuový kolektor v sebe kombinuje prednosti plochých kolektorov a vákua ako tepelnej izolácie. Je vhodný najmä na aplikácie, kde je potrebné dosahovať relatívne vysoké pracovné teploty pri nepriaznivých meteorologických podmienkach. Jeho prednosťou pred trubicovými vákuovými kolektormi je vyšší energetický zisk v zime a vyššia odolnosť proti mechanickému poškodeniu od snehu a ľadu.

Trubicový vákuový kolektor vďaka vákuu, ktoré tvorí tepelnú izoláciu absorpčnej plochy v sklenenej trubici, má tento kolektor najplochejšiu krivku účinnosti. V dôsledku zakrivenia trubice má v súlade s fyzikálnymi zákonmi menšiu optickú účinnosť, ale pri zvyšujúcom sa rozdiel medzi teplotou absorbéra a okolitého vzduchu klesá jeho účinnosť najpomalšie [22].

Základným stavebným prvkom solárneho kolektora je absorbér, čo je napríklad plochá doska s povrchom neodrážajúcim slnečné lúče a trubicami na odvod teplonosného média. Uložením absorbéra pod sklenenú dosku vznikne solárny kolektor, ktorý využíva skleníkového efektu. Z hľadiska teplonosnej látky sa delia kolektory na kvapalinové a vzduchové, poprípade kombinované.

Slnečné absorbéry premieňajú zachytené slnečné žiarenie na tepelnú energiu. Tá je pomocou teplonosného média odvádzaná do miesta okamžitej spotreby alebo do akumulačného zásobníka. Kvalitné kolektory majú absorbér vybavený spektrálne selektívnou vrstvou, majú vyššiu účinnosť a dokážu spracovať aj difúzne žiarenie. U koncentračných kolektorov sa slnečné žiarenie koncentruje na malú absorpčnú plochu. Používajú sa lineárne Fresnelove šošovky alebo zrkadlové plochy, obvykle žľabové zrkadlá. Dosiahne sa tak vyšších účinností. Ohnisko sa počas dňa mení, a preto je potrebné polohovacie zariadenie.

Solárny zásobník slúži pre prípravu TÚV. Pri nedostatku energie sa dohrieva náhradným zdrojom tepla. Objem zásobníka odpovedá ploche kolektorov, aby dokázal v letnom období akumulovať dostatočné množstvo energie a nedošlo k poškodeniu systému.

Solárny výmenník tepla v zásobníku je umiestnený čo najnižšie, nad ním je umiestnený výmenník okruhu vykurovacieho systému a najvyššie je elektrické vykurovacie teleso [23].

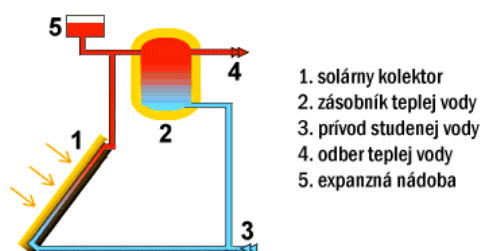
Solárne sústavy pre celoročnú prevádzku je možné rozdeliť podľa obehu teplonosnej kvapaliny. Štandardná sústava s vysokým prietokom, ktoré sa používajú v rodinných domoch, má prietok približne $50 \text{ l.h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ kolektorovej plochy. Nevýhodou takejto sústavy je obmedzený počet kolektorov v jednej hydraulickej skupine, výhodou ľahká dostupnosť takéhoto systému.

Sústavy s nízkym prietokom $20 \text{ l.h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ sú taktiež dobre dostupné na trhu, výhodou je možnosť okamžitého využitia vďaka vyššej výstupnej teplote. Nevýhodou je nižšia účinnosť kolektorov vzhľadom k vyššej pracovnej teplote.

Sústava s opakovaným vyprázdňovaním kolektorov je beztlaká sústava vhodná k sezónnemu využitiu. Je voči okolitému prostredí uzavretá. Ak poklesne teplota v kolektore pod úroveň teploty v spodnej časti zásobníka, regulátor odstaví obehové čerpadlo. Voda z kolektorov a hornej časti potrubia primárneho okruhu samospádom stečie do rezervy zásobníku. V okamihu, keď je teplota v kolektore vyššia ako teplota vody v spodnej časti zásobníku, regulátor obehové čerpadlo zopne. Tlakom vody je vytlačení vzduch z kolektorov do priestoru v rezerve zásobníku. Rezerva zásobníku musí byť umiestnená nad úrovňou najnižšej časti kolektorov. Sústava zaručuje automatickú ochranu pred zamrznutím a prehriatím. Nevýhodou je potreba obehového čerpadla s vyššou výtláčnou výškou a vyššia spotreba energie na cirkuláciu [21].

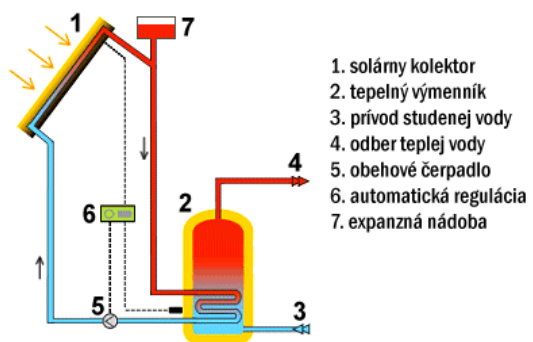
V našich podmienkach je najlepšie využívať solárnu sústavu s núteným obehom, ktorá využíva obehové čerpadlo k obehu teplonosnej kvapaliny. Výhodou je presná regulácia a vyššia účinnosť prenosu tepla. Solárne systémy s gravitačným obehom využívajú k obehu teplonosnej kvapaliny medzi kolektorom a zásobníkom gravitáciu. Kvapalina v systéme prúdi vďaka rozdielu hustoty medzi ochladenou a ohriatou kvapalinou. Solárny zásobník je nutné umiestniť vyššie ako kolektory. Nevýhodou je horšia regulácia prietoku, výhodou je nižšia cena a spoľahlivosť, pretože nehrozí porucha obehového čerpadla.

Sústavy je možné rozdeliť aj podľa počtu okruhov. Jednookruhové systémy ohrievajú vodu bez výmenníku tepla. Výhodou je vysoká účinnosť prenosu tepla, nevýhodou iba sezónne použitie sústavy. Pri nízkych teplotách hrozí zamrznutie sústavy. Vplyvom využívania neupravenej vodovodnej vody sa zanáša sústava aj kolektor.



Obr. 12. Jednookruhová sústava

Dvojokruhová sústava pracuje s výmenníkom tepla a dvoma nezávislými okruhmi. Prvý okruh rozvádza ohriatu teplonosnú kvapalinu od kolektorov do výmenníku tepla. Druhý preberá teplo z výmenníku a rozvádza ho do miesta spotreby. Primárny okruh býva napustený nemrznúcou zmesou. Výhodou je celoročná prevádzka [23].



Obr. 13. Dvojokruhová sústava

4 KOMUNIKAČNÉ A RIADIACE SYSTÉMY

Na základe úrovne kladených požiadaviek na multifunkčné užívanie budov a ich parametre je zrejmé, že je potrebné zabezpečiť integráciu riadiacich a komunikačných systémov. Zariadenia v inteligentnej budove nekomunikujú iba v jednej skupine, ale existuje potreba komunikácie zariadení v rôznych skupinách. Zoznam týchto komunikačných interakcií je veľmi rozsiahly a s vývojom technológií sa stále zväčšuje. Medzi základné môže patriť komunikácia tepelnej sústavy a prístupového systému, kedy je vykurovanie alebo chladenie riadené podľa počtu osôb v budove. Osvetľovací systém môže simulovať prítomnosť osôb v ich neprítomnosti a komunikovať s pohybovými senzormi a zabezpečovacím systémom.

Požiadavky na madziskupinovú komunikáciu a komunikáciu so službami vyžaduje transparentný otvorený systém, ktorý môže byť jednoducho udržiavaný, aktualizovaný a voľne rozšírený v budúcnosti. Tieto požiadavky môžu splniť otvorené transparentné zbernicové systémy.

Filozofia otvoreného systému je taká, že akýkoľvek výrobok nesúci označenie daného otvoreného systému, môže byť zapojený do tohto systému a je vzájomne kompatibilný vo všetkých vrstvách. V prípade, že sú však zariadenia zapojené do rôznych komunikačných sietí, je potrebné komunikačné rozhranie. Zástupcami otvorených systémov sú systémy LONWorks, KNX a čiastočne otvorený BACnet.

Existuje aj iná možnosť, ktorou je možné zaistiť komunikáciu medzi jednotlivými skupinami zariadení. Na druhej strane otvorených systémov stoja konkurenčné uzatvorené systémy. V uzavretých systémoch sa využívajú prvky od jedného výrobcu, poprípade prvky od jeho licencovaných partnerov, fungujúce na zbernici navrhutej týmto výrobcom. Zbernica využíva komunikačný protokol, ktorý je uzatvorený a nie je kompatibilný s ostatnými systémami a komunikácia je možná iba medzi prvkami rovnakého výrobcu. Väčšina výrobcov uzatvorených systémov ponúka širokú ponuku výrobkov, takže dokážu uspokojiť požiadavky zákazníkov. Problém môže avšak nastať v budúcnosti pri rozširovaní systému. Viazanosť na výrobky jedného výrobcu môže znamenať menej efektívne riešenie v porovnaní s konkurenčnými otvorenými systémami, kde je možné vyberať s väčšej ponuky výrobkov a technológií. Medzi výrobcov uzatvorených systémov patria firmy Nikobus, XComfort, Inels a mnohé ďalšie.

4.1 KNX

Asociácia KNX vznikla v roku 1999 združením troch európskych štandardov pre vývoj systémov inteligentných budov BCI, EHS a systému EIB. Systém KNX je decentralizovaný inteligentný riadiaci systém, ktorý spĺňa najvyššie aplikačné nároky na moderné riadenie bytových domov a budov, ktoré sú v dnešnej dobe preplnené do určitej miery rôznorodými uzavretými technológiami.

Zbernica pracuje s bezpečným napätím 29 V. Systém komunikuje po tienenej krútenej dvojlinke, ktorú je možno viesť súbežne so silovým vedením. Pre prenos dát je možné použiť aj silové vodiče, rádiový a infračervený prenos. Zbernica tvorená krútenou dvojlinkou využíva iba dva páry vodičov na prenos údajov. Tieto vodiče sú využívané aj k napájaniu prvkov zbernice jednosmerným napätím.

Základným prvkom topológie KNX je línia. Tá môže pozostávať zo štyroch líniových vetví, pričom každá vetva umožňuje pripojiť maximálne 64 účastníkov a vyžaduje vlastný napájací zdroj. Tento počet vychádza zo spotreby energie a parazitnej elektrickej kapacity. Pre väčšinu aplikácií by však bol takýto rozsah nedostatočný, a preto je možné vytvoriť oblasť, kde je vytvorená hlavná línia a na ňu je možné pripojiť až ďalších 15 línii. Tým však štruktúra siete nekončí a je možné podobným spôsobom vytvoriť viac oblastí pripojených k hlavnej línii. Celkový počet možných účastníkov je potom 61455. Účastníci môžu byť spojený pomocou líniovej, lúčovej, stromovej alebo kombinovanej štruktúry. Zakázanou je kruhová štruktúra, pretože nikde na zbernici sa nemôže uzavrieť okruh.

Adresovanie účastníkov v štruktúre je možné pomocou fyzickej adresy alebo pomocou skupinovej adresy. Fyzická adresa je jedinečná a má dĺžku 16 bitov. Avšak skupiny a ich väzby je to, čo dodáva systému KNX jeho jednoduchosť a eleganciu. Skupinová adresa je 15 bitové číslo a je teda možné definovať 32768 rôznych skupín.

Základnými účastníkmi na zbernici je možné podľa funkcie rozdeliť na snímače a akčné členy. Špeciálnymi prvkami sú napájacie zdroje, líniové spojky, rozhranie s PC a iné. Každý účastník systému KNX pozostáva z troch blokov, aplikačného rozhrania, zbernicovej spojky a aplikačného modulu. Aplikačné rozhranie slúži ku komunikácii so zbernicovou spojkou a aplikačným modulom. Tieto môžu byť v jednom puzdre alebo samostatne. Zbernicová spojka zaisťuje inteligenciu celého zariadenia. V prípade snímačov

sleduje činnosť aplikačného modulu a vysiela na zbernicu. Naopak u akčných členov prijíma informácie zo zbernice a riadi akčný modul.

4.2 BACnet

Protokol BACnet bol vyvinutý špeciálne pre komunikáciu jednotlivých zariadení v inteligentných budovách. Jeho využitie je prevažne v automatizácii a riadení systému inteligentných budov. Protokol BACnet určuje štandardné spôsoby ako reprezentovať funkcie ľubovoľného zariadenia ako napríklad analógové a binárne vstupy a výstupy, časové programy, riadiace cykly a alarmy. Nedefinuje internú konfiguráciu, dátové štruktúry alebo riadiacu logiku zariadenia. Informácie poskytované na sieti sú definované ako štandardizované abstraktné objekty. Väzba týchto objektov na reálne namerané hodnoty je definovaná výrobcom.

Vývoj protokolu BACnet bol inicializovaný v roku 1987. Hlavným cieľom bolo vytvoriť protokol, ktorý by umožňoval integráciu systémov rôznych výrobcov, primárne určených pre automatizáciu a zabezpečenie budov, do jedného kooperujúceho celku. V roku 1995 sa stal protokol štandardom a začal sa využívať v systémoch inteligentných budov.

Špecifikácia BACnet je zložená na troch hlavných častiach. Prvá časť popisuje metódy ako reprezentovať akékoľvek zariadenia štandardným spôsobom. Druhá časť definuje správy zasielané počítačovou sieťou pre monitorovanie a riadenie takého zariadenia. Tretia časť definuje množinu prístupných lokálnych sietí použiteľných pre prenos správ.

Každé zariadenie v sieti BACnet je pripojené k fyzickému segmentu. Jednotlivé fyzické segmenty sú prepojené mostmi, pre zosilnenie signálu je medzi jednotlivými segmentmi umiestnený zosilňovač. Skupina spojených fyzických segmentov sa nazýva podsieťou. Tieto podsiete sa dajú prepojiť až vznikne veľká sieť podobná internetu. Každéj podsieti je pridelená dvoj bytová sieťová adresa. Každé zariadenie pripojené do siete má navyše svoju lokálnu adresu. Táto adresa sa nazýva BACnet MAC adresa a jej veľkosť sa mení podľa počtu zariadení pripojených k podsieti. Zariadenia v sieti komunikujú ako master a slave alebo peer to peer, podľa druhu tejto siete.

4.3 LONWorks

LONWorks je priemyslová zbernica navrhnutá predovšetkým pre potreby automatizácie budov. Na trh bola uvedená v roku 1992 americkou firmou Echelon s podporou firiem Motorola a Toshiba. Výhodou tejto siete je použitie takmer ľubovoľného prenosového média, takže vedľa štandardných metalických káblov je možné využiť rádiového prenosu, silového vedenia 230 V, ale aj káblovej televízie. Týmto sa systém stáva univerzálnym a vedľa použitia pre automatizáciu budov je vhodný aj pre diaľkový zber dát. Variabilita tohto systému ho nepredurčuje pre žiaden druh budov, ani vykonávanú funkciu. Využíva sa v objektoch od malých domov až po mrakodrapy, v priemysle a doprave. LONWorks využíva architektúru peer to peer a pre komunikáciu v sieti LONTalk protokol, ktorý je navrhnutý podľa modelu ISO OSI. Ten je nezávislý na topológii siete, môže mať teda podobu zbernice, kruhu, hviezdy alebo ich kombinácie. Sieť LONWorks je tvorená inteligentnými uzlami – nodmi, ktorých základom je špeciálny mikropočítač nazývaný Neuron chip. Počet pripojených uzlov môže byť viac ako 32000, pričom túto sieť je možné ďalej rozšíriť [24].

4.3.1 Protokol LONTalk

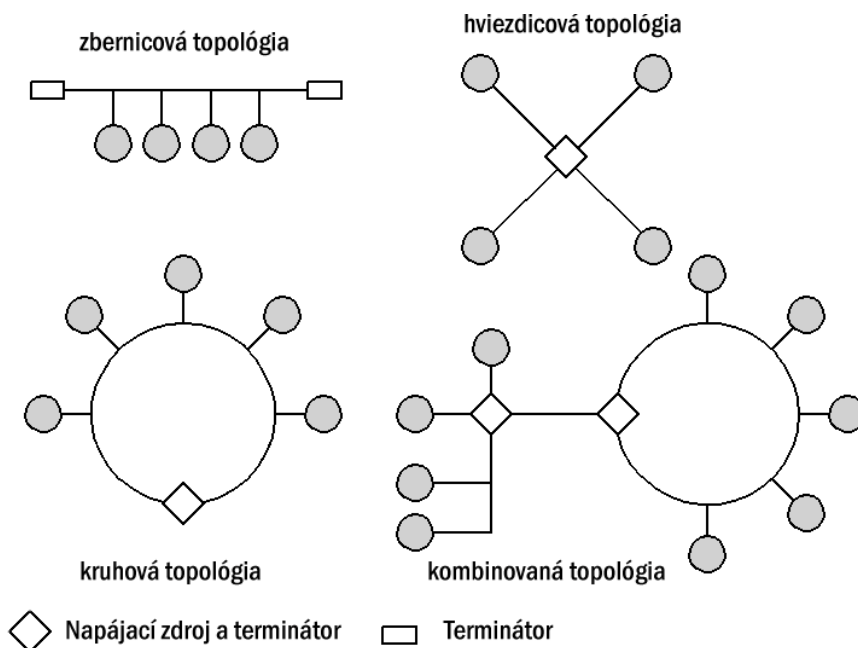
LONTalk protokol je súčasťou každého Neuron chipu a umožňuje prenos dát v ľubovoľnej topológii a prostredníctvom ľubovoľného komunikačného média. LONTalk protokol bol navrhnutý podľa modelu ISO OSI a je štandardizovaný ako EIA 709.1. Tento protokol je rozvrstvený podľa doporučení ISO a ponúka špecifické riadiace riešenia, spoľahlivosť, vysoký výkon, plnú škálovateľnosť a robustnú komunikáciu pre riadiace aplikácie.

Tab. 5. ISO OSI model protokolu LONTalk

Vrstva OSI	Funkcia	Služba
Fyzická	zaisťuje prenos signálu komunikačným kanálom medzi jednotlivými uzlami na bitovej úrovni	rozhranie pre špecifické média a modulačné schémy
Linková	definuje prístupovú metódu k zdieľanej komunikačnej zbernici a kódovanie dát	rozdeľovanie na rámce, kódovanie, kontrola CRC, prístup k médiu, detekcia a predchádzanie kolízií, priority
Sieťová	určuje adresovanie a spôsob smerovania paketov správ od zdrojového zariadenia k cieľovému zariadeniu	unicast, multicast, smerovanie
Transportná	zaisťuje segmentáciu správ a spoľahlivé doručenie paketov	potvrdzovanie, sekvencovanie paketov, duplikovaná detekcia
Relačná	nadväzuje a riadi spojenie medzi jednotlivými komunikujúcimi aplikáciami a definuje autentifikačný protokol	požiadavky a odpovede, autentifikácia
Prezentačná	konvertuje dátové typy a štruktúry medzi komunikačnou a aplikačnou vrstvou	sieťové premenné, aplikačné správy, cudzie rámce
Aplikačná	poskytuje aplikačnému programu prístup ku komunikačným službám nižších vrstiev	štandardné objekty a typy, konfiguračné nastavenia, prenos súborov, sieťové služby

Fyzická vrstva – zaisťuje prepojenie medzi uzlami v sieti prostredníctvom fyzického prenosového média na najnižšej binárnej úrovni. Každý uzol obsahuje transceiver, kombinácia prijímača a vysielača, nezávislý na ostatných častiach uzla, čo umožňuje nezávislosť na prenosovom médiu a topológii siete. Parametre transceiverov sú definované výrobcom.

Najbežnejšou aplikáciou je použitie zbernicovej topológie ako hlavnej zbernice a na ňu sú pomocou routerov pripojované podsiete s ľubovoľnou topológiou.



Obr. 14. Príklady typov topológií siete LONWorks

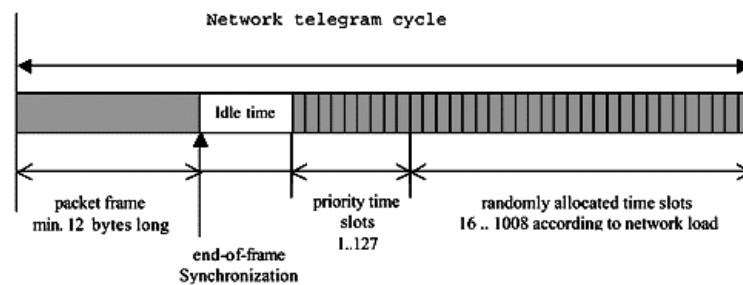
Každý segment siete vyžaduje pre riadnu účinnosť prenosu dát ukončenie (terminátor). Ukončenia sú pripojené rôzne podľa topológie siete. Ukončenia bývajú niekedy zabudované aj do napájacieho zdroja. U segmentu s voľnou topológiou sa používa iba jedno ukončenie a je ho možné umiestniť kdekoľvek. Ak je v sieti pripojený router alebo repeater, ukončenie sa umiestňuje na strane za ním. Zbernícová topológia sa ukončuje dvakrát, jedno na každom konci segmentu v koncových bodoch [25].

Tab. 6. Prenosové médiá používané v sieťach LONWorks

Prenosové médium	Prenosová rýchlosť
EIA-485	do 1 Mbps
Krútená dvojlinka TP	78 kbps, 1,25 Mbps
Koaxiálny kábel	1,25 Mbps
Sieťový rozvod PL	2 - 10 kbps
Rádiový prenos	1,2 - 9,6 kbps
Infračervený prenos	78 kbps
Optický kábel	1,25 Mbps

Linková vrstva – definuje prístupovú metódu k zdieľanej komunikačnej zbernici a kódovanie dát pre prípadnú opravu chyby vzniknutej pri prenose. Pre prístup sa používa efektívna metóda CSMA/CA. Všetky uzly sledujú prenos po sieti a čakajú na stav nečinnosti, Idle state. Vysielanie minulého uzlu dlhého minimálne 12 bytov je ukončené

synchronizačným bitom, End of frame Synchronization, ukončujúcim prenášaný rámeč. Potom každý uzol odpočítava Priority time slots, kedy môžu určité uzly alebo správy niest' vyššiu prioritu a týmto spôsobom sa dostanú na zbernicu prednostne skôr, pretože je im odpočítavaný kratší čas. Každý Neuron chip uzlu má preto niekoľko bufferov s rozdielnou prioritou pre rozdelenie priorít rôznych paketov. Potom nasleduje čakanie náhodne vygenerovanej doby, randomly allocated time slots, a pokiaľ sa do tej doby neobjaví na zbernici komunikácia, vyšle uzol svoj paket. Počet čakajúcich slotov sa automaticky zvyšuje s rastúcou vyťaženosťou siete. Je možné aj využiť detekcie kolízie, ale tá musí byť podporovaná všetkými transceivermi v sieti.



Obr. 15. Schéma prístupu na zbernicu metódou CSMA/CA

Celá linková vrstva je tvorená podvrstvami MAC (Media Access Control) a LLC (Link Layer Control). Funkciou LLC je vytváranie rámcov, ich kódovanie a detekcia chýb využívajúca cyklický kód CRC. Pri kódovaní sa neprejavuje závislosť na polarite, čo odstraňuje spojovacie problémy [25].

Sieťová vrstva – protokolu určuje adresovanie a spôsob smerovania paketov od zdrojového zariadenia k cieľovému zariadeniu. Protokol podporuje niekoľko typov adresovania, od jednoduchého fyzického adresovania po adresy označujúce veľké zoskupenia zariadení.

Fyzická adresa obsahuje 48 bitový kód jedinečný pre každý Neuron chip nazývaný Neuron ID. Môže byť použitý pre adresovanie, ale iba ako cieľová adresa. Táto adresa je priradená zariadeniu pri výrobe a počas používania sa nemení.

Adresa zariadenia je priradená pri inštalácii siete a používa sa častejšie ako fyzická adresa. Umožňuje efektívnejšiu komunikáciu v sieti a jednoduchšiu výmenu zariadenia. Každá adresa zariadenia pozostáva z Domain ID, Subnet ID, a Node ID. Domain ID identifikuje skupinu spolupracujúcich zariadení. Zariadenia musia byť v rovnakej doméne, aby si mohli

vymieňať pakety. V jednej doméne môže byť až 32385 zariadení. Subnet ID identifikuje skupinu až o 127 zariadeniach pripojených na jednom kanále alebo viacerých kanáloch spojených repeatermi. Subnet ID je používané k efektívnemu smerovaniu paketov v rozľahlých sieťach. V jednej doméne môže byť až 255 zariadení. Node ID identifikuje jednotlivé zariadenie v podsieti. Každé zariadenie môže patriť naraz iba do dvoch domén, medzi ktorými umožňuje komunikáciu brána. Dĺžka Domain ID nie je jednoznačná a závisí na štruktúre siete. Dĺžka Subnet ID je 8 bitov a Node ID je 7 bitov.

Skupinová adresa spája logicky skupinu zariadení v doméne. V prípade, že je použité potvrdzovanie správ, je počet zariadení v skupine maximálne 64, bez potvrdzovania správ je počet zariadení ľubovoľný. Rozdelenie siete do skupín je efektívne z hľadiska optimalizácie priepustnosti siete pri paketoch adresovaných viacerým zariadeniam.

Broadcastová adresa označuje všetky zariadenia v podsieti alebo v doméne. Táto adresa je efektívnou metódou pre komunikáciu s mnohými zariadeniami.

Každá správa zasielaná protokolom LONTalk obsahuje adresu odosielateľa a adresu príjemcu. Spôsoby adresovania sú uvedené v nasledujúcej tabuľke [27].

Tab. 7. Spôsoby adresovania

Typ	Formát cieľovej adresy	Formát zdrojovej adresy	Typ cieľovej adresy	Príjemca
0a	doména, podsieť=0	podsieť, uzol	broadcast	všetky zariadenia v doméne
0b	doména, podsieť ≠ 0	podsieť, uzol	multicast	všetky zariadenia v podsieti
1	doména, skupina	podsieť, uzol	multicast	všetky zariadenia v skupine
2a	doména, podsieť, uzol	podsieť, uzol	unicast	jedno zariadenie v podsieti
2b	doména, podsieť, uzol	podsieť, uzol, skupina, ID člena skupiny	unicast	jedno zariadenie v podsieti
3	Neuron ID	podsieť, uzol	unicast	jedno zariadenie

1 Byte	4 Bytes	1 Byte	2 Bytes	2 Bytes	2 Bytes
Layer 2 Header	Layer 3 Address information	Layer 4 Service type	Layer 5/6 Header	DATA	Layer 2 CRC

Obr. 16. Štruktúra rámca protokolu LONTalk [25]

Transportná vrstva – zaisťuje spoľahlivosť doručenia paketov. Kontroluje správny prenos paketov sietí od vysielajúceho uzlu k cieľovému, zaisťuje potvrdzovanie prijatia paketu, ničí duplikovane vyslané pakety.

Služba potvrdzovania prichádzajúceho paketu alebo správy vyslanej uzlom siete ďalšiemu uzlu alebo skupine uzlov vždy očakáva spätné potvrdenie o úspešnom doručení od každého uzlu. Ak nedostane vysielajúci uzol potvrdenie od všetkých príjemcov, vyčká určitú nastavenú dobu a znova odošle správu. Doba aj maximálny počet pokusov o znovu vyslanie je nastaviteľný. Potvrdenie o prijatí správy sa vykonáva automaticky Neuron chipom daného uzlu. K zamedzeniu duplikovanému príjmu rovnakej správy sa využíva číslovanie správ a potvrdení Transaction ID číslom.

Služba žiadosť a odpoveď je využívaná k odosielaniu správ jednému alebo viacerým uzlom, od ktorých sa očakáva nejakej konkrétnej odpovede. Tá môže obsahovať aj prenášané dáta, čo sa využíva pri volaní vzdialených procedúr alebo v klient-server aplikácii. Prichádzajúca správa je spracovaná uzlom alebo externou aplikáciou a výsledok je poslaný ako odpoveď s určitým nastaveným časovým oneskorením.

Služba zasielania správ typu broadcast sa využíva pri jednom, či opakovanom hromadnom zasielaní správ veľkému počtu uzlov, kedy by hromadné odpovede zahltili sieť.

Služba nepotvrdzovaného zasielania správ neočakáva od vyslanej správy odpoveď ani potvrdenie. Je možné ju získať iba na jednom uzle siete [25].

Relačná vrstva – definuje štandardné kódy správ pre sieťový manažment a diagnostiku. Sieťový manažment zjednodušuje inštaláciu a riadenie siete, umožňuje meniť nastavenia a konfiguráciu Neuron chipov. Sieťová diagnostika umožňuje diagnostiku siete a prípadné opravy. Táto vrstva definuje overovací protokol pre overovanie správ, ktorý umožňuje príjemcovi zistiť, či odosielateľ je k odoslaniu oprávnený [25].

Prezentačná vrstva – vymieňa správy medzi aplikáciami a interpretuje prichádzajúci paket ako sieťovú premennú, explicitnú správu alebo cudzí rámec. Aplikačné dáta sa obvykle vymieňajú prostredníctvom sieťových premenných. Tieto premenné zjednodušujú inštaláciu a vývoj systému. Takto prenášané dáta majú pevne definované, aké hodnoty prezentujú a ako má s nimi aplikácia zaobchádzať. LONTalk protokol definuje niekoľko štandardných premenných (Standard Network Variables Types).

Explicitné správy sú určené pre prezentáciu dát, ktoré sa nehodia do niektorého typu sieťových premenných.

Cudzie rámce sú dáta nesúvisiace s touto vrstvou a sú poslané na miesto určenia [25].

Aplikačná vrstva – beží v nej samotný aplikačný program, ktorý deklaruje typy sieťových premenných, kódy explicitných správ a podobne [25].

4.3.2 Uzol LONWorks

Uzol je inteligentný prvok obsahujúci tri základné bloky, Neuron chip, transceiver a I/O obvody.

Neuron chip je riadiaca časť uzlu zaisťujúca komunikáciu prostredníctvom protokolu LONTalk a prípadne aj beh užívateľskej aplikácie. Je to hlavný hardwarový komponent každého uzlu. Základom každého aktívneho chipu je CPU a pamäť. V Neuron chipe sa obvykle vyskytujú tri nezávislé 8-bitové CPU.

CPU pre prístup na médium ovláda a riadi všetky sériové komunikačné porty na úrovni linkovej vrstvy. Na výstupnom porte je výstupný signál prevedený do paketu protokolu LONTalk, ktorý je priamo určený pre prenos do ďalšieho uzlu. CPU má na starosti aj buffer vstupov a výstupov, riadenie vysielania paketov podľa priority, detekciu kolízie na zbernici, tvorbu rámcov a kód CRC.

Sieťový CPU spracováva informácie a požiadavky na služby poskytované protokolom na úrovni sieťovej vrstvy. Riadi časovacie služby využívané v rôznych stavoch spracovania signálu, adresovanie uzlov a správne smerovanie paketov.

Aplikačný CPU spracováva dané užívateľské aplikácie napísané jazykom Neuron C. Preložený program sa môže preniesť do chipu po sieti pomocou komunikačného portu.

Užívateľ má možnosť ovládať len aplikačný CPU, ostatné dva pracujú automaticky podľa vnútorného firmwaru a parametrov v aplikačnom CPU. Pre uloženie aplikačného programu a aktualizovanej časti firmwaru Neuron chipu sa používa vnútorná Flash EEPROM pamäť. Vnútorná RAM slúži klasicky pre dátové premenné aplikačného programu a čiastočne pre uchovanie dočasných dát komunikácie. Vnútorná ROM obsahuje pevnú nemennú časť firmwaru [26].

Transceiver je súčasťou každého Neuron chipu a jeho úlohou je zaistenie komunikácie. Pre každý typ prenosového média je určený špecifický transceiver zaisťujúci správne prispôsobenie a moduláciu signálu. Z hľadiska napojenia rôznych transceiverov obsahuje Neuron chip päť vývodov komunikačného portu, ktoré je možné softwarovo konfigurovať, preto je možné použiť transceivery od rôznych výrobcov [26].

Tab. 8. Transceivery firmy Echelon

Transceiver	Prenosové médium	Topológia	Prenosová rýchlosť	Max. počet uzlov na kanál	Max. vzdialenosť uzlov
RS485	TP	zbernica	do 1Mbps	32	1400 m
TP/XF78	TP	zbernica	78 kbps	64	1400 m
TP/XF1250	TP	zbernica	1,25 Mbps	64	130 m
FTT10A	TP	zbernica/ľubovoľná	78 kbps	64	2,7 km/500 m
LPT10	TP	zbernica	78 kbps	128	2200 m
PLT22	PL	ľubovoľná	4,8 kbps	od okolia	do 5000 m

4.3.3 Sieťové premenné

Sieťové premenné sú dátové objekty pre zdieľanie dát v distribuovanej riadiacej aplikácii. Sú najčastejšie používaným spôsobom výmeny dát v prostredí LONWorks. Sieťové premenné predstavujú u daného zariadenia dátové vstupy a výstupy. Maximálna veľkosť premennej je 31 bytov. Prepojenie výstupných premenných jedného zariadenia so vstupnými iných zariadení sa vykonáva pri nastavení siete. Toto logické prepojenie (binding) sa nastavuje pomocou konfiguračného nástroja. Aplikácia bežiaca v zariadení iba aktualizuje výstupnú premennú a doručenie hodnôt je úlohou protokolu LONTalk. Podobne aj pri vstupných premenných sa aplikácia nemusí starať o prichádzajúce dáta, v Neuron chipe je spustená odpovedajúca obslužná funkcia pre každú sieťovú premennú. U vstupných premenných je možné nastaviť mechanizmus vyžiadania hodnôt vstupných premenných (polling). Toto je možné využiť iba vtedy, pokiaľ žiadajúce zariadenie pozná adresu žiadaného zariadenia. Mechanizmus využívajú predovšetkým konfiguračné nástroje, ktoré majú prístup k týmto adresám.

Reprezentácia dát sieťových premenných je určená ich typom. Typ premennej určuje veľkosť premennej a jej konkrétny fyzikálny význam. Združenie LONMark spravuje definície štandardných typov SNVT a vydáva ich zoznam pod názvom SNVT list. Tento

zoznam je voľne k dispozícii na ich webových stránkach. Špecifikácie typu sieťových premenných určuje uloženie dát v premennej, fyzikálny rozmer, jednotku, rozlíšenie a názov. Každý typ má pridelený číselný index, označovaný ako SNVT index [27].

4.3.4 Konfiguračné parametre

Konfiguračné parametre určujú nastavenie behu zariadenia. Používajú sa napríklad pre nastavenie časovej periódy v akej senzory odosielať namerané hodnoty, pre nastavenie ofsetov, konštánt PID regulátorov a podobne. Hlavnou výhodou konfiguračných parametrov je, že sú uložené v databáze konfiguračného nástroja a pri výmene zariadenia je ich možné znova použiť a nahráť do nového zariadenia. Zariadenie bude nakonfigurované rovnako ako to predchádzajúce. Konfiguračné parametre majú svoje štandardné typy (Standard Configuration Property Types), ktoré sú spravované združením LONMark. Výrobcovia môžu definovať aj vlastné konfiguračné parametre (User-defined Configuration Property Types). V prípade, že nie sú dostupné SCPT, výrobca môže definovať UCPT, avšak tie musia byť dokumentované v súlade protokolu združenia LONMark [27].

4.3.5 Interoperabilita

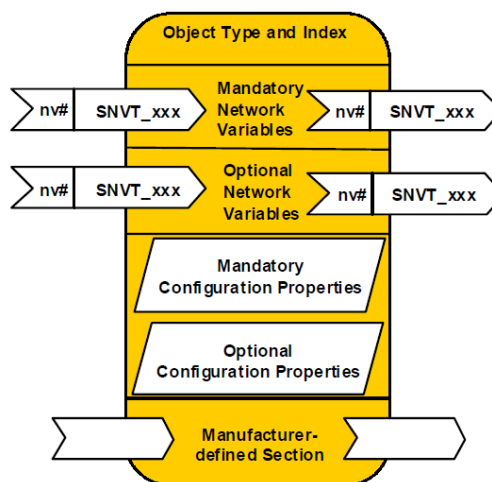
Interoperabilita je vlastnosť systému umožňujúca zaradenie prvku siete do distribuovanej riadiacej aplikácie, pričom každý prvok môže byť nahradený prvkom iného výrobcu, bez nutnosti vykonávať zmeny v riadiacej aplikácii. K zaisteniu interoperability je potrebné zaistiť nielen spoluprácu medzi zariadeniami na všetkých úrovniach ISO OSI modelu, ale je potrebné zaistiť zhodný mechanizmus prístupu k zdieľaným premenným, rovnakú definíciu dát, rovnakú interpretáciu dát, zhodnosť funkčného chovania aplikácie a komunikačného rozhrania zariadenia [27].

4.3.6 Funkčné bloky

Funkčné bloky združujú vstupné a výstupné sieťové premenné a konfiguračné parametre, ktoré súvisia s jednou aplikáciou zariadenia. Funkčný blok je časťou profilu celého zariadenia [27].

4.3.7 Funkčné profily

Funkčné profily sú šablóny pre funkčné bloky. Funkčné profily špecifikujú pomocou SNVT povinné a voliteľné vstupné a výstupné sieťové premenné a povinné a voliteľné konfiguračné parametre. Ľubovoľný funkčný blok musí obsahovať všetky povinné položky funkčného profilu. Funkčný blok môže pridávať svoje špecifické premenné a parametre. Združenie LONMark špecifikuje štandardné funkčné profily (Standard Functional Profile Templates) pre rôzne zariadenia. Zariadenie môže mať jeden alebo viacero funkčných profilov.



Obr. 17. Funkčný profil

Profil zariadenia popisuje zariadenie ako celok. Definuje identifikátor profilu zariadenia (Standard Profile ID), implementované funkčné profily zariadenia, ďalšie implementované sieťové premenné a konfiguračné parametre, vlastnosti implementácie protokolu LONTalk a parametre fyzickej vrstvy. Každé zariadenie, ktoré spĺňa špecifikácie združenia LONMark, musí vo svojom profile obsahovať špeciálny Node Object, ktorý obsahuje konfiguračné parametre. Tieto parametre používajú konfiguračné nástroje pre správu všetkých ostatných funkčných blokov v zariadení a pre zisťovanie stavu zariadenia.

Spolu so zariadením je od výrobcu dodávaný .XIF súbor, ktorý obsahuje popis profilu zariadenia. Je špecifikovaný združením LONMark, pretože je používaný konfiguračnými nástrojmi [27].

4.3.8 LNS Server

Sieťový operačný systém poskytuje funkcie pre monitorovanie, riadenie, inštaláciu a konfiguráciu. Operačný systém poskytuje prístup k dátam pre HMI a SCADA aplikácie a pre prístup cez internet.

LNS Server je operačný systém od firmy Echelon pre sieť LONWorks. Je to server pre model server-klient. Sieťové nástroje a aplikácie vystupujú v roli klientov, ktorých môže byť pripojených niekoľko súčasne. LNS Server je spustený na jednom počítači a aplikácie môžu byť ako klienti spustené zo vzdialených počítačov cez LAN alebo internet. LNS Server poskytuje klientom objektový prístup k sieti LONWorks pomocou technológie Active X a COM. Poskytuje objekty, pomocou ktorých je možné efektívne inštalovať, riadiť a monitorovať celú sieť. LNS Server využíva k ukladaniu všetkých dát o aktuálnej konfigurácii siete vlastnú databázu, ktorá obsahuje kópie konfigurácii všetkých zariadení siete.

Neštandardné zariadenia je možné pripojiť pomocou LNS plug-inov. Tieto plug-iny obsahujú nástroje na odstraňovanie chýb, konfiguračné nástroje, ale aj aplikácie na monitorovanie zariadenia a dát, ktoré obsahuje [27].

4.3.9 Vývojové nástroje

Vývojové nástroje obsahujú prostredie pre vývoj a odladenie aplikácii pre rôzne zariadenia, sieťové nástroje pre inštaláciu a nastavenie zariadenia a nástroj pre analýzu sieťovej prevádzky. Firma Echelon ponúka NodeBuilder FX, na vývoj aplikácii pre Neuron chip a Smart Transceivery, a LONMaker, sieťový nástroj pre návrh, inštaláciu, prevádzkovanie a údržbu sietí LONWorks. Analýza sieťovej prevádzky je možná pomocou programu LONScanner Protocol Analyser. Tieto nástroje sú vhodné pre rôzne konfigurácie s množstvom voliteľných nástrojov [27].

4.4 DALI

DALI je medzinárodný otvorený štandard, ktorý ponúka jednoduchú digitálnu komunikáciu pre osvetľovacie systémy v budovách. Vytvára decentralizovaný systém tým, že množstvo informácií je uložených v jednotlivých predradníkoch.

Protokol DALI bol vyvinutý v polovici 90-tych rokov, so zámerom vytvoriť zbernicový systém, ktorý by umožňoval digitálnu komunikáciu medzi komponentmi v osvetľovacom systéme. Systém DALI je medzinárodný štandard zaručujúci komunikáciu riadených osvetľovacích systémov od rôznych výrobcov, umožňujúci ich integráciu ako subsystému do nadradeného systému správy budov.

Štandard má určité obmedzenia. Je možné pripojenie maximálne 64 individuálnych jednotiek s individuálnymi adresami, maximálne 16 skupinových adres a 16 svetelných hodnôt scén. DALI napája pomocou zbernice všetky prvky v systéme a celkový príkon prvkov pripojených na zbernici nesmie prekročiť 250 mA. Dĺžka zbernice je maximálne 300 m alebo je obmedzená poklesom napätia o 2 V. Týmto sa zabezpečí malá spotreba energie a integrita signálu v systéme. Signál DALI sa pohybuje v rozmedzí 0 až 16 V, z toho dôvodu je potrebné udržiavať správnu polaritu. Je možné pripojiť niekoľko zdrojov na rovnakú zbernicu pri dodržaní maximálneho prúdového obmedzenia a správnej polarit.

Logická 0 je definovaná napätím rozhrania 0 V (-6,5 V až +6,5 V) na strane prijímača. Logická 1 je predstavovaná napätím 16 V (9,5 V až 22,5 V) na strane prijímača. Medzi vysielateľom a prijímačom je prípustný maximálny pokles napätia 2 V na vedení k rozhraniu. Dátovú zbernicu tvoria dva vodiče. Zapojenie môže byť ľubovoľnou kombináciou hviezdicovej alebo sériovej sústavy, avšak kruhové zapojenie nie je povolené. Dáta sa prenášajú po zbernici rýchlosťou 1200 bps.

Protokol DALI definuje príkazy a tiež dotazy, na ktoré daný predradník zasiela požadované údaje. Príkaz je tvorený 19 bitmi, prvý bit je aktivačný, nasleduje jedno bytová adresa a jedno bytový príkaz alebo dáta. Na koniec sú pripojené dva ukončovacie bity. Z ôsmich bitov pre adresu sa však využíva len šesť, z čoho vyplýva maximálny počet 64 zariadení na jednej línii.

Systém DALI môže byť začlenený do systému správy budovy ako samostatný systém, ako samostatný podsystém alebo ako závislý podsystém [28].

II. PRAKTICKÁ ČASŤ

5 NÁVRH TECHNICKÉHO ZARIADENIA BUDOVY

V tejto časti je uvedený návrh zariadení pre energeticky úsporný dom. Zariadenia sú zvolené podľa súčasných trendov odvíjajúcich sa v tomto odvetví. V tejto časti mojej práce sa budem zaoberať návrhom vykurovacej sústavy, elektroinštalácie, osvetlenia a riadiacich systémov, ktoré budú riadiť a prepájať jednotlivé prvky medzi sebou.

Pre vykurovanie je použité ako primárny zdroj tepla tepelné čerpadlo vzduch-voda zapojené v bivalencii s plynovým kondenzačným kotlom. Prípravu teplej vody zaobstaráva tepelné čerpadlo, v prípade jeho odpojenia pri nízkych teplotách alebo poruche, plynový kotol. Ako dodatkový zdroj energie pre prípravu teplej vody slúžia solárne vákuové kolektory.

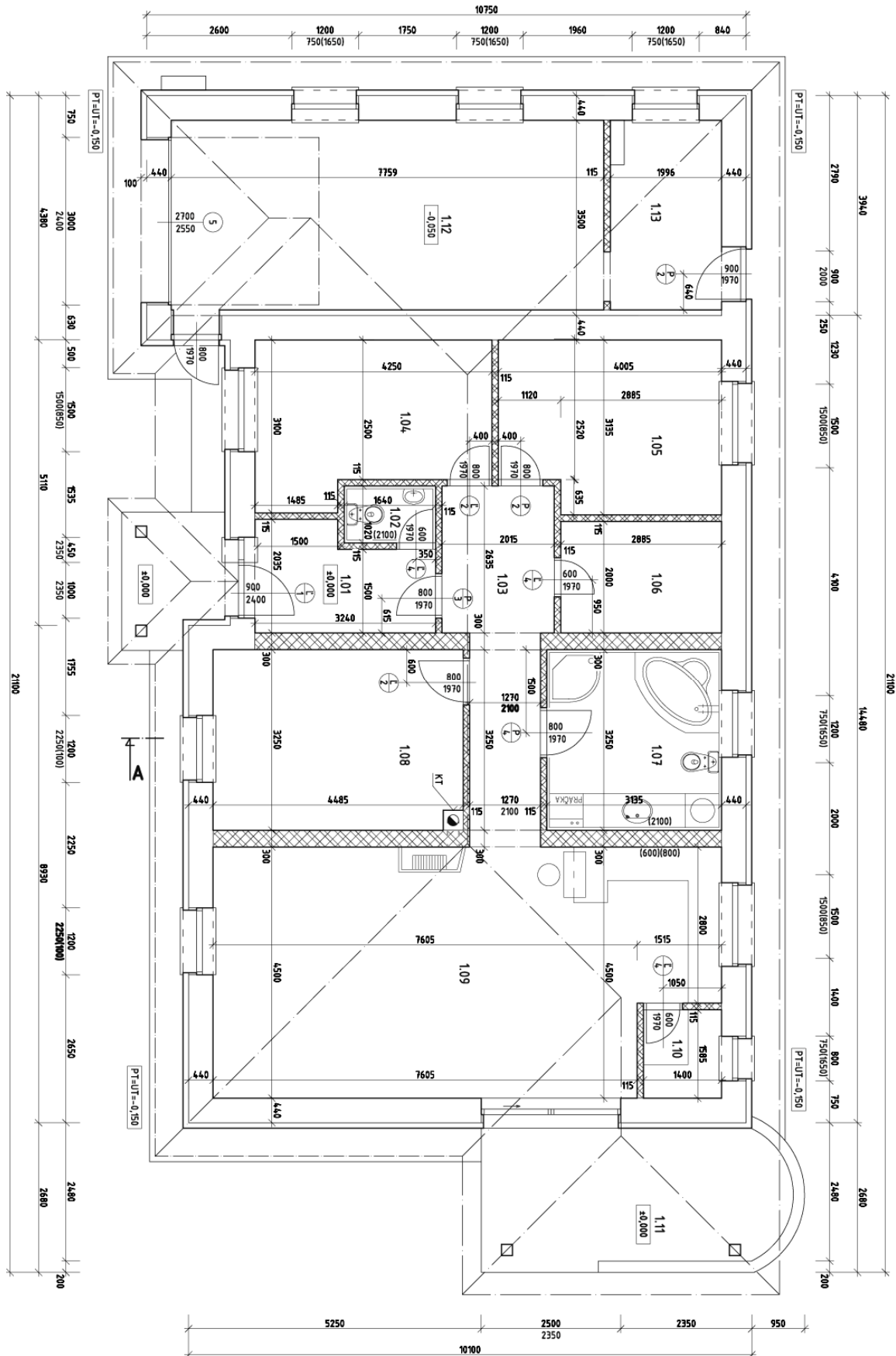
Ďalšou časťou riešenia je inteligentná elektroinštalácia využívajúca prvky inteligentného osvetlenia znižujúceho prevádzkové náklady a zvyšujúceho komfort, bezpečnostný systém a protipožiarny systém chrániaci majetok a ľudské životy. Všetky tieto súčasti sú prepojené navzájom za pomoci protokolu LONWorks a vytvárajú navonok jeden celok umožňujúci svojim užívateľom pohodlné a hlavne komplexné riadenie ich obytného priestoru, domova.

5.1 Popis budovy a okrajových podmienok

Dom sa nachádza v lokalite Zlín a je situovaný smerom na juhozápad. Jedná sa o prízemnú samostatnú stavbu bez pivnice slúžiacu k celoročnému pobytu 4 osôb.

Tab. 9. Okrajové podmienky

Dĺžka vykurovacieho obdobia	216 dní
Priemerná vonkajšia teplota	3,6°C
Celková zastavaná plocha	189,7 m ²
Výška miestností	2,6 m
Obstavaný priestor	294,3 m ³
Vykurovaný priestor	110,6 m ²
Priemerná teplota interiéru	20°C
Vonkajšia výpočtová teplota	-12°C



Obr. 18. Pôdorys navrhovaného domu



Obr. 19. Vizualizácia navrhovaného domu

Tab. 10. Legenda miestností

Číslo miestnosti	Názov miestnosti	Plocha podlahy [m ²]	Výška miestnosti [m]
1.01	Zádverie	5,81	2,6
1.02	WC	1,67	2,6
1.03	Chodba	10,58	2,6
1.04	Izba	11,52	2,6
1.05	Izba	11,84	2,6
1.06	Šatník	5,77	2,6
1.07	Kúpeľňa	10,19	2,6
1.08	Spáľňa	14,12	2,6
1.09	Kuchyňa + obývačka	39,05	2,6
1.10	Špajza	2,22	2,6
1.11	Terasa	13,09	-----
1.12	Garáž	26,64	2,65
1.13	Kotolňa	6,79	2,65

5.1.1 Skladba konštrukcií

Všetky konštrukcie sú navrhnuté tak, aby ich celkový súčiniteľ prechodu tepla odpovedal hodnotám pre energeticky úsporné stavby.

Tab. 11. Skladba obvodovej steny

Skladba obvodovej steny	d [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Vonkajšia štruktúrovaná omietka	3	0,70
Armovaná vrstva	3	0,80
Tepelná izolácia (EPS)	100	0,04
Lepiaci stierka	3	0,80
Porotherm P+D	440	0,19
Vápennocementová omietka	10	0,50

Tab. 12. Skladba vnútornej nosnej steny

Skladba vnútornej nosnej steny	d [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Vápennocementová omietka	10	0,50
Porotherm P+D	300	0,27
Vápennocementová omietka	10	0,50

Tab. 13. Skladba vnútornej deliacej steny

Skladba vnútornej deliacej steny	d [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
Vápennocementová omietka	10	0,50
Porotherm P+D	115	0,34
Vápennocementová omietka	10	0,50

Tab. 14. Skladba stropu

Skladba stropu	d [mm]	λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
OSB dosky	6	0,11
Tepelná izolácia na báze minerálnych vlákien	140	0,038
Parozábrana	----	----
Betónová zálievka s kari sieťami	40	1,43
Montovaný keramický strop Porotherm KSV 45	170	0,68
Cementový prednástreč	4	0,83
Vápenocementová omietka	10	0,50

Tab. 15. Skladba podlahy s laminátovými parketami

Skladba podlahy 1	d [mm]	λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
Laminátová podlaha	10	0,37
Cementový poter	60	1,23
Systémová platňa Gabotherm 1-2-3	10	0,13
Tepelná izolácia	80	0,025
Hydroizolácia	2	0,21
Podkladový betón	100	1,43
Štrkový násyp	150	0,93

Tab. 16. Skladba podlahy s keramickými dlaždicami

Skladba podlahy 2	d [mm]	λ [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$]
Keramická dlažba	10	1,00
Cementový poter	60	1,23
Systémová platňa Gabotherm 1-2-3	10	0,13
Tepelná izolácia	80	0,025
Hydroizolácia	2	0,21
Podkladový betón	100	1,43
Štrkový násyp	150	0,93

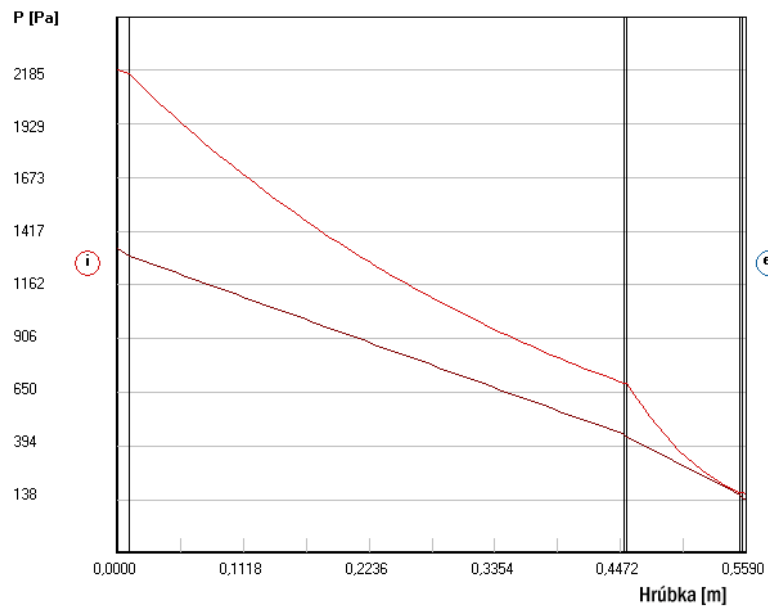
5.2 Tepelno-technické posúdenie konštrukcie

Skladba obvodovej steny musí byť navrhnutá tak, aby v nej nedochádzalo ku kondenzácii vlhkosti. Skondenzovaná vlhkosť v konštrukcii vytvára ideálne podmienky pre rast plesní a množenie mikroorganizmov.

Podľa normy ČSN 73 0540 [29] nedochádza v konštrukcii ku kondenzácii vodnej pary. Vyplýva to z nasledujúceho obrázka, kde nedochádza k prenutiu čiar symbolizujúcich nasýtený tlak a teoretický tlak v typickom mieste konštrukcie.

Norma požaduje, aby kondenzácia neohrozovala konštrukciu, ročné množstvo kondenzátu musí byť nižšie ako je ročná kapacita odparu a ročné množstvo kondenzátu musí byť nižšie

ako $0,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$ za rok. Všetky tieto požiadavky normy sú splnené a konštrukcia hodnotená ako vyhovujúca.



Obr. 20. Rozloženie tlakov vodnej pary v konštrukcii

5.3 Výpočet stratového tepelného výkonu podľa normy ČSN EN 12831

Pomocou výpočtov v tejto norme [31] sa stanoví množstvo tepla potrebného k bezpečnému dosiahnutiu navrhovanej vnútornej teploty. Udáva sa v nej postup pre výpočet tepelných strát a navrhovaného tepelného výkonu.

Predpokladom pre výpočet je stanovenie tepelných podmienok. V tomto prípade ide o lokalitu Zlín a tepelné podmienky sú uvedené v Tab. 9. Okrajové podmienky. Nasleduje rozdelenie miestností na vykurované a nevykurované a určenie ich rozmerových parametrov. Ďalším krokom je výpočet súčiniteľa prechodu tepla pre jednotlivé konštrukčné časti budovy. Nasleduje výpočet tepelných strát prechodom, vetraním a výpočet vykurovacieho výkonu, dodatočného výkonu pre vyrovnanie účinku prerušovaného vykurovania. Z týchto hodnôt sa následne stanoví ich sčítaním celkový tepelný výkon potrebný k dosiahnutiu navrhovanej vnútornej teploty.

Tab. 17. Údaje o vykurovaných miestnostiach

Vykurované miestnosti	Výpočtová vnútorná teplota $\theta_{int,I} [^{\circ}\text{C}]$	Pôdorysná plocha A_i [m ²]	Objem miestnosti V_i [m ³]
Záďverie	20	7,66	18,07
WC	20	1,99	4,7
Chodba	20	10,97	25,9
Izba	20	16,27	38,39
Izba	20	16,47	38,9
Šatník	20	7,69	18,14
Kúpeľňa	24	13,25	31,27
Spálňa	20	18,4	43,4
Kuchyňa + obývačka	20	48,59	114,67

Pôdorysná plocha miestnosti sa odlišuje od skutočnej plochy podlahy z dôvodu, že norma uvažuje rozmery podlahy aj so započítanou polovicou hrúbky stien obopínajúcich túto podlahu.

Na základe skladby konštrukcie je možné vypočítať súčiniteľ prechodu tepla, U_k . Tento súčiniteľ je možné vypočítať z hodnoty tepelného odporu, R , alebo z hodnoty súčiniteľu tepelnej vodivosti. Vždy aspoň jedna z týchto veličín je udávaná výrobcom daného stavebného materiálu alebo je možné hodnotu dohľadať v norme ČSN 73 0540-3 [30].

$$R_j = \frac{\lambda_j}{d_j} \text{ [m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}] \quad (10)$$

R_j - tepelný odpor j-tej vrstvy

λ_j - súčiniteľ tepelnej vodivosti j-tej vrstvy [m².K.W⁻¹]

d_j - hrúbka j-tej vrstvy [m]

$$U_k = \frac{1}{R_{si} + \sum R_j + R_{se}} \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}] \quad (11)$$

R_{si} – odpor pri prestupe tepla na vnútornej strane

- steny – 0,13 m².K.W⁻¹
- podlaha – 0,17 m².K.W⁻¹
- strop – 0,10 m².K.W⁻¹

R_{se} – odpor pri prestupe tepla na vonkajšej strane – $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Tab. 18. Súčiniteľ prechodu tepla stavebných konštrukcií a jeho doporučené hodnoty podľa ČSN 73 0540

Konštrukcia	hrúbka [m]	Súčiniteľ prechodu tepla [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]	Súčiniteľ požadovaný [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]	Súčiniteľ doporučený [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]
Obvodová stena	0,559	0,182	0,300	0,200
Vnútoraná nosná stena	0,320	0,766	2,700	1,800
Vnútoraná deliaca stena	0,135	1,835	2,700	1,800
Strop	0,370	0,239	0,300	0,200
Podlaha s laminátovými parketami	0,412	0,275	0,450	0,300
Podlaha s keramickými dlaždicami	0,412	0,275	0,450	0,300
Vchodové dvere	-----	1,200	1,700	1,200
Vnútorané dvere	-----	2,000	-----	-----
Garážové dvere	-----	1,000	-----	-----
Okno s izolačným dvojsklom	-----	1,100	1,700	1,200

5.3.1 Tepelné straty prechodom tepla

Pre výpočet strát prechodom tepla do prostredia alebo vetraním je použitá zjednodušená metóda vhodná pre obytné budovy, v ktorých je intenzita výmeny vzduchu pri tlakovom rozdieli 50 Pa medzi vnútorným a vonkajším prostredím budovy, n_{50} , nižšia ako 3 h^{-1} .

Hodnota tepelnej straty prechodom, $\Phi_{T,i}$, sa vypočíta podľa vzťahu

$$\Phi_{T,i} = f_k \cdot A_{kor} \cdot U_k \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (12)$$

f_k - teplotný korekčný činiteľ

A_{kor} - plocha stavebnej časti [m^2]

U_k - súčiniteľ prechodu tepla danou stavebnou konštrukciou [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

$\theta_{int,i}$ - požadovaná teplota vnútorného vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

θ_e - teplota vonkajšieho vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

Tab. 19. Tepelné straty prechodom

Miestnosť	Navrhovaná teplota $\theta_{\text{int},i}$ [°C]	Tepelná strata prechodom $\Phi_{T,i}$ [W]
Zádverie	20	317
WC	20	25
Chodba	20	58
Izba	20	422
Izba	20	423
Šatník	20	112
Kúpeľňa	24	483
Spálňa	20	434
Kuchyňa + obývačka	20	1797
Celkom		4071

5.3.2 Tepelné straty vetraním

Hodnota tepelnej straty vetraním, $\Phi_{V,i}$, sa vypočíta podľa vzťahu

$$\Phi_{V,i} = 0,34 \cdot V_{\text{min},i} \cdot (\theta_{\text{int},i} - \theta_e) \text{ [W]} \quad (13)$$

$V_{\text{min},i}$ je hygienicky najmenšie požadované množstvo vzduchu pre vykurovaný priestor v $[\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}]$

$$V_{\text{min},i} = n_{\text{min}} \cdot V_i \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (14)$$

n_{min} - najmenšia intenzita výmeny vonkajšieho vzduchu za hodinu $[\text{h}^{-1}]$

V_i - objem vykurovaného priestoru vypočítaného z vnútorných rozmerov priestoru

V projekte nie je uvažovaná vetracia sústava, z toho dôvodu je vetranie objektu zabezpečené prirodzeným vetraním pomocou okien, prípadne dverí. V tomto prípade sa uvažuje, že privádzaný vzduch do domu má parametre vonkajšieho vzduchu. Tepelná strata je potom úmerná rozdielu teplôt vnútornej výpočtovej teploty a vonkajšej teploty.

Hodnota výmeny vzduchu vykurovaného priestoru pre výpočet navrhovaného súčiniteľa tepelnej straty je maximum výmeny vzduchu infiltráciou špármi, $V_{\text{inf},i}$, a stykmi obvodového plášťa budovy a minimálnej výmeny vzduchu, $V_{\text{min},i}$, požadovanej z hygienických dôvodov.

Tab. 20. Tepelné straty vetraním

Miestnosť	Navrhovaná teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	Objem miestnosti V_i [m ³]	Intenzita vetrania [h ⁻¹]	Tepelná strata vetraním $\Phi_{v,i}$ [W]
Zádverie	20	18,07	0,5	92
WC	20	4,7	0,5	24
Chodba	20	25,9	0,5	132
Izba	20	38,39	0,5	196
Izba	20	38,9	0,5	198
Šatník	20	18,14	0,5	93
Kúpeľňa	24	31,27	0,5	191
Spálňa	20	43,4	0,5	221
Kuchyňa + obývačka	20	114,67	0,5	585
Celkom				1732

5.3.3 Vykurovací tepelný výkon

Vykurovací tepelný výkon požadovaný pre vyrovnanie účinkov prerušovaného vykurovania, $\Phi_{RH,i}$, vo vykurovanom priestore určí zo vzťahu

$$\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH} \text{ [W]} \quad (15)$$

A_i - podlahová plocha vykurovaného priestoru [m²]

f_{RH} - činiteľ závislý na druhu budovy, stavebnej konštrukcii, dobe vykurovania a predpokladanom poklese vnútornej teploty počas útlmu vykurovania

Rodinný dom má ťažkú konštrukciu s poklesom vnútornej teploty pre obývaciu izbu s kuchyňou o 4°C v priebehu prerušenia vykurovania na 4 hodiny. Tento pokles je spôsobený kontaktom troch obvodových stien s vonkajším prostredím a veľkými presklenými plochami. Ostatné časti domu sú počítané s poklesom teploty o 3°C počas 4 hodinového prerušenia vykurovania.

Tab. 21. Vykurovací tepelný výkon

Miestnosť	Navrhovaná teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	Tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$ [W]
Zádverie	20	99
WC	20	25
Chodba	20	143
Izba	20	212
Izba	20	215
Šatník	20	99
Kúpeľňa	24	173
Spálňa	20	240
Kuchyňa + obývačka	20	631
Celkom		1837

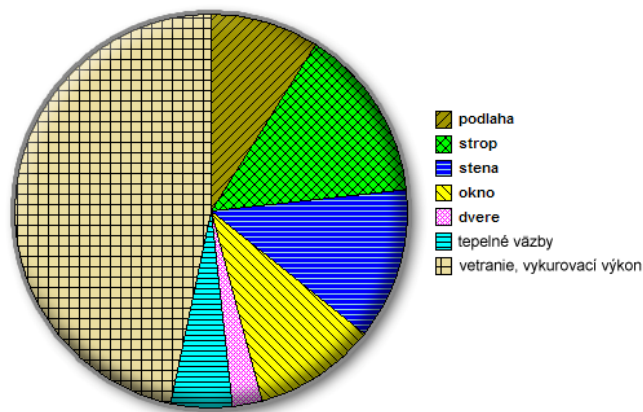
5.3.4 Celkový stratový tepelný výkon objektu

Celkový stratový tepelný výkon objektu sa určí zo vzťahu

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \text{ [W]} \quad (16)$$

Tab. 22. Celkový stratový tepelný výkon

Miestnosť	Tepelná strata prechodom $\Phi_{T,i}$ [W]	Tepelná strata vetraním $\Phi_{V,i}$ [W]	Tepelný výkon $\Phi_{RH,i}$ [W]	Celkový tepelný výkon $\Phi_{HL,i}$ [W]
Zádverie	317	92	99	508
WC	25	24	25	74
Chodba	58	132	143	333
Izba	422	196	212	830
Izba	423	198	215	836
Šatník	112	93	99	304
Kúpeľňa	483	191	173	847
Spálňa	434	221	240	895
Kuchyňa + obývačka	1797	585	631	3013
Celkom				7640



Obr. 21. Celkový stratový tepelný výkon

5.4 Prechod tepla obálkou budovy

Hodnotí sa priemerným súčiniteľom prechodu tepla, U_{em} , ktorý sa určí zo vzťahu

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} \text{ [W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}\text{]} \quad (17)$$

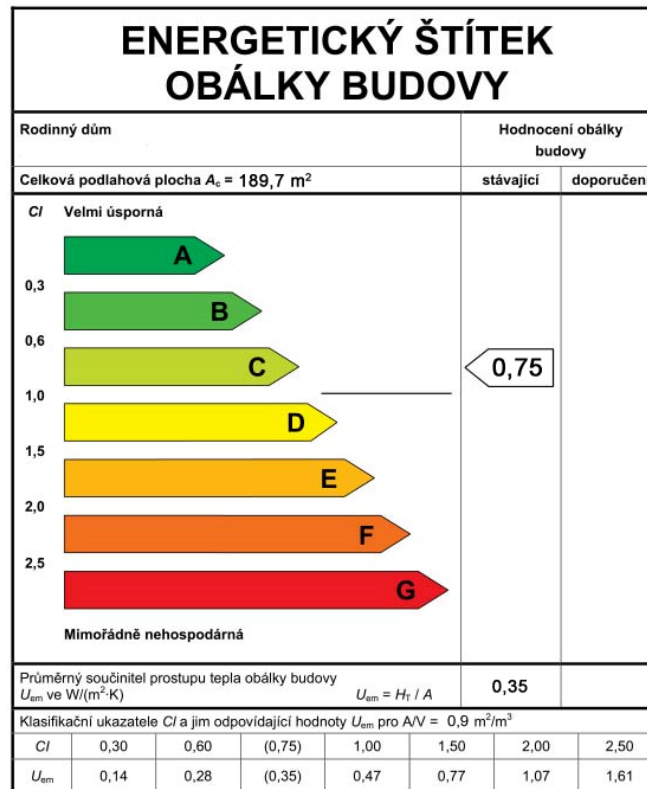
H_T - merná strata prechodom tepla určená zo súčiniteľov prechodu tepla všetkých konštrukcií, na ktorých dochádza k výmene tepla a tvoriacich obálku budovy na jej systémovej hranici danej vonkajšími rozmermi, ich plochou určenou z vonkajších rozmerov a odpovedajúcimi teplotnými redukčnými činiteľmi [W.K⁻¹]

A - plocha obálky budovy určená súčtom jej čiastkových plôch [m²]

Na základe hodnoty, U_{em} , je možné posúdiť podľa normy ČSN 73 0540 [30] energetickú úspornosť danej budovy. Táto norma rozdeľuje budovy do kategórií A až G, pričom A je najúspornejšia.

Energetický štítok obálky budovy je hodnotiaci dokument, ktorý musí obsahovať projekt každej novostavby alebo rekonštrukcie. Hodnotí tepelnoizolačný štandard obálky budovy. Toto hodnotenie vypovedá o potrebe tepla na vykurovanie objektu. Minimálna požiadavka je určená hornou hranicou triedy C.

Podľa normy ČSN 73 0540 je priemerný súčiniteľ prechodu tepla rodinného domu riešeného v tejto časti práce $U_{em} = 0,35 \text{ W.m}^{-2}\text{.K}^{-1}$, čo odpovedá stupňu C2, čím je aj splnená minimálna požiadavka tejto normy.



Obr. 22. Energetický štítok obálky budovy

5.5 Tepelné zisky

Jedným z bodov tejto práce je aj návrh chladienia rodinného domu v letnom období.

K tomuto návrhu je potrebné získať predstavu o tepelných ziskoch, ktoré budú určovať potrebný výkon chladiacej sústavy.

Výpočet tepelných ziskov je v súlade s normou ČSN 73 0548 [32], vypočítané hodnoty boli získané pomocou programu od firmy Qpro.

Pri výpočte je nutné uvažovať s tepelnými ziskami od osôb obývajúcich tento objekt, od osvetlenia, domácich spotrebičov, ale aj od potrubí slúžiacich na rozvod teplej vody. Hlavný podiel na ziskoch však tvorí energia získaná zo slnečného žiarenia, ktorá sa do objektu dostáva cez priesvitné konštrukcie, alebo prechodom tepla cez steny a strechu. Pri prechode tepla cez steny a strechu je potom potrebné uvažovať s tzv. rovnocennou slnečnou teplotou, θ_r .

$$\theta_r = \theta_e + \frac{\varepsilon \cdot I}{\alpha_e} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (18)$$

θ_e - teplota vonkajšieho vzduchu [$^{\circ}\text{C}$]

ε - súčiniteľ pomernej pohltivosti slnečnej radiácie

I - intenzita priamej a difúznej slnečnej radiácie [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$]

α_e - súčiniteľ prestupu tepla na povrchu [$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$]

Tab. 23. Tepelné zisky počas dňa v priebehu roka vo [W]

Mesiac	Hodiny							
	7	8	9	10	11	12	13	14
1	143	328	1492	2916	4152	4463	3808	2942
2	1386	2184	3760	4650	5603	5782	5067	4559
3	2772	4492	5425	5745	6256	6290	5747	5694
4	3251	4719	5412	5635	5597	5537	5375	5606
5	4116	5062	5621	5749	5425	5115	5317	5744
6	3881	4752	5292	5441	5210	4871	5158	5589
7	3964	4902	5483	5681	5441	5250	5412	5782
8	3881	5345	6039	6278	6240	6183	6024	6252
9	3129	4482	5471	5880	6498	6588	6092	5980
10	2472	3268	4851	5730	6687	6870	6173	5666
11	1355	1541	2706	4127	5366	5676	5018	4154
12	618	805	1325	2937	4316	4686	4058	3113

Tab. 24. Tepelné zisky počas dňa v priebehu roka vo [W] – pokračovanie

Mesiac	Hodiny							
	15	16	17	18	19	20	21	22
1	1882	1446	1367	1266	1118	930	728	511
2	3981	2749	2603	2502	2360	2171	1964	1752
3	5577	5126	3803	3699	3560	3369	3166	2952
4	5762	5568	4516	4074	3925	3738	3531	3321
5	6094	6076	5465	4515	4347	4162	3957	3745
6	5899	5845	5228	4517	4375	4165	3966	3751
7	6042	5939	5233	4617	4472	4281	4062	3851
8	6407	6215	5163	4717	4570	4384	4162	3945
9	5775	5203	4319	4217	4072	3864	3665	3448
10	5087	3854	3707	3593	3445	3253	3056	2838
11	3094	2661	2577	2479	2332	2139	1942	1726
12	1907	1930	1845	1743	1598	1410	1210	990

6 NÁVRH TEPELNEJ SÚSTAVY

Hlavným zdrojom tepla pre vykurovanie rodinného domu je tepelné čerpadlo vzduch-voda, ktoré je v bivalentnom zapojení s plynovým kondenzačným kotlom. Tento systém je schopný zaistiť tepelnú pohodu pre obyvateľov domu v zimnom období a zároveň je to aj systém poskytujúci úsporu nákladov potrebných na výrobu tepla počas vykurovacej sezóny. V letnom období je možné využiť tepelné čerpadlo na chladenie domu. Celá vykurovacia sústava je navrhnutá ako nízkotepelná, z dôvodu udržiavania čo najvyššieho vykurovacieho faktoru tepelného čerpadla a tým aj čo najnižšej spotreby elektrickej energie.

6.1 Tepelné čerpadlo

Pri začleňovaní tepelného čerpadla do vykurovacej sústavy je potrebné počítať s určitými obmedzeniami, ktoré sú potrebné pre jeho správne fungovanie. Najpodstatnejším bodom je návrh nízkotepelných vykurovacích telies. Ďalším faktorom je potreba dostatočnej kapacity elektrickej prípojky a v neposlednom rade aj prevedenie a možnosť umiestnenia tepelného čerpadla podľa možnosti projektu, buď v exteriéry alebo interiéry. Pre tepelné čerpadlá vzduch-voda je výkon volený od 65 do 90 % tepelných strát objektu, aby sa zabezpečila bezproblémová návratnosť tohto zariadenia.

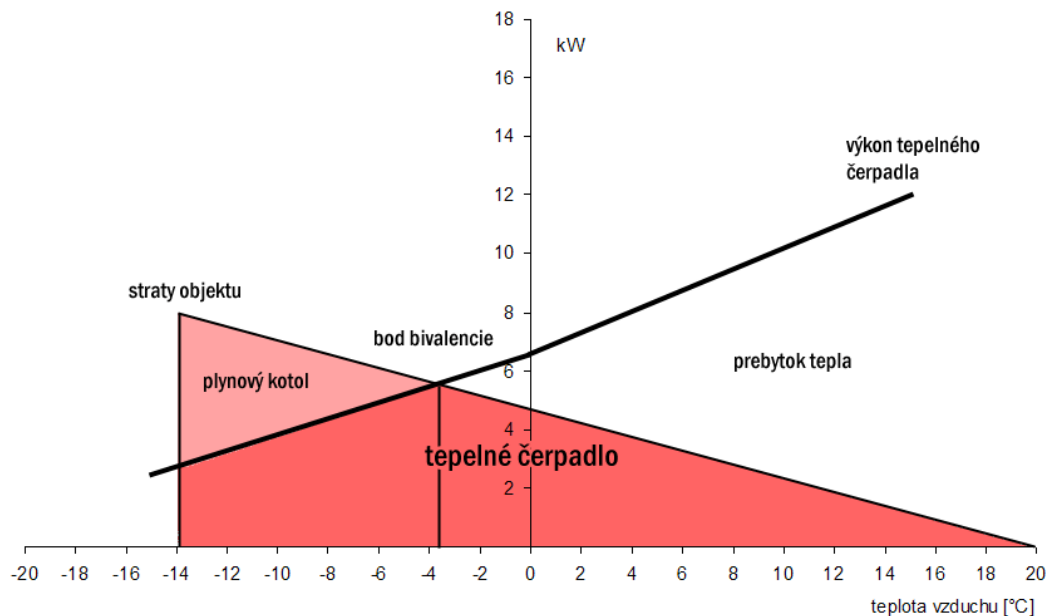
V projekte je použité tepelné čerpadlo vzduch-voda od firmy Hotjet pod označením Hotjet Ask 8. Disponuje tepelným výkonom 7,2 kW a vykurovacím faktorom 3,6 pri vonkajšej teplote vzduchu 2°C a výstupnej teplote 35°C. Jedná sa o exteriérové prevedenie, pretože priestorové možnosti kotolne v rodinnom dome sú značne obmedzené. Celkový stratový výkon rodinného domu je pri -12°C približne 7,6 kW. V tomto prípade tvorí výkon tepelného čerpadla približne 95 % stratového výkonu. Je však potrebné počítať s tým, že výpočet strát je len orientačná hodnota a pri medzných situáciách, kedy teploty môžu byť ešte nižšie, je potrebné dimenzovať vykurovaciu sústavu na vyšší výkon. Potom už sa dostane výkon tepelného čerpadla do požadovaného rozmedzia 65 až 90 %.

6.2 Plynový kondenzačný kotol

Zaradenie plynového kondenzačného kotla do nízkotepelnej vykurovacej sústavy je výhodné z dôvodu väčšej výmennej plochy vykurovacích telies. Základným predpokladom

plného využitia kondenzačného kotla je čo najnižšia teplota vratnej vody prichádzajúcej do kotla. Pri väčšej ploche sa voda viac ochladí a tým sa zvyšuje stupeň spätného využitia tepla a využitie hodnoty výhrevnosti kondenzačného kotla. Ďalším faktorom pri výbere kotla je možnosť komunikácie s ostatnými zdrojmi tepla. Regulácia tepelného čerpadla je schopná komunikovať s plynovými kotlami po zbernici LPB.

Na základe tohto som zaradil do projektu plynový kondenzačný kotol od firmy Broetje. Model EcoTherm Plus WGB 15 disponuje výkonom 15 kW. Tento model je schopný komunikovať po zbernici LPB s reguláciou tepelného čerpadla, ktorá ho môže pri bode bivalencie zapnúť a regulovať jeho výkon. Plynový kotol v tomto vykurovacom systéme slúži ako doplnkový zdroj tepelnej energie alebo ako náhradný zdroj pri poruche alebo odpojení tepelného čerpadla od systému.



Obr. 23. Bod bivalencie vykurovacieho systému

6.3 Solárne kolektory

Pri návrhu solárneho systému je potrebné určiť potrebnú plochu kolektorov, ktorá vyplýva z potreby teplej vody. Solárne kolektory sú použité len na prípravu teplej úžitkovej vody. Približná spotreba tejto vody je podľa normy ČSN 06 0320 [33] v štvorčlennej domácnosti približne 300 l na deň, čo činí asi 25,8 kWh spotreby energie na deň, 7,3 MWh ročne.

Vákuové trubicové kolektory od distribútora Hotjet, Seido2-8, dokážu vyprodukovať až 836 kWh.m⁻². Výkon kolektorov je za pekného počasia asi 2,2 kW. Výrobca odporúča 2

kolektory Seido2-8 pre 4 člennú domácnosť. Plocha jedného kolektoru je 2,26 m². Potom ročná produkcia energie z kolektorov činí približne

$$E_k = 2,26 \cdot 2 \cdot 836 = 3,78 \text{ MWh}, \quad (19)$$

čo pokrýva približne tretinu energie potrebnej na prípravu teplej úžitkovej vody.

Kolektory sú umiestnené na juhozápadnej streche s najvyšším bodom vo výške 5 m a v uhle 30°, trubice kolektoru sú natočené o 26°, aby sa maximalizovalo množstvo dopadajúcej slnečnej energie.

Tab. 25. Natočenie trubíc kolektoru

	Sklon kolektoru 30°		
Odklon od juhu	10°	20°	45°
Natočenie	5°	10°	26°

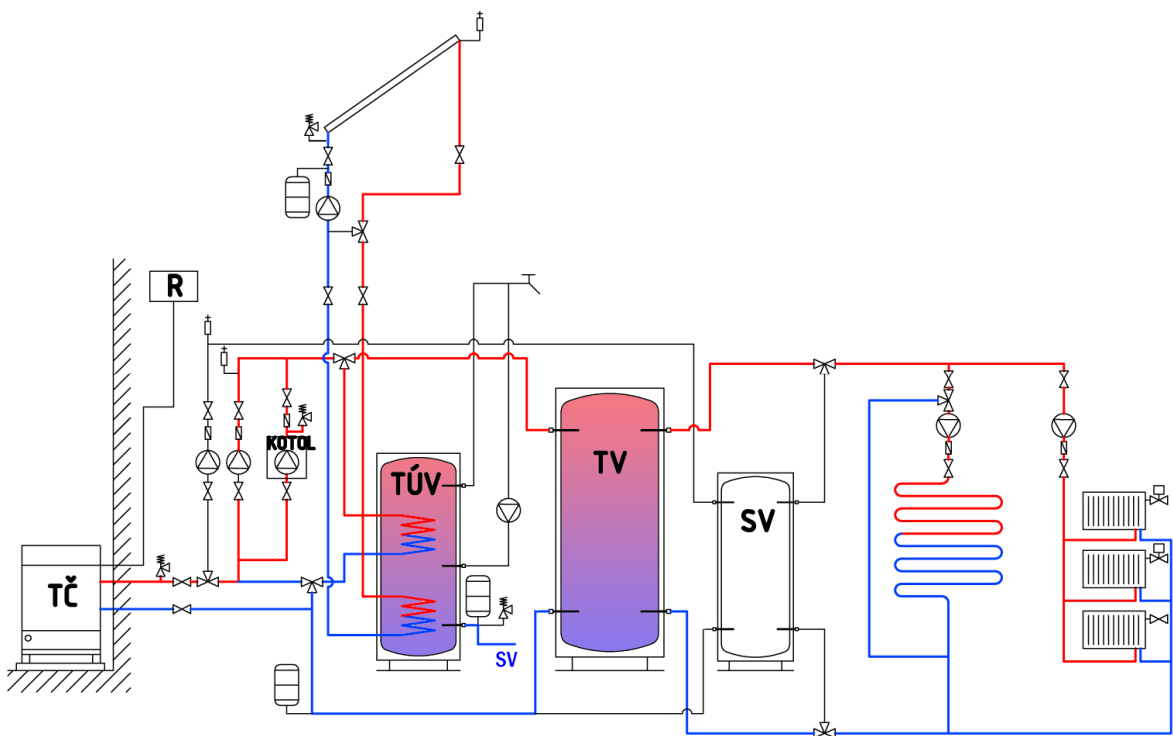
Kolektory sú ovládané regulačnou jednotkou tepelného čerpadla, čo umožňuje spúšťanie tepelného čerpadla pri nedostatočnom výkone kolektorov pri príprave TÚV.

6.4 Hydraulické zapojenie

Tepelná energia vyrobená tepelným čerpadlom je použitá na prípravu TÚV a na prípravu teplej vody pre nízkoteplotné vykurovanie. Výrobca čerpadla doporučuje nastaviť trvalú prevádzku, preto je do systému zaradený vyrovnávací zásobník, v ktorom sa akumuluje teplo, ktoré nie je práve potrebné.

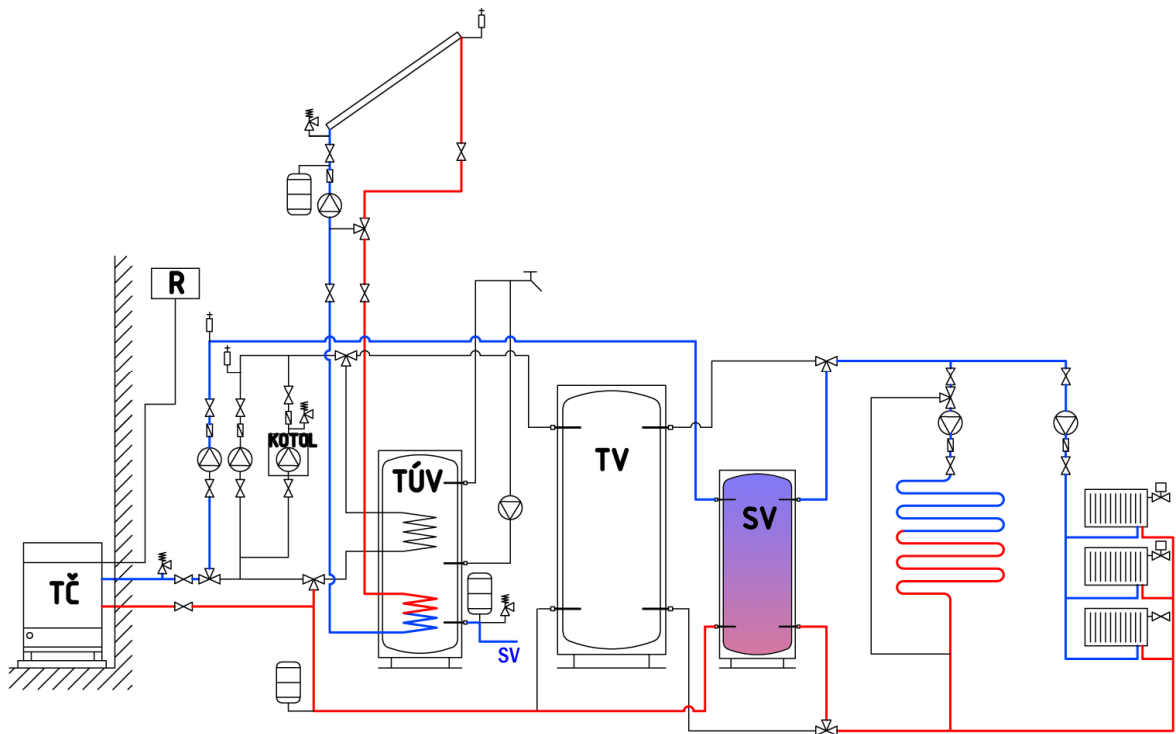
V zimnom období je tepelná energia akumulovaná do vyrovnávacieho zásobníka pre teplú vodu. Zásobník má podľa doporučení výrobcu pre kombináciu tepelného čerpadla a plynového kotla objem 600 l a jedná sa o model PS 600 od firmy Herz. Zásobník teplej úžitkovej vody SL300/2 od firmy Hotjet má objem 300 l a 2 výmenníky. Jeden pre okruh solárnych panelov a druhý pre okruh tepelného čerpadla alebo plynového kotla. Pri príprave teplej úžitkovej vody sa primárne používa energia získaná zo slnečných kolektorov. V prípade, že množstvo energie z kolektorov je nedostačujúce, dohrieva vodu tepelné čerpadlo. Ak ani to nestíha splniť požiadavky alebo je potrebné zvýšiť krátkodobu teplotu v nádrži na 70°C z dôvodu ochrany pred Legionellou Pneumophily, tak je využitý plynový kotol. Prívod teplej vody do výmenníka nádrže na teplú úžitkovú vodu je riadený trojcestným ventilom, ktorý prepína medzi okruhmi tepelného čerpadla a plynového kotla.

Výstupná teplota vody z tepelného čerpadla je 35°C. Voda o tejto teplote je použitá na vykurovanie pomocou podlahového vykurovania. V prípade nízkych vonkajších teplôt je však výkon podlahového kúrenia nepostačujúci a dochádza k zvýšeniu teploty vykurovacej vody na 45°C dohrievaním vody plynovým kotlom. Avšak v tomto prípade nejde teplá voda priamo do podlahového kúrenia, ale je presmerovaná najskôr do radiátorov, kde sa ochladí a následne je vratnou vetvou pomocou zmiešavacieho ventilu presmerovaná do podlahového vykurovania. Cirkuláciu vody v okruhu tepelného čerpadla zabezpečuje obehové čerpadlo Hotjet CP 25/8, v okruhu plynového kotla je to vstavané obehové čerpadlo s riadenou reguláciou otáčok dodávané spolu s plynovým kotlom.



Obr. 24. Hydraulické zapojenie v zimnom období

V letnom období prípravu TUV zabezpečujú solárne kolektory a tepelné čerpadlo, ktoré má v tomto období vysoký vykurovací faktor. Tepelné čerpadlo pracuje v dvoch režimoch, podľa potreby prepína medzi chladením vody a prípravou TUV. Pre studenú vodu je použitý vyrovnávací zásobník s objemom 200 l AKU 200 od firmy Hotjet. V režime chladenia má výstupná voda teplotu 18°C a do vyrovnávacieho zásobníka je vedená vlastnou vetvou, aby sa zamedzilo ohriatie vody od trubiek na rozvod teplej vody. Jej cirkuláciu zabezpečuje obehové čerpadlo Hotjet CP 25/8.



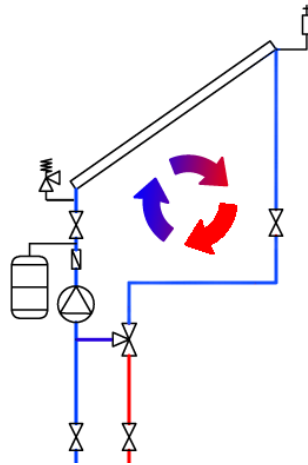
Obr. 25. Hydraulické zapojenie v letnom období

Toto zapojenie nie je vhodné v prechodnom období, kedy je potrebné chladit' v jednej časti domu a v druhej časti vykurovať. Toto je spôsobené rozdeľovačom podlahového vykurovania, ktorý je schopný jednotlivé okruhy napájať vodou vždy len jednej teploty.

Solárny systém je navrhnutý na prevádzku aj počas zimného obdobia až do teploty -45°C . Avšak v zimnom období nie sú tepelné zisky také výrazné a môže sa stať, že bude solárny systém skôr chladit' ako zohrievať. Pre tento prípad je nainštalovaný trojcestný ventil, ktorý sa otvorí až výstupná teplota z kolektora dosiahne požadovanú teplotu a tým sa zabráni ochladzovaniu teplej vody v zásobníku. Ak je výstupná teplota nízka, trojcestný ventil bude uzavretý a obehové čerpadlo vháňa kvapalinu znova do kolektora.

Solárne kolektory sú zapojené do série a preto sa prietok kvapaliny nesčíta. Na zabezpečenie cirkulácie postačuje jedno obehové čerpadlo schopné vytlačiť kvapalinu do výšky 5 m pri prietoku $290 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$, ktorý je potrebný pri intenzite slnečného žiarenia $965 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Obehové čerpadlo Wilo ST Solar Star 25/7 je schopné zabezpečiť dostatočný prietok aj vytlačiť kvapalinu do dostatočnej výšky. Disponuje tromi stupňami otáčok a pri výške výtlaku 5 m a prietoku $360 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ je jeho spotreba $0,065 \text{ kWh}$.



Obr. 26. Hydraulické zapojenie solárneho kolektora

6.5 Zabezpečovacie zariadenie tepelnej sústavy

Každý zdroj tepla musí byť vybavený neuzatvárateľne pripojeným poistným zariadením. Každá tepelná sústava musí byť vybavená expanzným zariadením, ktorá spracuje zmeny objemu vody v sústave, a to bez nedovoleného zvýšenia pretlaku a bez zbytočných strát obehovej vody. Poistné zariadenie musí byť pripojené na zdroj tepla v poistnom mieste a v tomto mieste musí byť taktiež osadený tlakomer, snímač teploty alebo pretlaku.

Ochranu pred prekročením dovolenej teploty má zabudovanú tepelné čerpadlo, plynový kotol aj solárne panely. Pri aktivácii tejto ochrany dochádza k odstaveniu dodávky energie od zdroja tepla, v prípade solárnych panelov, ak hrozí nebezpečenstvo prehriatia, pokračuje sa v nabíjaní zásobníku, aby sa odvieďlo prebytočné teplo. Po dosiahnutí bezpečnostnej teploty zásobníku je nabíjanie prerušené.

V okruhu vykurovania, prípravy teplej úžitkovej vody a v solárnom okruhu sú pripojené expanzné nádoby. Je potrebné navrhnuť pre každý z týchto okruhov adekvátny objem nádrže, aby táto dokázala spoľahlivo vyrovnáť zmeny objemu vody v okruhu. Ďalej je potrebné určiť hodnoty poistných ventilov na ochranu pred prekročením najvyššieho pracovného pretlaku.

Veľkosť expanznej nádrže pre solárny okruh sa určí podľa nasledujúceho výpočtu v súlade s normou ČSN 06 0830 [34].

Celkový objem sústavy, V , sa určí podľa vzťahu

$$V = V_K + V_T + V_V \quad [l] \quad (20)$$

V_K - objem kvapaliny v kolektore [l]

V_T - objem kvapaliny v trúbkach [l]

V_V - objem kvapaliny vo výmenníku [l]

$$V_K = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ l} \quad (21)$$

$$V_T \cong 25 \cdot \frac{\pi \cdot (22 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 9,5 \text{ l} \quad (22)$$

$$V_V = 14 \text{ l} \quad (23)$$

$$V = 3 + 9,5 + 14 = 26,5 \text{ l} \quad (24)$$

Expanzný objem kvapaliny, V_e , sa určí zo vzťahu

$$V_e = 1,3 \cdot V \cdot \Delta v \quad [l] \quad (25)$$

$$\Delta v = \frac{1000}{\rho_{t_m}} - \frac{1000}{\rho_{10^\circ C}} \quad [l] \quad (26)$$

ρ_{t_m} - hustota kvapaliny pri strednej návrhovej teplote sústavy, t_m

$$V_e = 1,3 \cdot 26,5 \cdot \left(\frac{1000}{992} - \frac{1000}{1045} \right) = 1,76 \text{ l} \quad (27)$$

Najnižší dovolený pretlak, p_{ddov} , vyplýva z podmienky dostatočného zavodnenia sústavy.

$$p_{ddov} = (h_s + \Delta h) \rho \cdot g \quad [\text{Pa}] \quad (28)$$

h_s - výška najvyššieho bodu sústavy k manometrickej rovine [m]

Δh - rezerva výšky vodného stĺpca $\Delta h = 0,1 \cdot h_s$, minimálne $\Delta h = 2 \text{ m}$

$$p_{ddov} = (5 + 2) 1038 \cdot 9,81 = 71,3 \text{ kPa} \quad (29)$$

Najnižší prevádzkový pretlak $p_d = 80 \text{ kPa} \geq 71,3 \text{ kPa}$

Predbežný objem expanznej nádrže, V_{ep} , s membránou sa určí zo vzťahu

$$V_{ep} = V_e \cdot \frac{p_{hp} + 100}{p_{hp} - p_d} \quad [l] \quad (30)$$

p_{hp} - predbežný najvyšší prevádzkový pretlak [kPa]

$$V_{ep} = 1,76 \cdot \frac{600 + 100}{600 - 80} = 2,37 \text{ l} \quad (31)$$

Navrhnutá expanzná nádrž CIMM ACS 3 má objemom 3l s plniacim pretlakom 2,5 baru.

Priemer expanzného potrubia, d , sa určí zo vzťahu

$$d = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{Q_p} \quad [\text{mm}] \quad (32)$$

Q_p - výkon zdroja tepla

$$d = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{2,2} = 11 \text{ mm} \Rightarrow DN 15 \quad (33)$$

Poistný ventil sa určí na základe parametrov určených výpočtom. Poistný prietok ventilom, m_p , sa určí zo vzťahu

$$m_p = Q_p \quad [\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (34)$$

$$m_p = 2,2 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (35)$$

Vnútorý priemer poistného potrubia sa určí zo vzťahu

$$d = 10 + 0,6 \cdot \sqrt{2,2} = 11 \text{ mm} \Rightarrow DN 15 \quad (36)$$

Poistný ventil navrhnutý pre solárny okruh DUCO 1/2" x 3/4" má otvárací pretlak 6 barov.

Tab. 26. Expanzné nádrže pre okruhy

	Objem kvapaliny v sústave [l]	Veľkosť expanznej nádrže [l]
Solárny okruh	26,5	3
Okruh vykurovania	827,5	35
Okruh TUV	300	16

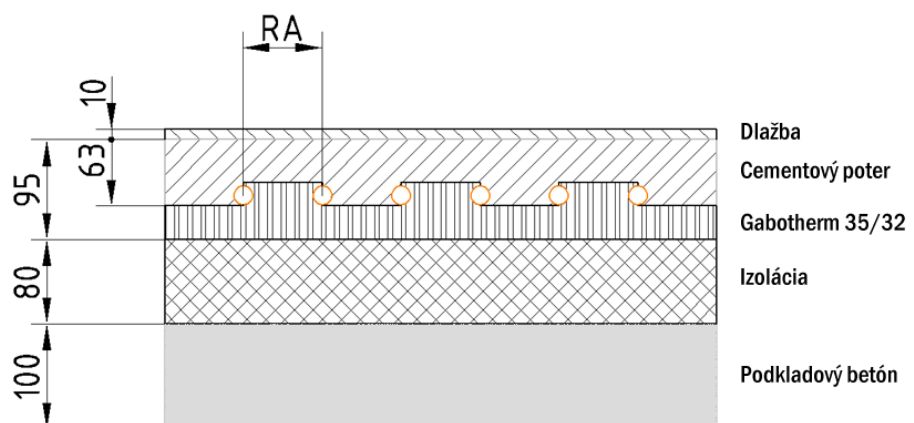
Tab. 27. Poistné ventily

	Poistný ventil [bar]
Solárny okruh	6
Tepelné čerpadlo	1,5
Plynový kotol	1,5
Nádrž TUV	8

6.6 Podlahové vykurovanie

Podlahové vykurovanie je navrhnuté ako hlavný zdroj sálavého tepla pre vykurovanie jednotlivých miestností. Pri návrhu podlahového vykurovania je podstatné pokrytie stratového tepelného výkonu. Na základe tejto hodnoty sa volí dostatočný tepelný tok a požadovaná vzdialenosť trubiek. Ďalšou obmedzujúcou podmienkou je teplota vstupnej vody, pretože teplota podlahy nesmie prekročiť stanovenú hodnotu. Pre obytné priestory je to 29°C a pre kúpeľňu 33°C.

Je použité podlahové vykurovanie 1-2-3 od firmy Gabotherm. Na rozvod teplej vody sú použité polybuténové trúbky o rozmere 18 x 2 mm, ktoré sú uložené v systémovej platni z tvarovaného polystyrénu 35/32. Teplota vstupnej vody je 35°C a teplotný spád je 35°C/30°C. Gabotherm 1-2-3 je mokrý systém podlahového vykurovania s priamym uložením trubiek do poteru.



Obr. 27. Rez podlahou

Parametre podlahového vykurovania pre spáľňu sa určia podľa nasledujúceho výpočtu.

Stratový tepelný výkon miestnosti je 895 W. Tento stratový výkon je z väčšej časti vykrytý výkonom podlahového kúrenia, ostatok výkonu zaistia radiátory. Požadovaný výkon podlahového vykurovania je 700 W.

Potrebná hustota tepelného toku, q_k , sa určí zo vzťahu

$$q_k = \frac{P_p}{A_{iv}} \text{ [W.m}^{-2}\text{]} \quad (37)$$

P_p - požadovaný výkon podlahového vykurovania [W]

A_{iv} - využiteľná plocha miestnosti [m²]

$$q_k = \frac{700}{11,3} = 62 \text{ W.m}^{-2} \quad (38)$$

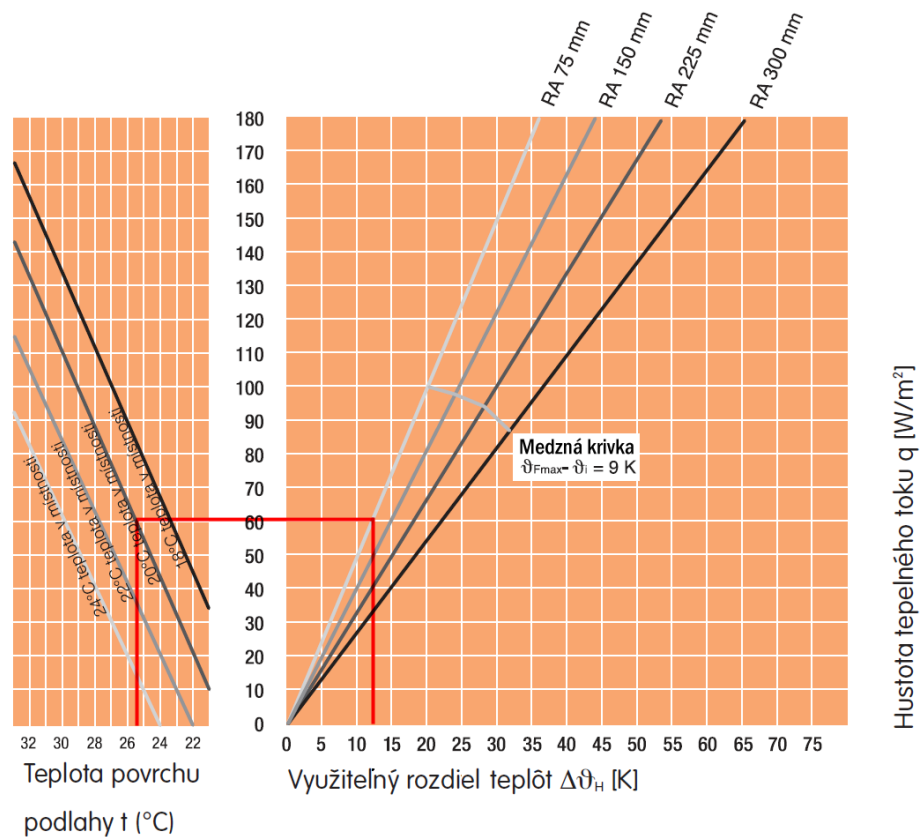
Využitelný tepelný rozdiel, $\Delta\theta_H$, sa určí podľa vzorca

$$\Delta\theta_H = (\theta_V - \theta_R) / 2 - \theta_{int,i} \text{ [K]} \quad (39)$$

θ_V - teplota na prívode

θ_R - teplota vratnej vody

$$\Delta\theta_H = (35 - 30) / 2 - 20 = 12,5 \text{ K} \quad (40)$$



Obr. 28. Medzná krivka 9K pre laminátovú podlahu

Z grafu je možné určiť, že pre využiteľný teplotný rozdiel $\Delta\theta_H = 12,5 \text{ K}$ a hustotu tepelného toku $q_k = 62 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ je potrebná vzdialenosť trubiek 75 mm. Teplota podlahy je pri tejto vzdialenosti približne 25°C , čo vyhovuje predpísaným maximálnym teplotám povrchov u podlahového vykurovania.

Hmotnostný prietok, \dot{m} , okruhom podlahového vykurovania potrebný na dosiahnutie požadovaného výkonu sa určí podľa vzťahu

$$\dot{m} = 1,1 \cdot \frac{P_P}{c \cdot \Delta\theta_{PVR}} \cdot 3600 \text{ [kg} \cdot \text{h}^{-1}] \quad (41)$$

$\Delta\theta_{PVR}$ - rozdiel vstupnej a výstupnej teploty [K]

c - merná tepelná kapacita vody $c = 4180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

$$\dot{m} = 1,1 \cdot \frac{700}{4180 \cdot 5} \cdot 3600 = 132,6 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \quad (42)$$

Tab. 28. Parametre podlahového vykurovania

Miestnosť	Navrhovaná teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	Využitelná plocha A_{iv} [m ²]	Požadovaný výkon P_p [W]	Hustota tepelného toku q_k [W.m ⁻²]
Zádverie	20	3,6	300	83
WC	20	0,8	65	83
Chodba	20	6,8	400	59
Izba	20	8,4	520	62
Izba	20	8,8	550	62
Šatník	20	3,8	240	62
Kúpeľňa	24	6,0	490	65
Spálňa	20	11,3	700	62
Kuchyňa + obývačka	20	32,5	2020	62

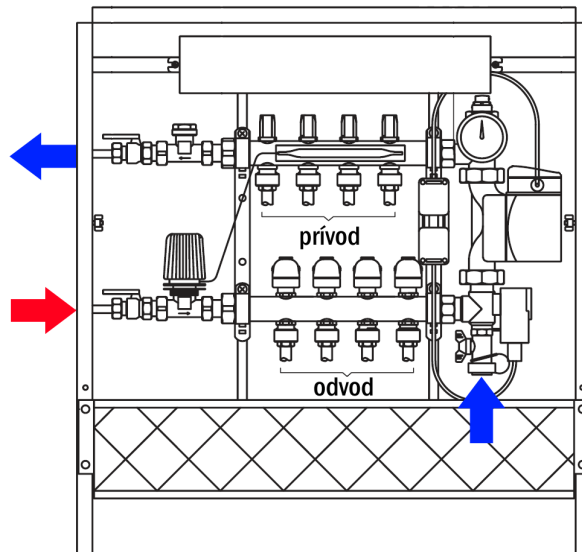
Tab. 29. Parametre podlahového vykurovania – pokračovanie

Miestnosť	teplota podlahy [°C]	Vzdialenosť trubiek RA [mm]	Hmotnostný prietok \dot{m} [kg · h ⁻¹]
Zádverie	27	75	56,9
WC	27	75	12,3
Chodba	25	150	75,8
Izba	25	75	98,5
Izba	25	75	104,2
Šatník	25	75	45,5
Kúpeľňa	30,5	75	91,9
Spálňa	25	75	132,6
Kuchyňa + obývačka	25	75	382,8

Z dôvodu narastajúcich tlakových strát v rozvodnom potrubí pri vzdialenosti trubiek RA 75 mm nie je možné, aby bola plocha kuchyne a obývačky pokrytá len jedným okruhom. Je potrebné túto plochu rozdeliť na 3 okruhy po 9 m² a jeden okruh 5,5 m². Pre zádverie a WC, takisto aj pre chodbu a šatník je použitý jeden okruh. Plocha týchto miestností umožňuje spojenie do okruhov bez nepriaznivého zvýšenia tlakových strát. Týmto sa ušetrí počet výstupov na rozdeľovači.

Je použitá rozdeľovacia stanica vykurovacích okruhov s miešacou sadou, ktorá dokáže napájať 10 vykurovacích okruhov. Na regulácie prietokov jednotlivými okruhmi sú použité ventily so servopohonmi GTF-TS 360z. Riadenie týchto ventilov zabezpečuje regulačná jednotka GTF-RE 230/6. V dome sú v obytných miestnostiach umiestnené 4 termostaty,

ktorými sa bude dať nastavovať požadovaná teplota, $\theta_{int,i}$, pre ostatné vykurované neobytné priestory bude teplota pevne nastavená.



Obr. 29. Rozdeľovacia stanica

Celkový hmotnostný prietok, \dot{m} , sústavou podlahového vykurovania činí $1000 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$. Z dôvodu regulácie je potrebné použiť obehové čerpadlo s regulovateľnými otáčkami, ktoré dokáže prispôbiť prietok požadovanej hodnote. Týmto požiadavkám vyhovuje obehové čerpadlo Alpha 2 25-40 od firmy Grundfos.

6.7 Podlahové chladenie

Systém podlahového vykurovania je v letnom období používaný na čiastočné chladenie rodinného domu. Výkon podlahového chladenia je obmedzený z toho dôvodu, že hlavným účelom pri návrhu podlahových okruhov bolo pokrytie stratového tepelného výkonu v zimnom období. Teplota chladiacej vody je 18°C . Teplota vody nemôže byť nižšia z dôvodu možnej kondenzácie vodnej pary na povrchu podlahy a taktiež z obmedzenia, že rozdiel teplôt podlahy a vnútorného vzduchu nesmie prekročiť hodnotu 5 K . Celkový presný chladiaci výkon podlahového chladenia nie je možné presne vyčíslieť. Pri tomto type chladenia sa výkon pohybuje v rozmedzí $25 - 40 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, ak je plocha priamo ožiarená slnečnými lúčmi, výkon narastá až na $100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Tepelné zisky objektu môžu dosiahnuť v určitom období roka $6,9 \text{ kW}$. Výkon podlahového chladenia pri danej ploche je v rozmedzí $2,05$ až $3,3 \text{ kW}$ z čoho vyplýva, že podlahové chladenie dokáže čiastočne

znižít teplotu v miestnostiach, avšak nedisponuje dostatočným výkonom, aby bolo dosiahnuté celkové vykrytie tepelných ziskov.

Je nutné dodať, že podlahové chladenie nepatrí medzi komfortné druhy chladenia, pretože pocit chladu od nôh je pre človeka nepríjemný a v určitých situáciách môže spôsobovať zdravotné problémy.

6.8 Radiátory

Radiátory sú navrhnuté ako doplnkový zdroj tepla a na vykryvanie špičiek, kedy nie je výkon podlahového kúrenia dostatočný. V režime, kedy je teplota teplej vody 35°C, je ich výkon pomerne nízky. Pri nízkych vonkajších teplotách sa zvýši teplota v okruhu na 45°C a potom poskytujú dostatočný výkon na pokrytie zostávajúceho deficitu tepla. Teplotný spád je 45°C/35°C. Výrobcovia radiátorov avšak neuvádzajú hodnoty výkonov pre navrhnutý teplotný spád, a tak je nutné výkon radiátora prepočítať, aby sa mohla určiť jeho dostatočná veľkosť.

Výkon rebríkového radiátora v kúpeľni o výkone 466 W pri teplotnom spáde 55°C/45°C sa pre teplotný spád 45°C/35°C určí podľa nasledovného výpočtu.

Rozdielová hodnota, c , sa určí zo vzťahu

$$c = \frac{\theta_2 - \theta_r}{\theta_1 - \theta_r} \quad (43)$$

θ_1 - nová vstupná teplota do radiátora [°C]

θ_2 - nová výstupná teplota z radiátora [°C]

θ_r - nová teplota v miestnosti [°C]

$$c = \frac{35 - 24}{45 - 24} = 0,52 < 0,7 \quad (44)$$

Pre hodnotu menšiu ako 0,7 sa použije logaritmický teplotný rozdiel pre nové výpočtové podmienky, ΔT_{\ln} , ktorý sa určí zo vzťahu

$$\Delta T_{\ln} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\ln \frac{\theta_1 - \theta_r}{\theta_2 - \theta_r}} \text{ [°C]} \quad (45)$$

$$\Delta T_{\ln} = \frac{45 - 35}{\ln \frac{45 - 24}{35 - 24}} = 15,465 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (46)$$

Logaritmickej teplotný rozdiel pre základné výpočtové podmienky, $\Delta T_{n,\ln}$, sa určí zo vzťahu

$$\Delta T_{n,\ln} = \frac{\theta_{1n} - \theta_{2n}}{\ln \frac{\theta_{1n} - \theta_m}{\theta_{2n} - \theta_m}} \text{ } [^\circ\text{C}] \quad (47)$$

θ_{1n} - pôvodná vstupná teplota do radiátora [$^\circ\text{C}$]

θ_{2n} - pôvodná výstupná teplota z radiátora [$^\circ\text{C}$]

θ_m - pôvodná teplota v miestnosti [$^\circ\text{C}$]

$$\Delta T_{n,\ln} = \frac{55 - 45}{\ln \frac{55 - 24}{45 - 24}} = 25,676 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (48)$$

Korekčný činiteľ, $f_{\Delta T}$, sa určí zo vzťahu

$$f_{\Delta T} = \left(\frac{\Delta T_{\ln}}{\Delta T_{n,\ln}} \right)^n \quad (49)$$

n - teplotný exponent pre rebríkový radiátor

$$f_{\Delta T} = \left(\frac{15,465}{25,676} \right)^{1,252} = 0,53 \quad (50)$$

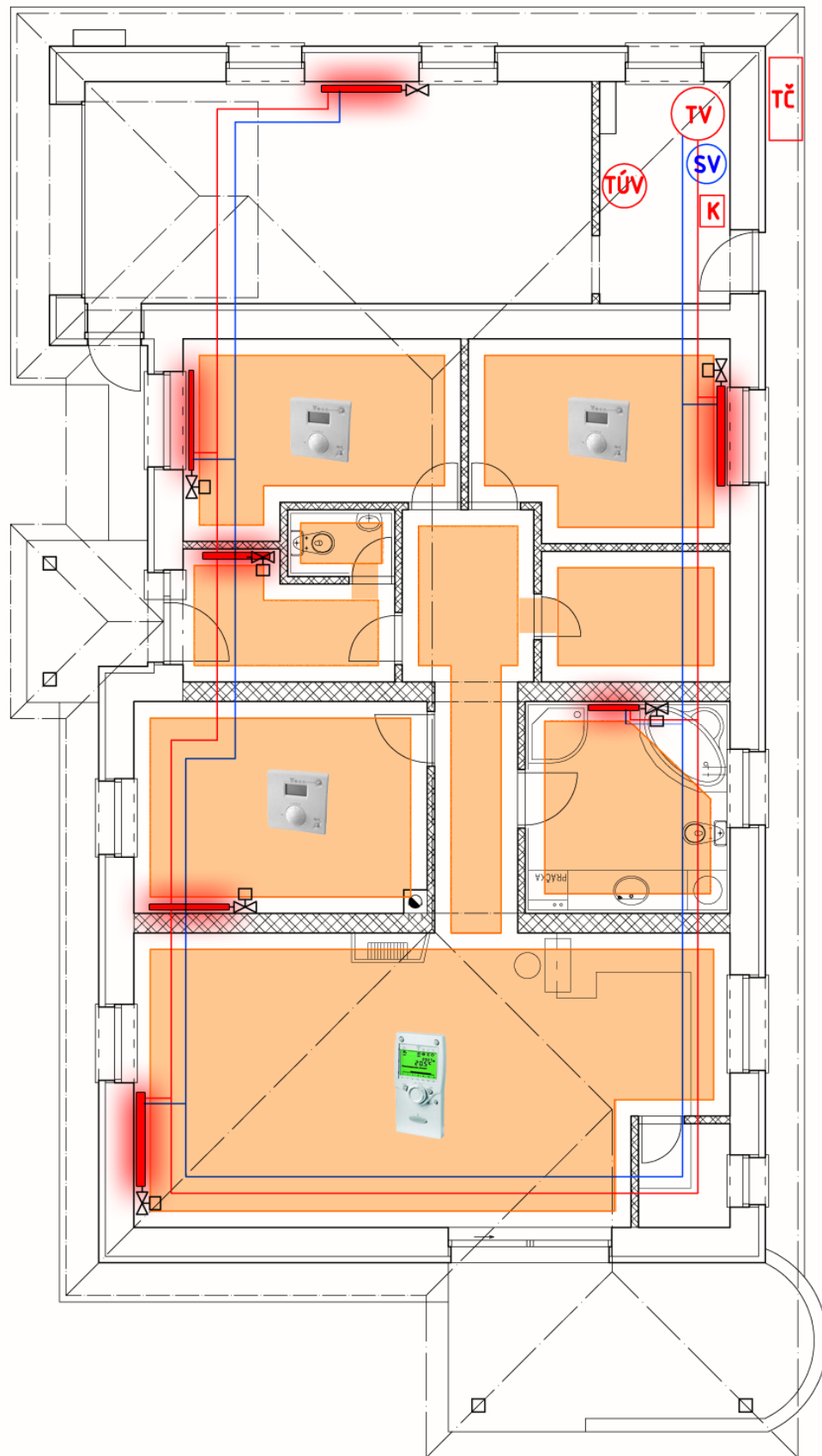
Výkon rebríkového radiátora je pri teplotnom spáde $45^\circ\text{C}/35^\circ\text{C}$ $0,53 \cdot 466 = 247 \text{ W}$.

Tab. 30. Výkony a rozmery radiátorov

Miestnosť	Navrhovaná teplota $\theta_{int,i}$ [°C]	Výkon radiátora [W]	Rozmery $\check{s} \times v \times h$ [mm]	Hmotnostný prietok \dot{m} [kg · h ⁻¹]
Zádverie	20	362	1000x600x66	31,1
WC	20	-----	-----	-----
Chodba	20	-----	-----	-----
Izba	20	730	1500x600x100	62,8
Izba	20	730	1500x600x100	62,8
Šatník	20	-----	-----	-----
Kúpeľňa	24	247	750x1675x50	40,0
Spálňa	20	434	1200x600x66	37,3
Kuchyňa + obývačka	20	940	1400x900x100	80,8

Radiátory sú regulované pomocou termostatických ventilov, ktoré automaticky podľa nastavenej teploty upravujú prietok vody radiátorom. Jedinú výnimku tvorí radiátor v garáži, ktorý má ručné ovládanie. V prípade, že by teplota vo všetkých miestnostiach dosiahla požadovaných hodnôt, došlo by uzatvoreniu všetkých ventilov. Obehové čerpadlo s regulovateľnými otáčkami však nedokáže otáčky znížiť na nulu, z toho dôvodu je potrebné nechať aspoň jeden ventil otvorený, aby sa nebránilo cirkulácii vody v sústave a nepreťažovalo sa tak obehové čerpadlo.

Celkový hmotnostný prietok \dot{m} sústavou radiátorov činí 315 kg · h⁻¹. Cirkuláciu vody v tomto okruhu zaisťuje obehové čerpadlo s regulovateľnými otáčkami Alpha 2 25-40 od firmy Grundfos.



Obr. 30. Podlahové a radiátorové vykurovanie

6.9 Okruh TÚV

Zariadenie pre ohrev vody musí byť navrhnuté tak, aby teplota vody v mieste odberu dosahovala 50 až 55°C.

Pre rodinný dom je navrhnuté zásobníkové ohrievanie TÚV, pri ktorom sa ohrieva voda do zásoby. Tento spôsob ohrevu vody slúži k vyrovnaní množstva ohriatej a odoberanej vody počas určitého časového obdobia.

Potrebný objem zásobníku TÚV pre 4 osoby sa určí v súlade s normou ČSN 06 0320 [33] podľa nasledujúceho výpočtu.

Celková potreba tepla na ohrev TÚV pre jednu osobu a na jeden deň je podľa normy $Q_{2t} = 4,3$ kWh, pre 4 osoby to činí $Q_{2t} = 17,2$ kWh.

Teplu stratené pri ohrevu a distribúcii, Q_{2z} , sa určí podľa vzťahu

$$Q_{2z} = z \cdot Q_{2t} \text{ [kWh]} \quad (51)$$

z - stratový koeficient

$$Q_{2z} = 0,5 \cdot 17,2 = 8,6 \text{ kWh} \quad (52)$$

Teplu, Q_{2P} , dodané do vody zdrojom tepla behom periódy sa určí podľa vzťahu

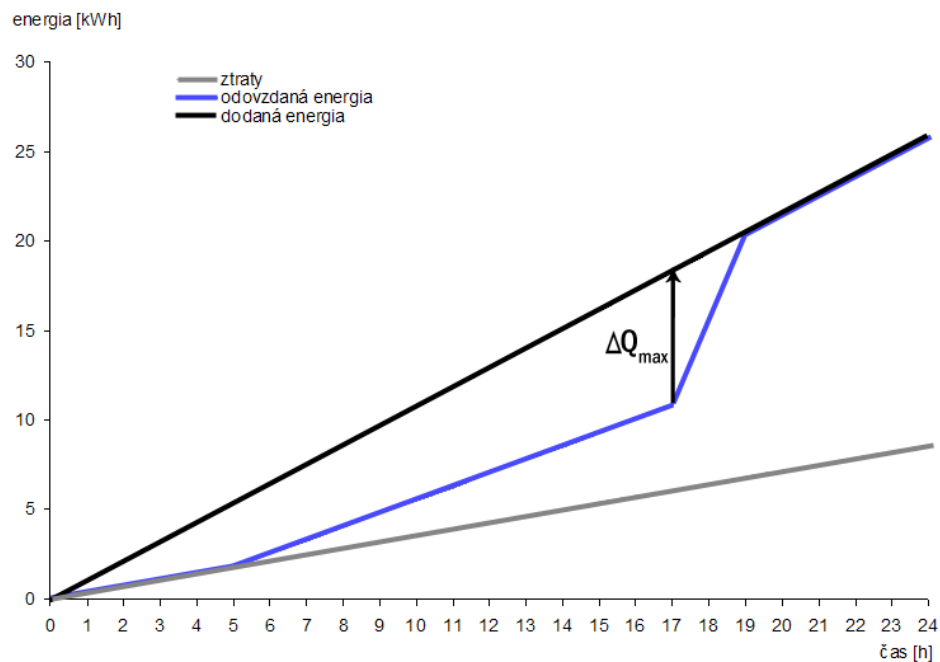
$$Q_{2P} = Q_{2t} + Q_{2z} \text{ [kWh]} \quad (53)$$

$$Q_{2P} = 17,2 + 8,6 = 25,8 \text{ kWh} \quad (54)$$

Denná spotreba TÚV nie je rovnomerná, z toho dôvodu je rozdelená na doby.

Tab. 31. Denná spotreba TÚV

Časový interval [h]		Spotreba TÚV [%]	Odobraná energia Q_{2P} [kWh]
0	5	0	0
5	17	35	9,03
17	20	50	12,90
20	24	15	3,87



Obr. 31. Graf rozdielu a predpokladaného odberu energie

Z grafu vyplýva, že najväčší rozdiel $\Delta Q_{\max} = 9,245$ kWh medzi krivkami je o 17 hodine.

Veľkosť zásobníku, V_Z , sa potom určí podľa vzťahu

$$V_Z = \frac{\Delta Q_{\max}}{c \cdot (\theta_2 - \theta_1)} \quad [\text{m}^3] \quad (55)$$

c - merná tepelná kapacita vody $c = 1,161 \text{ kWh} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

θ_1 - teplota vody na prívode [$^{\circ}\text{C}$]

θ_2 - teplota výstupnej vody [$^{\circ}\text{C}$]

$$V_Z = \frac{9,245}{1,161 \cdot (55 - 10)} = 0,1766 \text{ m}^3 \cong 1771 \quad (56)$$

Menovitý tepelný výkon ohrevu, Φ_{in} , sa určí podľa vzťahu

$$\Phi_{in} = \frac{Q_{2P}}{t} = \frac{25,8}{24} = 1,08 \text{ kW} \quad (57)$$

Je lepšie zásobník naddimenzovať, preto je použitý zásobník s objemom 300 l SL300/2 od firmy Hotjet. Je použité obehové čerpadlo Comfort UP 15-14B od firmy Grundfos zaisťujúce rozvod TÚV po dome.

7 NÁVRH SILNOPRÚDOVÝCH ROZVODOV

V tejto časti práce je navrhnuté pripojenie domu na rozvodnú sieť nízkeho napätia, okruhy spotrebičov, zásuvkové okruhy a svetelné okruhy.

Elektrické zariadenia sú napájané prípojkou z verejného rozvodu elektrickej energie. Domová prípojka je umiestnená na hranici pozemku v prípojkevej skrini 0,6 m nad povrchom terénu. V nej sú umiestnené dva elektromery merajúce spotrebu elektrickej energie. Jeden pre celý dom a jeden pre tepelné čerpadlo. Z každého elektromeru vedie separátne hlavné domové vedenie. Jedno do modulárneho rozvádzača v kotolni pre zásuvkové, svetelné obvody a inteligentnú časť elektroinštalácie, a druhé do externého rozvádzača tepelného čerpadla umiestnené taktiež v kotolni. Je potrebné určiť potrebný prierez vodiča hlavného domového vedenia, aby tento bol schopný prenášať potrebné množstvo elektrickej energie.

Prierez, S , hlavného domového vedenia sa určí podľa vzťahu

$$S = \frac{P \cdot \rho \cdot l}{U_f \cdot u \cdot \cos \varphi} \text{ [m}^2\text{]} \quad (58)$$

P - predpokladaný súdobý výkon [W]

ρ - špecifický merný odpor [$\Omega \cdot \text{m}$]

l - dĺžka vodiča [m]

U_f - fázové napätie [V]

u - úbytok napätia na prípojke [V]

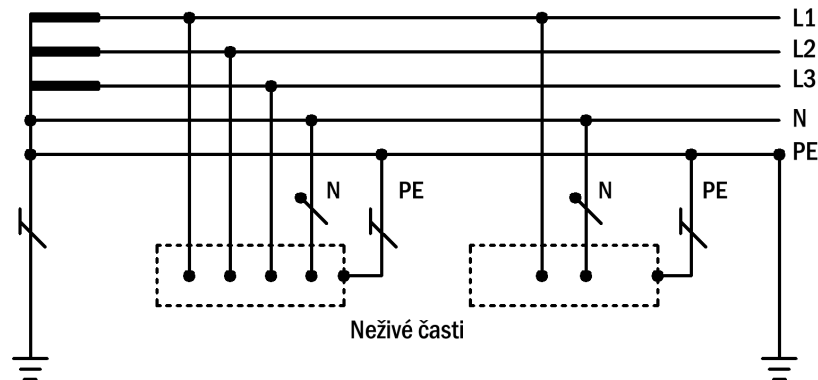
$\cos \varphi$ - účinník siete

$$S = \frac{11000 \cdot 0,0178 \cdot 10^{-6} \cdot 30}{230 \cdot 2,3 \cdot 0,95} = 11,69 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 = 11,69 \text{ mm}^2 \quad (59)$$

Tab. 32. Prierezy vodičov

HDV pre	vypočítaný prierez [mm ²]	Navrhnutý prierez [mm ²]	Istič [A]
dom	11,69	16	40
tepelné čerpadlo	1,10	10	25

Do rozvádzača je privedená napät'ová sústava TNS, ktorá používa oddelený vodič PE a N. Jeden bod je uzemnený priamo a neživé časti elektrických zariadení sú s týmto bodom spojené prostredníctvom ochranného vodiča, ktorý je oddelený od vodiča stredného. Výhodou je, že ochranu netvorí len jeden vodič. Ak by sa tento vodič prerušil došlo by k ohrozeniu užívateľov napätím za miestom prerušenia. Napät'ová sústava je tvorená 5 vodičmi.



Obr. 32. Napät'ová sústava TNS

7.1 Zásuvkové obvody

Zásuvkové obvody sa používajú k napojeniu prenosných spotrebičov k rozvodnej sieti. Elektrické zásuvky sú podľa potreby umiestnené minimálne 20 cm nad podlahou, v kuchyni 110 cm a v chodbe a zádverí 30 cm nad podlahou. Každá inštalovaná zásuvka je navrhnutá v súlade s normou ČSN 33 2000-4-46 časť 46N6.1 až 46N6.5 [35]. Pevné zásuvky majú ochranný kontakt, ktorý je spojený s ochrannou sústavou. Dvojzásuvky sú pripojené na jeden obvod a ochranný kontakt je spojený s ochrannou sústavou. Do pevných zásuviek je možné pripojiť vidlice s ochrannými kontaktmi aj bez nich. Prípadný predlžovací prívod z pevnej zásuvky musí mať ochranný vodič aj vidlicu pre predlžovaciu zásuvku s ochranným kontaktom. Rozbočovacia zásuvka musí mať tiež ochranný kontakt.

Silové vedenie je tvorené medenými trojžilovými vodičmi CYKY 3x2,5 o priereze 2,5 mm², ktoré sú vhodné pre použitie vo vnútorných aj vonkajších priestoroch. Každý zásuvkový okruh je chránený ističom 10 A alebo 16 A podľa predpokladaného zaťaženia. Na okruh s ističom 10 A je možné pripojiť záťaž 2300 VA, na 16 A potom 3680 VA.

Tab. 33. Istenia jednotlivých zásuvkových okruhov

	Zásuvkový okruh											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
istič [A]	16	16	16	16	16	16	10	10	16	16	16	10

Tab. 34. Počet zásuviek v jednotlivých miestnostiach

Miestnosť	Počet zásuviek	Spotrebič
Zádverie	1	vysávač
WC	0	-----
Chodba	1	vysávač
Izba	3	PC, TV, Hi-fi
Izba	3	PC, TV, Hi-fi
Šatník	1	vysávač
Kúpeľňa	3	fén, holiaci strojček, práčka
Spálňa	3	TV, Hi-fi
Kuchyňa + obývačka	9	mixér, el. rúra, umývačka, TV, Hi-fi
Špajza	1	sušič ovocia
Terasa	0	-----
Garáž	1x230V/1x400V	elektrické náradie
Kotolňa	1	plynový kotol

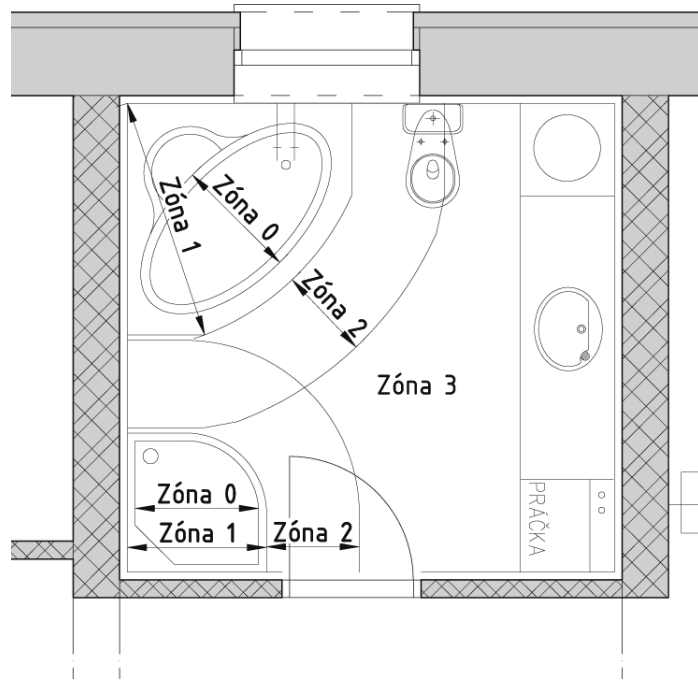
7.2 Svetelné obvody

Svetelné obvody slúžia k napájaniu zdrojov svetla. Je predpísaný určitý počet zdrojov svetla pre jednotlivé miestnosti o určitej intenzite v obytných budovách. Počet zdrojov svetla je volený aj s ohľadom na estetické požiadavky, aby bolo možné vytvárať svetelné scény. Osvetlenie v rodinnom dome je riešené inteligentným spôsobom, čo poskytuje zníženie spotreby elektrickej energie a zvýšenie komfortu. Takéto osvetlenie sa líši od klasického absenciou spínačov, ktoré nahradili snímače a senzory. Pomocou tých sa ovládajú akčné členy, ktoré následne riadia parametre svetelného zdroja.

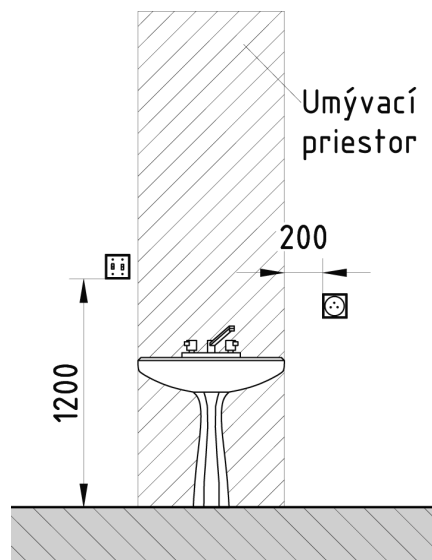
Všetky svetelné zdroje v dome sú napojené na jeden okruh chránený ističom 10 A. Elektrická energia je k zdrojom svetla privedená medeným trojžilovým vodičom CYKY 3x1,5 s prierezom 1,5 mm². Tlačidlové snímače sú umiestnené vo výške 1,2 m, senzory pohybu a intenzity osvetlenia sú umiestnené na strope vo výške približne 2,6 m.

7.3 Kúpeľňové rozvody

Rozvody v kúpeľni podliehajú špecifickým požiadavkám kladeným na umiestnenie a ochranu elektrických spotrebičov, prípadne elektrických zásuviek. Tieto sú navrhnuté v súlade s normou ČSN 33 2000-7-701 [36]. Tieto požiadavky sú založené na rozdelení priestoru v kúpeľni do 4 zón.



Obr. 33. Zóny v kúpeľni – pôdorys



Obr. 34. Umiestnenie zásuvky a spínača v kúpeľni

Zóna 0 – Vnútorý priestor vane alebo sprchového kúta. V tejto zóne nesmú byť umiestnené žiadne spínacie zariadenia. Je povolená ochrana malým napätím SELV AC 12 V alebo DC 25 V, ktorého zdroj je inštalovaný mimo zóny 0, 1 a 2.

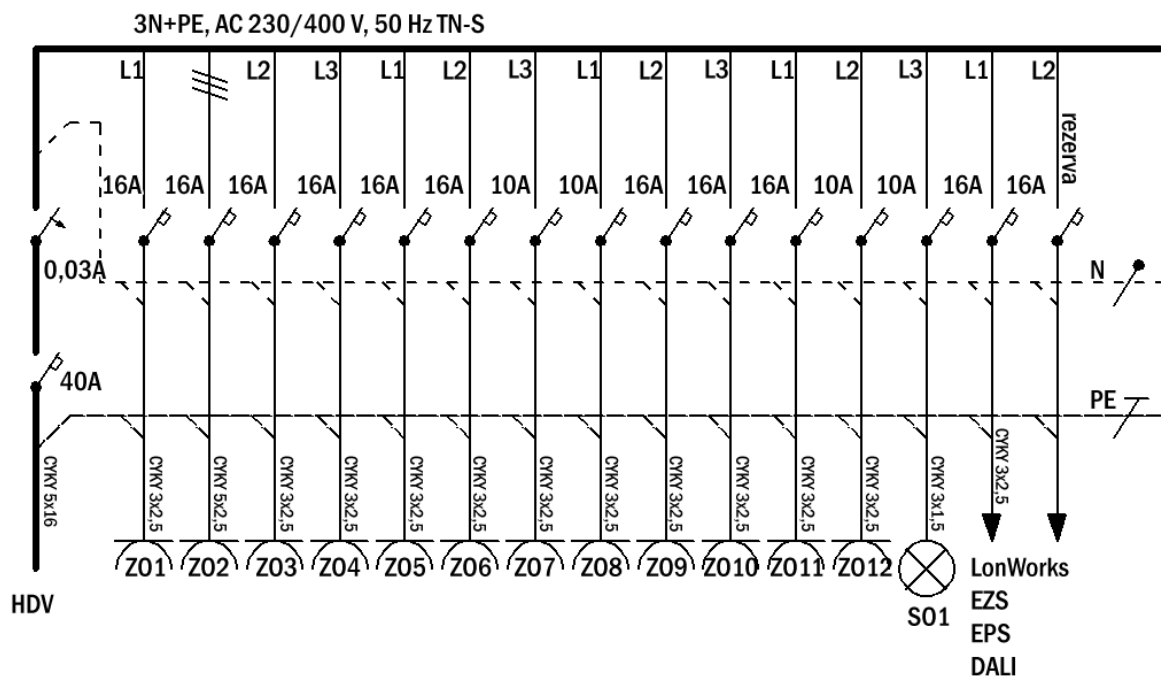
Zóna 1 – Je ohraničená povrchom podlahy a najvyššie upevneným sprchovým výtokom. Ďalej je táto zóna ohraničená plochami obalujúcimi sprchu alebo vaňu. Spotrebiče umiestnené v zóne 1 musia byť pre túto zónu konštruované a musia byť chránené prúdovým ističom 0,03 A. Spínacie zariadenia môžu obsluhovať iba obvody so SELV AC 12 V alebo DC 25 V, zdroj ktorého musí byť umiestnený mimo zóny 0, 1 a 2.

Zóna 2 – Je ohraničená povrchom podlahy a horizontálnou rovinou odpovedajúcej výške výtoku sprchy alebo minimálne 2,25 m nad podlahou. Vo zvislej rovine je zóna definovaná rovnobežnou zvislou plochou vo vzdialenosti 0,6 m od hranice zóny 1. V tejto zóne môžu byť umiestnené svetlá, ventilátory a zariadenie pre zóny 1 a 2.

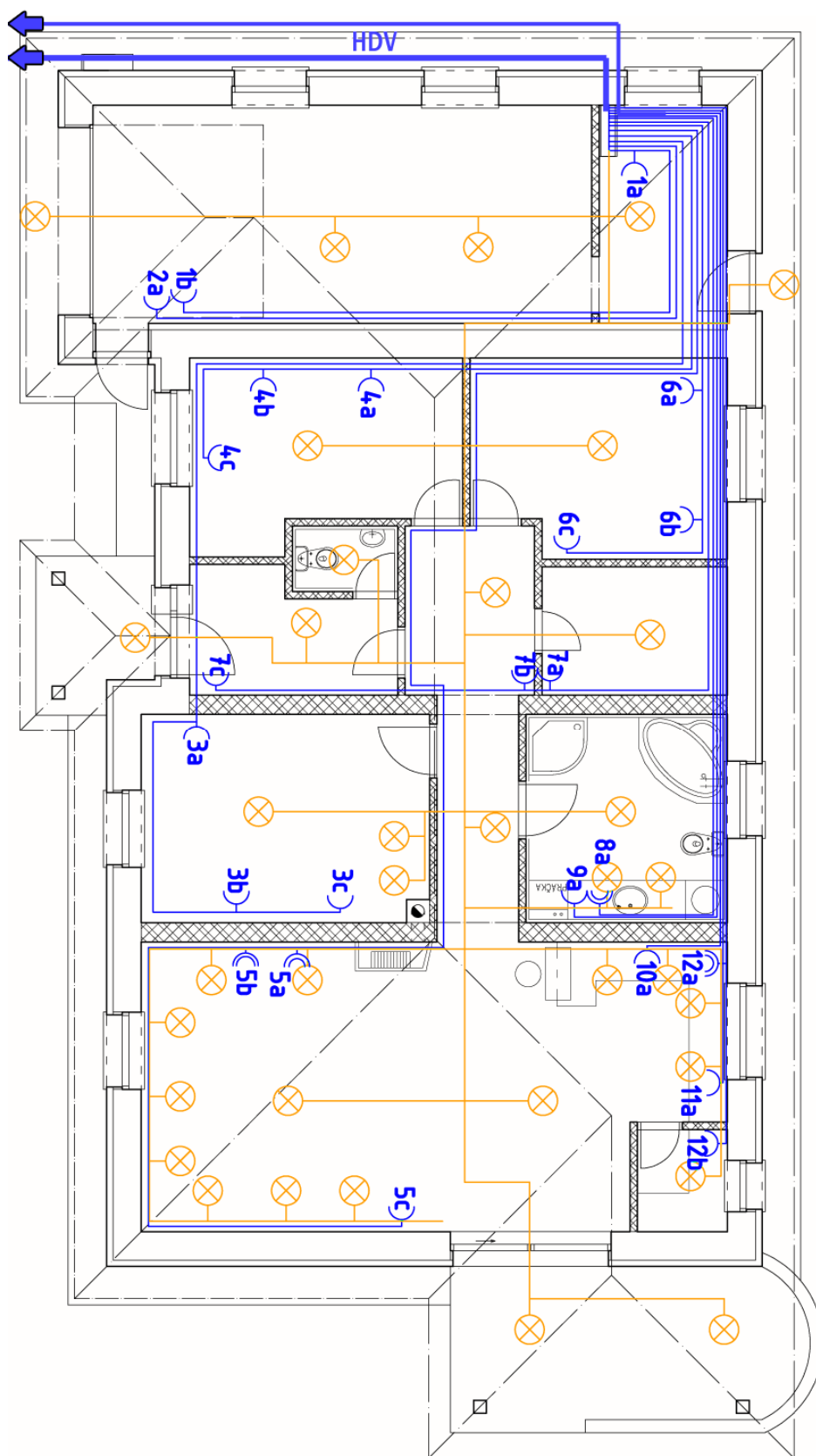
Zóna 3 – V tejto zóne sú umiestnené zásuvky s prúdovým chráničom 0,03 A.

V umývacej zóne je svetlo umiestnené vo výške 1,8 m a je chránené sklom. V zónach 0, 1 a 2 musí byť zaistená ochrana pred dotykom živých častí pomocou oddeľovačov alebo krytím so stupňom ochrany IPXXB a IP2X. Izolácie musia byť schopné odolať striedavému napätiu 500 V po dobu jednej minúty.

Ochrana prúdovým chráničom 0,03 A pracuje na princípe súčtového transformátora. V bezchybnom stave je súčet pretekajúcich prúdov rovný nule. Pri skrate tečie časť prúdu zemou alebo ochranným vodičom a súčet pretekajúcich prúdov už nie je nulový. V súčtovom transformátore sa indukuje napätie, čo spôsobí rozpojenie elektromagnetického ističa.



Obr. 35. Rozváděč pro rodinný dom



Obr. 36. Zásuvkové a světelné okruhy

8 NÁVRH INTELIGENTNEJ ELEKTROINŠTALÁCIE

V tejto časti práce je riešené riadenie a vzájomná komunikácia tepelnej sústavy, osvetlenia a systémov bezpečnosti v rodinnom dome pomocou zbernicového systému LONWorks.

8.1 Tepelná sústava

Tepelná sústava v dome sa skladá z troch zdrojov tepla, ktoré je potrebné riadiť a zabezpečiť komunikáciu medzi nimi, aby bolo možné zefektívniť využívanie energie a maximalizovať jej úsporu.

Tepelné čerpadlo je riadené regulátorom RVS61.843 od firmy Siemens, ktoré umožňuje ekvitermnú reguláciu alebo reguláciu na základe nastavených teplôt v interiéri. Je umiestnené v externom rozvádzači, ktorý sa dodáva spolu s tepelným čerpadlom. Na nastavovanie tohto regulátora je použitá bezdrôtová programovacia jednotka QAA78 od firmy Siemens, ktorá zároveň slúži aj ako priestorový snímač teploty s funkciou termostatu. Je umiestnená v obývacej miestnosti. V spálni a ostatných dvoch obytných izbách sú umiestnené priestorové jednotky s funkciou termostatu QAA55 napojené na regulátor pomocou zbernice BSB. Solárny systém je tiež riadený pomocou regulátora RVS61.843. Plynový kondenzačný kotol je riadený regulátorom ISR Plus. Komunikácia týchto dvoch regulátorov je zabezpečená pomocou zbernice LPB, po ktorej je možné ovládať výkon plynového kotla regulátorom tepelného čerpadla. Táto komunikácia je potrebná pri príprave TÚV alebo pri spúšťaní kotla pri bode bivalencie.

Pre komunikáciu tepelnej sústavy s ostatnými systémami v dome je do sústavy zaradená komunikačná centrála OCI 611.01 od firmy Siemens, ktorá sa pripojí na zbernicu LPB a umožní obojstrannú komunikáciu so systémom LONWorks. Táto centrála obsahuje konektor RS 232. Pripojenie do systému LONWorks je možné pomocou sériového rozhrania PSG/3 Serial Gateway od firmy Echelon, ktoré umožňuje pripojenie zariadenia nevyužívajúceho protokol LONWorks do siete LONWorks.

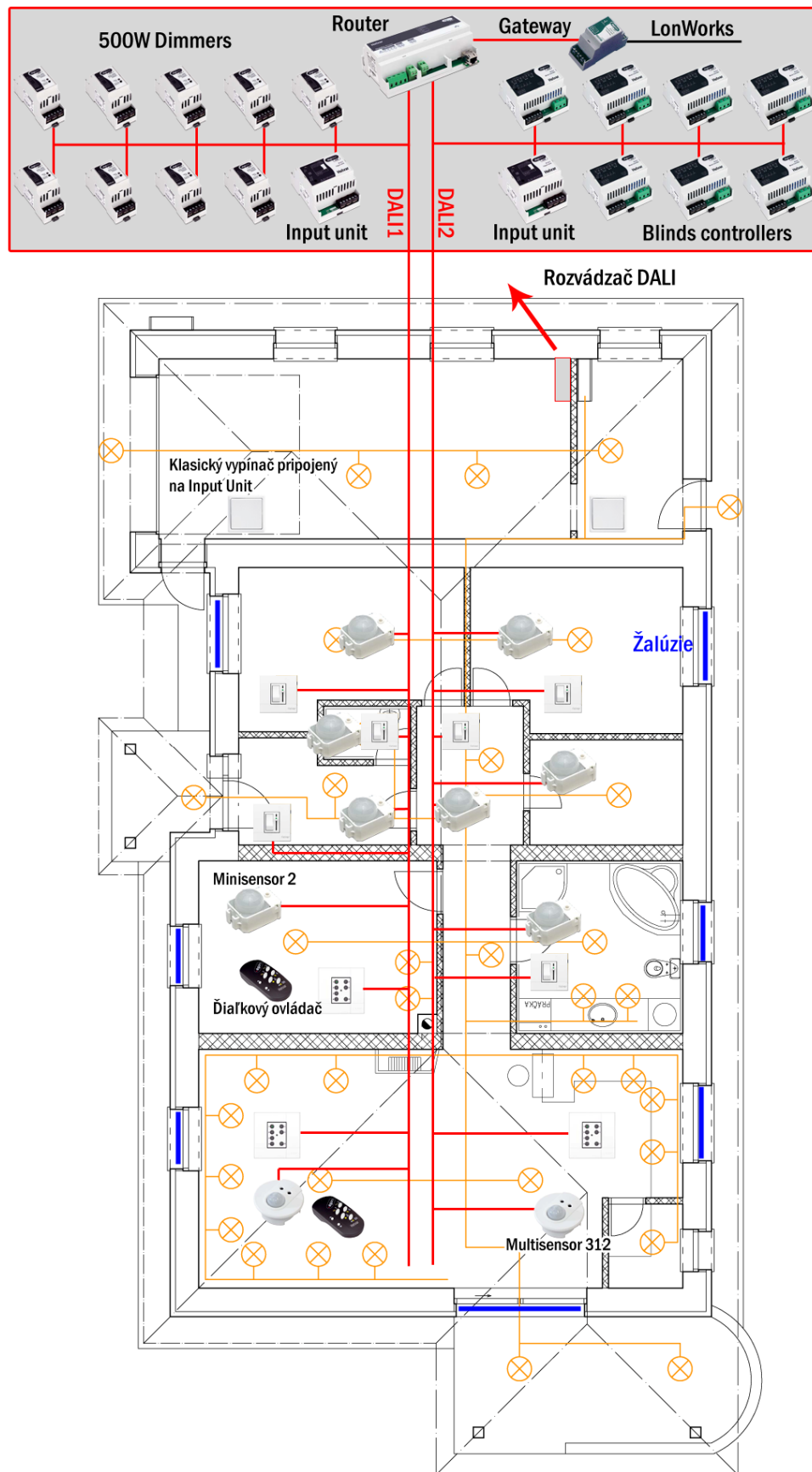
8.2 Osvetlenie

Svetelné zdroje v rodinnom dome sú riadené systémom inteligentného riadenia osvetlenia Digidim od firmy Helvar. Tento systém využíva zbernicu DALI, ktorá je špeciálne určená pre osvetľovacie systémy.

Celé riadenie osvetlenia je umiestnené v garáži v modulárnom rozvádzači, ktorý je napájaný z hlavného domového rozvádzača napätím 230 V. Hlavným prvkom celého systému je Digidim router 910. Tento prvok slúži ako zdroj energie pre ostatné zariadenia pripojené k zbernici DALI a samotnú zbernicu delí na dve podsiete. Router vnáša inteligenciu do celého systému a umožňuje riadenie osvetlenia po jednotlivých izbách. Samotná zbernica DALI je tvorená vodičom J-Y(S)t 1x2x0,8 s jedným párom medených vodičov o priereze 0,8 mm². Na zbernicu sú ďalej pripojené tyristorové stmievače Digidim 500W Thyristor dimmer 455, ktoré umožňujú stmievanie svetelných zdrojov. Pre každý okruh stmievania musí byť inštalovaný jeden stmievač. Stmievanie svetelných zdrojov môžu riadiť obyvatelia domu alebo môže byť automatické podľa intenzity svetla, čím sa zabezpečí aj určitá úspora energie. Úspora energie je však podmienená aj použitím úsporných stmievateľných žiariviek. V miestnostiach sú nainštalované multisenzory Digidim Multisensor 312 alebo Digidim Minisensor 2, ktoré sú schopné zisťovať prítomnosť osôb, intenzitu svetla a zároveň slúžia ako prijímač infračervených vln diaľkového ovládania. Množstvo svetla je ovládané aj vonkajšími žalúziami, ktoré sú ovládané pomocou Digidim 2 Channel Blinds Controller 490. Tento umožňuje nezávislé ovládanie vysúvania a zasúvania smerových motorov a voliteľnú rýchlosť pohybu.

Manuálne ovládanie celého systému je zabezpečené pomocou diaľkového ovládania Digidim Infrared Remote 303, ktorým je možné voliť svetelné scény alebo upravovať intenzitu jednotlivých svetiel, alebo nástennými modulárnymi panelmi s rovnakou funkciou. Manuálne ovládanie je možné aj pomocou systému SCADA. Osvetlenie v garáži spínané klasickými spínačmi, ktoré sú pripojené na vstupnú jednotku Digidim Input Unit 440, čím je zaistené ich integrácia do systému riadenia. Vonkajšie osvetlenie budovy nie je do systému zahrnuté a je riadené klasickými spínačmi alebo fotobunkou, ktoré zaistí ich rozsvietenie v prípade pohybu v ich okolí.

Celý systém Digidim je pripojený do siete LONWorks pomocou špeciálneho rozhrania DALI 430 LONWorks Gateway, ktoré zaisťuje obojsmernú komunikáciu.



Obr. 37. Rozmiestnenie prvkov Digidim riadiacich osvetlenie

8.3 Bezpečnosť

O bezpečnosť rodinného domu a jeho obyvateľov sa starajú elektronický zabezpečovací systém a elektrická požiarňa signalizácia.

8.3.1 Elektronický zabezpečovací systém

Základnou úlohou EZS je zabezpečiť plášťovú a priestorovú ochranu rodinného domu. Je použitý systém OASIS od firmy Jablotron, ktorý je koncipovaný ako bezdrôtový systém pracujúci na frekvencii 868 MHz.

Hlavnou časťou EZS je ústredňa JA-82K, ktorá je umiestnená v garáži a napájaná z hlavného domového rozvádzača napätím 230 V. V prípade výpadku elektrického prúdu obsahuje záložný zdroj, ktorý zabezpečí nepretržitú funkciu celého systému. Obsahuje taktiež modul pre rádiovú komunikáciu so snímačmi JA-82R, komunikátor pre komunikáciu po počítačových sieťach Ethernet pomocou protokolu TCP/IP JA-80V a modul pre bezdrôtový prenos fotografií JA-80Q z pohybového senzora.

Základom plášťovej ochrany sú magnetické bezdrôtové detektory otvorenia okien alebo dverí JA-83M, ktoré sú použité na vchodových dverách a oknách v garáži a kotolni. V obytných miestnostiach sú použité magnetické bezdrôtové detektory JA-82M, ktoré sa vkladajú do rámu okna a sú prakticky neviditeľné, takže nie sú rušivým prvkom dizajnu interiéru. V kúpeľni je použitý magnetický bezdrôtový detektor JA-81M, ktorý má v sebe integrovaný diaľkový vysielač. Tento dokáže v spojení so záplavovým detektorom LD-81 umiestneným v podlahe kúpeľne indikovať vodu vytekajúcu z prasknutého potrubia práčky alebo nezatvoreného vodovodného kohútika. Plášťovú ochranu dopĺňajú bezdrôtové akustické detektory rozbitia skla JA-85B, ktoré sú schopné zaznamenať rozbitie okna až do vzdialenosti 9 m. Reaguje na zmeny tlaku vzduchu, ktoré sú sprevádzané charakteristickým zvukom rozbitého skla.

Priestorovú ochranu zabezpečujú pohybové infračervené detektory JA-84P, ktoré umožňujú zaznamenať pohyb v stráženom priestore vrátane vizuálneho poplachu. Kamera detektoru je vybavená bleskom a infračerveným prísivietením pre fotenie v noci. Je schopná fotiť čiernobiele statické zábery v rozlíšení 160 x 128 pixelov. V prípade, že je zaznamenaný pohyb, je zachytená sekvencia fotiek. Tie sú uložené v internej pamäti

detektoru a bezdrôtovo prenášané do ústredne. Detektor dokáže zaznamenať pohyb v uhle 120° a v troch výškových hladinách do vzdialenosti 12 m.

System umožňuje tri režimy strázenia, kedy dva z nich sú voliteľné čiastočné strázenia budovy a tretí je kompletná ochrana, kedy sú aktívne všetky senzory.

Pri vchodových dverách je umiestnená bezdrôtová klávesnica JA-81F RGB, ktorá slúži k ovládaniu systému a jeho programovaniu. Obsahuje vstup pre pripojenie senzoru otvorenia dverí. Aktivovať a deaktivovať bezpečnostný systém je možné diaľkovým ovládaním RC-86W.

V obývacej miestnosti je umiestnená interiérová siréna JA-80L, ktorá zabezpečuje oznamovanie alarmových stavov. Príčina alarmu sa zobrazuje aj na bezdrôtovej klávesnici a v systéme SCADA. Na privedenie pozornosti okolia pri vlámaní je nainštalovaná exteriérová siréna JA-80A.

V prípade, že nie je EZS aktivovaný, slúžia magnetické detektory umiestnené v oknách k zníženiu nákladov na vykurovanie. V prípade, že je okno otvorené, vysiela detektor signál do modulu relé AC-82, ktoré preruší vykurovanie z dôvodu vetrania.

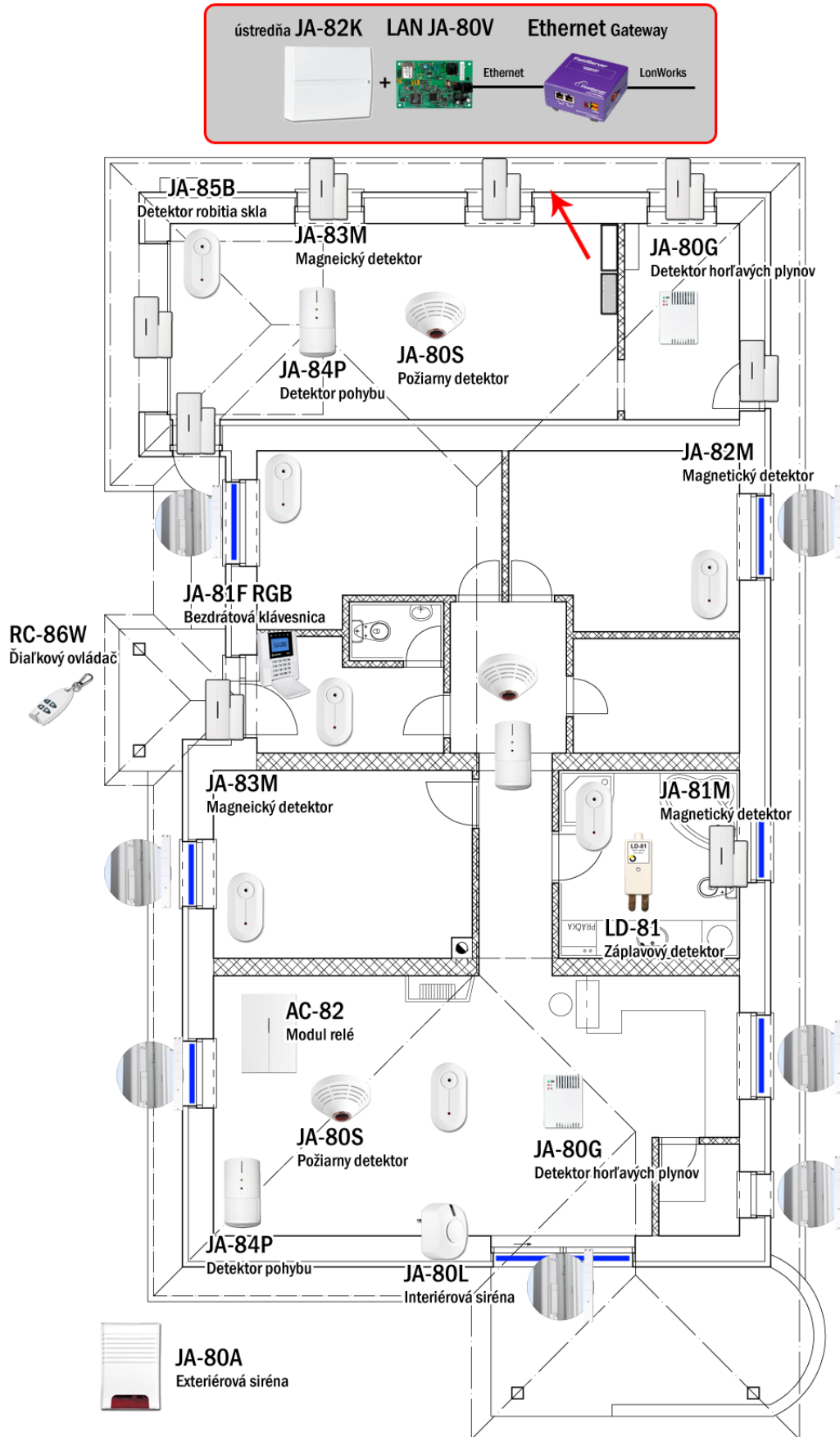
Je možné monitorovať prístup do domu. Vždy pri deaktivácii je odoslaná správa s oznamom, že systém bol deaktivovaný daným užívateľom domu, ktorého systém rozozná podľa diaľkového ovládača.

Všetky bezdrôtové senzory sú napájané z lítiových batérii, ktorých životnosť je približne 3 roky.

8.3.2 Elektrická požiarňa signalizácia

System OASIS má integrovanú aj EPS. Požiar je schopný detekovať bezdrôtový požiarňý detektor JA-80S, ktorý zisťuje prítomnosť dymu v priestore alebo zvýšenú teplotu nad 60°C. Je umiestnený v garáži, kde je riziko vzniku požiaru od plynového kotla. Detektor umiestnený v chodbe zaisťuje miestnosti spojené dverami s chodbou. Detektor v obývacej miestnosti je umiestnený s ohľadom na to, aby sa minimalizovalo riziko vzniku falošného poplachu, ktoré môže vzniknúť pri varení v kuchyni. V kotolni a kuchyni je umiestnený bezdrôtový detektor horľavých plynov JA-80G, ktorý používa senzor so žhaveným platínovým vláknom. Detektor slúži na signalizáciu zemného plynu, propánu, butánu, acetylénu, vodíku a ďalších horľavých plynov.

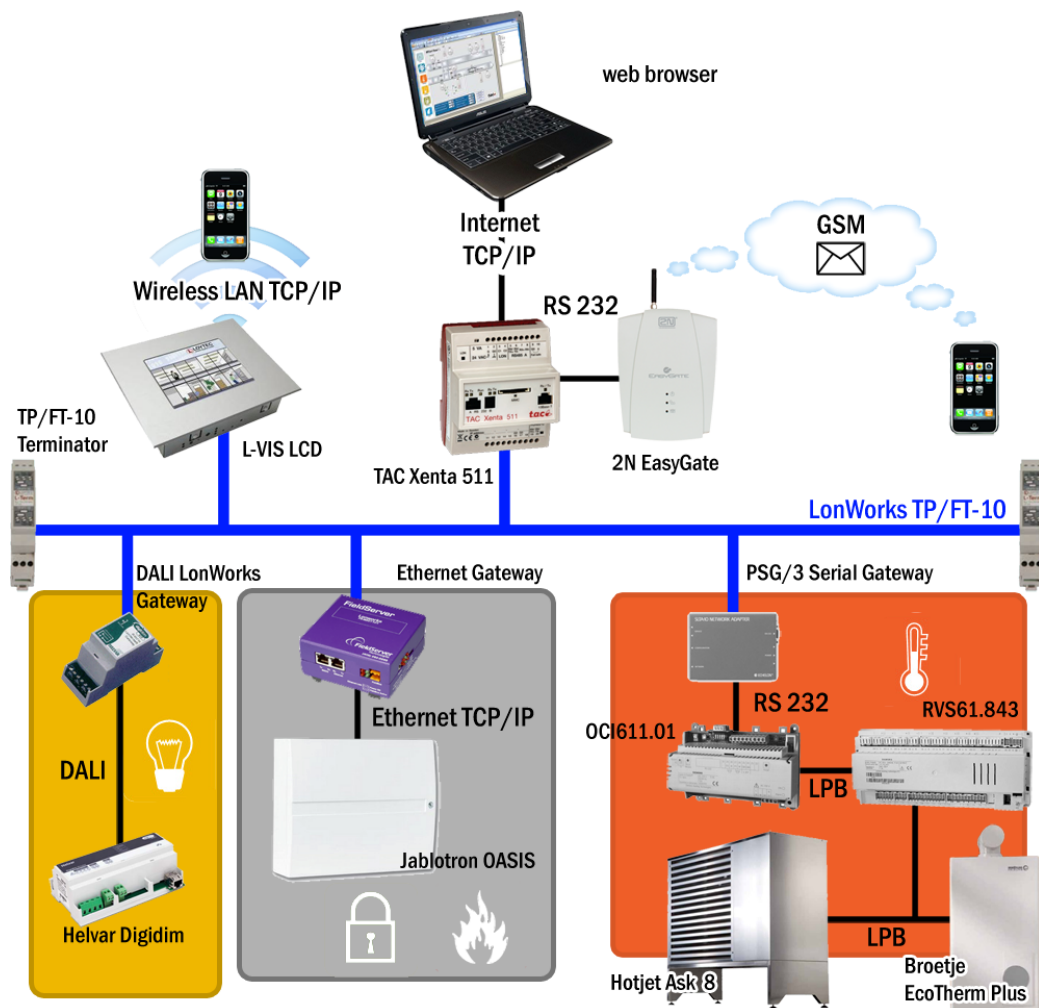
Celý systém Jablotron OASIS je napojený na zbernicu LONWorks pomocou modulu JA-80V a brány LONWorks Serial Ethernet Gateway od firmy FieldServer pomocou protokolu TCP/IP.



Obr. 38. EZS a EPS Jablotron OASIS

8.4 LONWorks

Zbernicový systém Lonworks je navrhnutý ako nadriadený systém pre ostatné systémy, ktoré používajú vlastné komunikačné zbernice a protokoly. Pomocou systému LONWorks je umožnená komunikácia jednotlivých častí systému navzájom, ich centralizované riadenie a zber dát. Výhodou použitia takéhoto riešenia spočíva v tom, že nadriadená zbernica nie je toľko zaťažovaná komunikáciou nižšej úrovne, ktorá sa odohráva vo vnútri jednotlivých podsystémov, ale je použitá až na komunikačné potreby a riadenie medzi jednotlivými podsystémami. Ďalšou výhodou je, že jednotlivé podsystémy používajú špecializované zbernice a protokoly, ktoré umožňujú rozšírenú funkčnosť v porovnaní s univerzálnym systémom LONWorks. Nevýhodou tohto riešenia je, že z časti sa vytráca otvorenosť systému, kedy je možné prvky jedného výrobcu nahrádzať prvkami od iného výrobcu bez ohrozenia celkovej funkčnosti systému a straty kompatibility.



Obr. 39. Topológia systému

Všetky zariadenia sú prepojené pomocou zbernicovej topológie. Táto topológia umožňuje v budúcnosti pripojenie ďalších zariadení.

Modulárny rozvádzač LONWorks je umiestnený v garáži a je napájaný napätím 230 V. Zbernica LONWorks je typu TP/FT-10 a je tvorená krútenou dvojlinkou. Komunikácia po zbernici prebieha rýchlosťou 78 kbps. Zbernica je ukončená dvoma terminátormi s impedanciou 105 Ω , aby nedochádzalo na jej koncoch k odrazom signálu. Zbernica slúži ako signálová a pre prvky Lonworks je potrebné napájanie z externého zdroja 24 V. Je použitý zdroj SV230-24.1500 DC od firmy Elka.

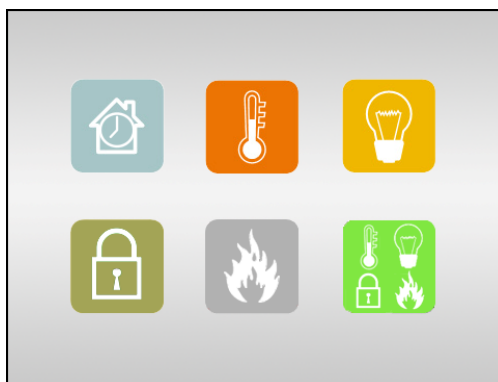
Systém je možné ovládať pomocou dotykového LCD displeja L-Vis 3E112 od firmy Loytec. Displej má rozlíšenie 800 x 600 pixelov a dokáže zobrazíť ako textové tak aj grafické informácie. K zobrazovaným informáciám je možné pristupovať pomocou protokolu TCP/IP a dáta sú prenášané pomocou bezdrôtovej siete LAN. Potom je možné zobrazíť obsah displeja na mobilnom telefóne, PDA alebo počítači. Takýmto spôsobom je možné ovládať všetky procesy, presne tak ako je to možné pomocou dotykového displeja. Je potrebné mať na prenosnom zariadení nainštalovaný program, ktorý dokáže zobrazíť informácie zo vzdialeného displeja, napríklad program UltraVNC. Displej je možné použiť na zobrazovanie, ale aj zadávanie informácií a parametrov. Je naprogramovaný pomocou dodávaného LNS plug-inu, čím sa zabezpečí pri parametrizovaní prístup k správnym sieťovým premenným.

Riadenie celého systému, pripojenie na internet a vizualizáciu zabezpečuje webový server TAC Xenta 511 od firmy Schneider Electric. Pomocou tohto prístroja je možné pristupovať k systému pomocou siete internet prostredníctvom štandardného webového prehliadača a je možné mať pod dohľadom všetky potrebné informácie a v prípade potreby nastaviť požadované parametre. Hlásenia alebo alarmy sú odosielané na email alebo pomocou pripojenej GSM brány 2N EasyGate cez SMS na mobilný telefón, ktorá umožňuje obojsmernú komunikáciu so systémom pomocou týchto správ.

9 OVLÁDANIE SYSTÉMU A VIZUALIZÁCIA

Rodinný dom je možné ovládať z jedného miesta pomocou 12,1“ dotykového LCD displeja umiestneného v obývacej miestnosti, na ktorom beží obslužný program SCADA. Pomocou tohto displeja je možné ovládať tepelnú sústavu, osvetlenie aj bezpečnosť. Rovnaké možnosti poskytuje aj ovládanie pomocou mobilného telefónu s možnosťou prijímať signál z bezdrôtovej siete LAN, PDA alebo osobný počítač. Pomocou webového serveru TAC Xenta 511 je možný prístup cez internet pomocou štandardného webového prehliadača alebo cez sieť GSM pomocou mobilného telefónu .

Štruktúra programu SCADA bežiacého na dotykovom displeji a jeho ovládanie je členené hierarchicky. Najskôr je potrebné prísť k určitej časti systému, potom vybrať jednotlivé možnosti a nakoniec je možné meniť parametre.



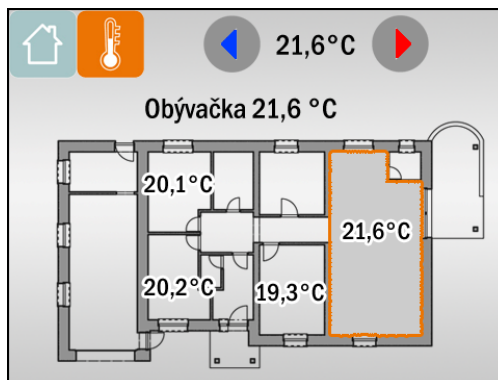
Obr. 40. Úvodné menu

Úvodná obrazovka umožňuje prístup k plánovaču, vykurovaniu, osvetleniu, EZS, EPS a k režimom, kde sú celkové nastavenia systému.



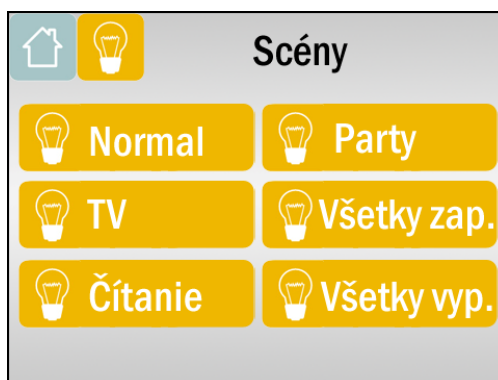
Obr. 41. Menu plánovača

V menu plánovača je možné nastaviť časové harmonogramy pre jednotlivé systémy. Je možné nastaviť parametre prerušovaného vykurovania, automatického osvetlenia, automatické aktiváciu systému EZS a EPS alebo automatické spúšťanie režimov.



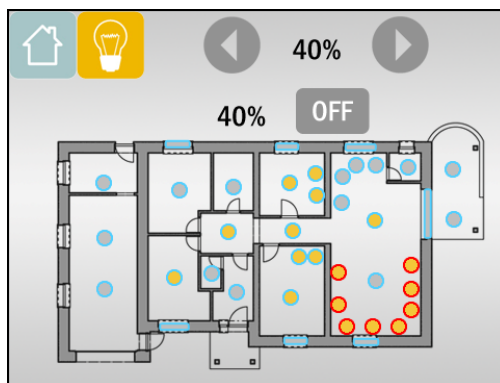
Obr. 42. Menu vykurovania

V menu vykurovania je možné manuálne nastavovať požadované teploty v miestnostiach, ktoré umožňujú reguláciu teploty.



Obr. 43. Menu osvetlenia – scény

V obývacej miestnosti je osvetlenie navrhnuté tak, aby bolo možné používať svetelné scény. Po aktivácii danej scény sa svetlá a žalúzie automaticky upravujú podľa nastavených parametrov. Svetelná scéna TV vytvorí v miestnosti prítmie, aby vynikla obrazovka televízneho prijímača. Scéna Čítanie pridá na intenzite svetlám nad sedacou súpravou, scéna Party mení intenzity osvetlenia v periodických intervaloch.



Obr. 44. Menu osvetlenia – manuál

V manuálnom režime je možné svetlá nastavovať podľa vlastného uváženia a situácie, je možné stmievanie, zažínanie a zhášanie svetiel a nastavovanie žalúzií. Je možné takto zistiť a ovládať stav každého svetelného zdroja pripojeného na zbernicu DALI.



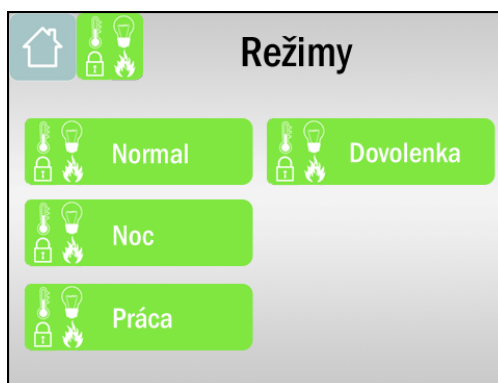
Obr. 45. Menu EZS

V menu bezpečnosť je možné zvoliť úroveň aktuálnej ochrany. Počas dňa môže byť aktívne len stráženie garáže, kedy je aktivovaná plášťová aj priestorová ochrana v priestoroch garáže. V noci sa aktivuje plášťová ochrana v obývacej miestnosti a kuchyni, kedy sú aktívne detektory rozbitia skla a otvorenia okien. Taktiež sú aktívne všetky detektory otvorenia vonkajších vchodových dverí. Plášťová ochrana v ostatných miestnostiach nie je možná, pretože je uvažované s potrebou vetrania počas noci. Priestorová ochrana taktiež nie je možná, pretože by pri pohybe osôb po dome mohol vzniknúť falošný poplach. Pri odchode všetkých obyvateľov z domu je možné aktivovať režim chránenia celého domu, kedy sú aktívne všetky prvky EZS.



Obr. 46. Menu EPS

V menu EPS je možné kontrolovať stav detektorov horľavého plynu a požiarnych detektorov.



Obr. 47. Menu režimov

Je možné nastaviť zo štyroch možných režimov. Režim Normal je používaný pri pobyte osôb v dome. Dom je vykurovaný na teplotu 20°C v zimnom období alebo je chladený v letnom období. EZS nie je aktivovaný, osvetlenie v obývacej miestnosti má nastavenú scénu Normal. V režime Noc, ktorý aktivujú obyvatelia pred spaním je aktivovaná ochrana EZS v režime Noc, nastavená nižšia teplota v obytných priestoroch a je vypnutá príprava TÚV. V nastavenú nočnú hodinu sa spúšťa program antibakteriálnej funkcie, ktorá zohreje TÚV krátkodobo nad 70°C. V režime Práca je aktivované prerušované vykurovanie alebo chladenie a je aktivovaný režim EPS Celý dom. V režime Dovolenka je tepelná sústava odstavená s výnimkou protimrazovej ochrany aktívnej v zimnom období, osvetlenie je spúšťané automaticky z dôvodu simulácie prítomnosti obyvateľov domu a je aktivovaný režim ochrany EZS Celý dom.

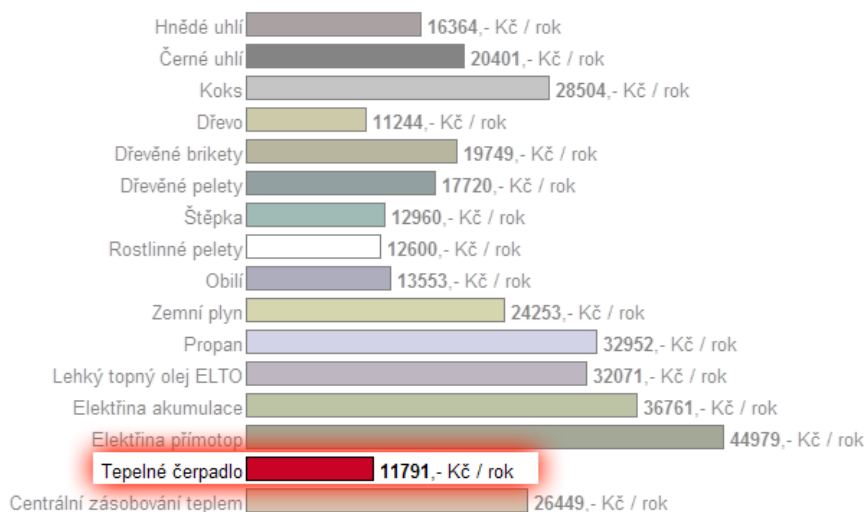
10 TECHNICKO-EKONOMICKÉ HODNOTENIE PROJEKTU

Technológie použité v rodinnom dome sú volené s ohľadom na ich úspornosť a v celkovom dôsledku znamenajú zníženie prevádzkových nákladom rodinného domu, čo sa môže zdať ako veľká výhoda. Avšak cena niektorých zariadení je natoľko vysoká, že len úspora nákladov nebude hlavným faktorom pri rozhodovaní o ich zaradení do systému. Návratnosť v týchto prípadoch môže činiť niekoľko desiatok rokov, kedy už je pravdepodobné že systém bude nahradený modernejšími technológiami. Avšak druhou stránkou veci je zvýšenie užívateľského komfortu natoľko, že technológia bude zo subjektívneho pohľadu užívateľov hodnotená ako dostatočne prínosná a bude zaradená do projektu.

10.1 Technicko-ekonomické hodnotenie tepelnej sústavy

Do tejto kategórie spadajú náklady na vykurovanie objektu a na prípravu TÚV. Celková potreba energie na vykurovanie rodinného domu počas vykurovacej sezóny 216 dní, priemernej teploty v tejto sezóne $3,6^{\circ}\text{C}$ a s celkovým stratovým tepelným výkonom $7,64\text{ kW}$ je $14,5\text{ MWh}$ za rok. Potreba energie na prípravu TÚV je pri množstve 300 l na deň $7,3\text{ MWh}$ za rok. Celková potreba energie činí $21,8\text{ MWh}$ za rok.

Pomocou solárnych kolektorov je možné získať približne $3,78\text{ kWh}$ ročne, čím sa zníži celková spotreba energie na približne 18 MWh za rok. Potom celkové náklady na pokrytie potreby energie pomocou tepelného čerpadla činia približne $12\,000\text{ Kč}$ pri priemernom vykurovacom faktore $3,7$. Ďalej je možné tieto náklady znížiť prerušovaným vykurovaním alebo znížením teploty, kedy zníženie teploty v interiéri o 1°C znamená úsporu približne 8% energie potrebnej na vykurovanie.



Obr. 48. Náklady na vykurovanie pri použití rôznych zdrojov tepla

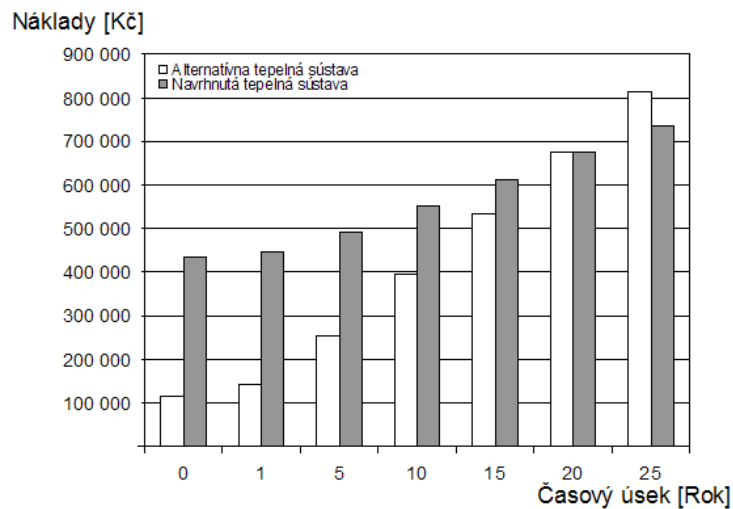
Je však nutné dodať, že reálne náklady budú mierne odlišné, pretože sa určitá časť potreby energie bude kryť plynovým kondenzačným kotlom.

Tab. 35. Náklady na zariadenia tepelnej sústavy

Zariadenie	Cena v Kč
Tepelné čerpadlo Hotjet Ask 8	117 920
Plynový kotol Broetje EcoTherm Plus WGB 15	54 650
Solárne kolektory Seido 2-8	67 950
Zásobníky, obehové čerpadlá, ventily	112 267
Podlahové vykurovanie a radiátory	185 500
Spolu	538 287

Do nákladov nie je zahrnutá cena práce potrebnej na montáž a spustenie, dopravu zariadenia ani cena rozvodného potrubia pre tepelnú sústavu. Avšak v prípade inštalácie tepelného čerpadla vzduch–voda do novostavby je možné požiadať o štátnu dotáciu vo výške 50 000 Kč a v prípade inštalácie solárnych kolektorov na ohrev TÚV o dotáciu 55 000 Kč. Potom by celkové obstarávacie náklady na zariadenie činili 433 287 Kč.

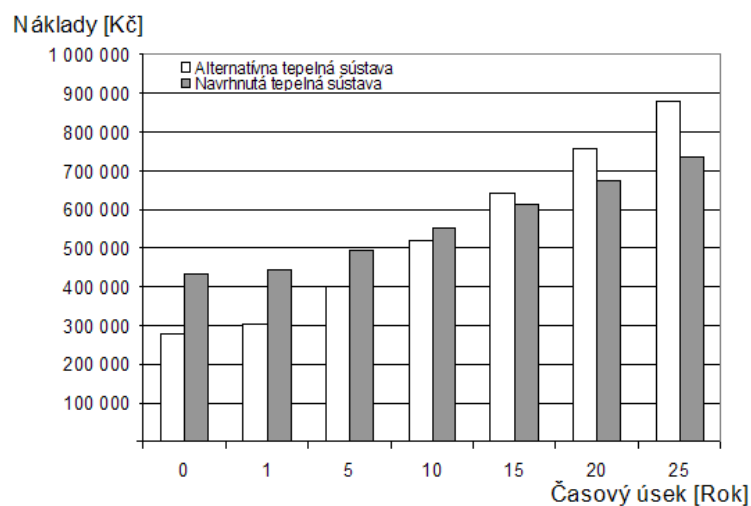
Ak by sa pre porovnanie použil v rodinnom dome len plynový kondenzačný kotol v spojení s radiátormi s termostatickými ventilmi, potom by boli obstarávacie náklady za zariadenie tejto alternatívnej tepelnej sústavy približne 116 000 Kč a náklady na pokrytie potreby energie približne 28 000 Kč ročne.



Obr. 49. Vývoj nákladov tepelných sústav

V tomto prípade by sa investícia do navrhutej tepelnej sústavy s tepelným čerpadlom, kondenzačným plynovým kotlom, solárnymi panelmi a podlahovým vykurovaním začala oplácať až po 20 rokoch prevádzky za predpokladu, že sa pomer cien plynu a elektrickej energie dramaticky nezmení.

V prípade, že by bol použitý plynový kondenzačný kotol na vykurovanie, solárne panely na prípravu TUV a podlahové vykurovanie v kombinácii s radiátormi, boli by náklady na pokrytie potreby energie približne 24 000 Kč. Obstarávacie náklady alternatívnej tepelnej sústavy by boli približne 280 000 Kč.



Obr. 50. Vývoj nákladov tepelných sústav

Pri zachovaní rovnakého komfortu sú náklady na navrhnutú tepelnú sústavu po približne 15 rokoch nižšie ako v alternatívnom prípade s použitím len plynového kondenzačného kotla a solárnych panelov.

Na základe týchto porovnaní vychádza použitie tepelného čerpadla a solárnych kolektorov z ekonomického hľadiska ako efektívne.

10.2 Technicko-ekonomické hodnotenie inteligentnej elektroinštalácie

Hodnotenie tejto časti systému z hľadiska ekonomickej návratnosti je veľmi náročné. Prvky inteligentnej elektroinštalácie sú zaradené do projektu pre zvýšenie komfortu. Jediná časť inteligentnej elektroinštalácie, pre ktorú sa dá vyčíslit' zníženie prevádzkových nákladov je inteligentné osvetlenie.

So systémom Digidim od firmy Helvar je možné ušetriť až 55% energie potrebnej na osvetlenie. Použitím možnosti manuálnej regulácie osvetlenia sa dosiahne úspory približne 15 %. Spínanie detektorom prítomnosti ušetrí 20 % a reguláciou osvetlenia na konštantnú úroveň je možné dosiahnuť 20 % úsporu.

Tab. 36. Ceny systémov inteligentnej elektroinštalácie

Prvky	Cena v Kč
LONWorks	91 500
Helvar Digidim	183 500
Jablotron OASIS	79 600
Spolu	354 600

Výhoda systému OASIS pre EZS a EPS od firmy Jablotron sa prejaví až v krízovej situácii, kedy môže tento systém pomôcť zachrániť ľudské životy alebo majetok.

Celkové prepojenie všetkých systémov pomocou systému LONWorks je výhodné z hľadiska centralizovaného ovládania a kontroly systému, či už z pohodlia domu alebo prostredníctvom internetu a GSM siete na diaľku.

10.3 Celkové technicko-ekonomické hodnotenie

Náklady na zariadenia pre tepelnú sústavu a pre inteligentnú elektroinštaláciu činia **787 887 Kč**. Môže sa preto povedať, že takéto zariadenie rodinného domu bude miliónovou

investíciou. Je potrebné rátať s cenou práce, ktorá bude potrebná na uvedenie celého systému do behu a taktiež aj s cenou za celú softvérovú výbavu, ktorá bude riadiť celý systém. Jednotlivé podsystemy sú samostatne funkčné, avšak je potrebné pomocou vývojových prostriedkov určených pre protokol Lonworks vytvoriť jednotný ovládací softvér SCADA, ktorý spojí všetky podsystemy, a pomocou ktorého budú obyvatelia domu komunikovať so svojim systémom.

ZÁVER

Cieľom tejto práce bol návrh inteligentného energeticky úsporného domu využívajúceho obnoviteľné zdroje energie. Návrh všetkých systémov bol tvorený s ohľadom na moderné trendy v tomto odvetví. V prvej časti práce boli popísané potrebné teoretické podklady nutné pre tvorbu inteligentnej budovy a v druhej časti práce boli následne tieto aplikované na konkrétny objekt.

Energetická úspornosť je zohľadnená v navrhutej tepelnej sústave. Ako primárny zdroj je navrhnuté tepelné čerpadlo vzduch-voda dopĺňané sekundárnym zdrojom, ktorým je plynový kondenzačný kotol. Tepelné čerpadlo je v zimnom období zdrojom tepla, s možnosťou chladenia v letnom období. Obnoviteľným zdrojom energie je slnečné žiarenie. Slnečné žiarenie sa využíva pomocou solárnych kolektorov, ktoré slúžia na prípravu TUV. Vykurovanie rodinného je riešené pomocou nízkoteplotného podlahového vykurovania a radiátorov.

Ďalšia časť práce je tvorená návrhom inteligentných systémov. Zaoberá sa návrhom inteligentného osvetlenia, bezpečnostného systému, požiarnej signalizácie a riadiaceho zbernicového systému LONWorks. Jednotlivé systémy sú navrhnuté ako podsystémy a celkovú komunikáciu zabezpečuje medzi nimi protokol LONWorks.

Inteligentné osvetlenie je riešené pomocou zbernice DALI. Je navrhnuté tak, aby poskytovalo užívateľom dostatočný komfort a znižovalo spotrebu energie. Využíva pohybové detektory pre spínanie osvetlenia a snímače intenzity osvetlenia pre stmievanie svetelných zdrojov. Bezpečnostný systém využíva pohybové detektory v kombinácii s detektormi rozbitia skla a otvorenia dverí, poprípade okien. Požiarna signalizácia využíva k ochrane rodinného domu detektory plynu a dymu. Oba tieto systémy využívajú bezdrôtovú komunikáciu medzi prvkami. Všetky uvedené systémy sú pripojené pomocou rozhraní do systému LONWorks. Ovládanie celého systému je možné pomocou dotykového LCD displeja alebo cez internet, ktoré zabezpečuje webový server. Systém je možné ovládať aj pomocou mobilného telefónu a siete GSM.

Celý systém bol navrhnutý s ohľadom pre maximálny komfort užívateľov a minimálne prevádzkové náklady. Tepelná sústava dokáže zabezpečiť tepelný komfort počas celého roka. Bezpečnostné systémy chránia majetok aj ľudské životy. Výsledkom je návrh moderného domu, ktorý sa môže zaradiť do kategórie inteligentný.

ZÁVER V ANGLIČTINE

The main task of this thesis was to design intelligent energy efficient building utilizing renewable resources of energy. Systems were designed according to actual tendencies in this sector. First part contains necessary theoretical background for designing systems of intelligent building. Theoretical information is applied to a specific building in second part.

Energetic efficiency was taken into consideration during designing of heating system. The heat pump was chosen as a primary source of heat. Condensing gas boiler was chosen as a complementary source. Heat pump produces heat during the winter, with the possibility of cooling during the summer. Solar energy as a renewable resource of energy is employed by solar thermal collectors. Collectors are designed for heating domestic water. Building is heated by the underfloor heating system and radiators.

Intelligent systems are designed in the next part of this thesis. This part contains the design of intelligent lightning system, security system, fire detection and control system using Lonworks networking platform. Lonworks is the major control system and other systems work as subsystems.

Intelligent lightning is using the DALI bus. Comfort of users and energetic efficiency was taken into consideration. Intelligent lightning is using motion detectors to switch lights and light intensity detectors for dimming of lights. Security system is using motion detectors, glass break detectors and open door detectors. Fire detection is using smoke detectors and flammable gas detectors. Security system and fire detection system are using wireless communication. Gateways connect these systems to Lonworks. System can be controlled by the touch screen LCD panel, remote controlling is possible via internet or a cell phone using the GSM network.

System is designed to maximize comfort of its users and to minimize operating costs. Heating system is able to provide thermal comfort. Security systems protect property and human lives. According to all mentioned facts this house can be classified as an intelligent building.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] AULICKÝ, Václav, et al. Inteligentní budovy a ekologické stavby. Michal Janata. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Dr. Josef Raabe, s.r.o., 2008. 280 s. ISBN 1803-4322
- [2] HERMANN, Merz, HANSEMAN, Thomas, HUBNER, Christof. Automatizované systémy budov: Sdělovací systémy KNX/EIB, LON a BACnet. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s, 2008. 264 s. ISBN 978-80-247-2367-9
- [3] KŘEČEK, Stanislav, et al. Příručka zabezpečovací techniky. 4. aktualiz. vyd. [s.l.] : Cricetus, 2002. 350 s. ISBN 80-902938-2-4.
- [4] HUMM, Othman. Nízkoenergetické domy. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s, 1999. 353 s. ISBN 80-7169-657-9.
- [5] SCHRAMEK, Ernst-Rudolf. Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik: Einschleisslich Warmwasser und Kaltetechnik. 1. Auflage. Munchen: Oldenbourg Industrieverlag, 2007. 2030 s. ISBN 3-8356-3104-7.
- [6] CHYSKÝ, J., et al. Větrání a Klimatizace. Praha: Česká Matice Technická, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [7] RUBINOVÁ, Olga; RUBINA, Aleš. *TZB-info* [online]. 22.8.2005 [cit. 2010-05-16]. Vnitřní prostředí budov a tepelná pohoda člověka. Dostupné z WWW: <<http://vetrani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2650&h=7&pl=47>>.
- [8] LAIN, Miloš; BARTÁK, Martin; SVOBODOVÁ, Hana. *TZB-info* [online]. 24.7.2006 [cit. 2010-05-16]. Posouzení parametrů prostředí v místnosti klimatizované jednotkou SPLIT. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2700>>.
- [9] ŠÁLA, Jiří. *iStavebnictvo.sk* [online]. 17.8.2009 [cit. 2010-05-16]. Energetická náročnost budov a ich tepelná ochrana z hľadiska legislatívy. Dostupné z WWW: <<http://www.istavebnictvo.sk/clanky/energeticcka-narocnost-budov-a-ich-tepelna-ochrana/>>.
- [10] JIRKOVÁ, Renáta; HUBERTOVIČ, Michaela. *časopis Stavebnictví* [online]. 1.9.2008 [cit. 2010-05-16]. Energetické štítky obálky budovy. Dostupné z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/energeticke-stitky-obalky-budovy_N1513>.

- [11] PŘIBÁŇOVÁ, Henrietta; LAJČÍKOVÁ, Ariana. *TZB-info* [online]. 3.1.2003 [cit. 2010-05-31]. Umělé osvětlení vnitřního prostředí. Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=1303>>.
- [12] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *I-EKIS* [online]. 2007 [cit. 2010-05-17]. Zásady výstavby nízkoenergetických domů. Dostupné z WWW: <<http://www.i-ekis.cz/?page=nizkoenergeticke>>.
- [13] TAUŠ, Peter; DZURILA, Pavel. Nízkoenergetické, pasívne a nulové domy – stručná charakteristika. *AT&P Journal* [online]. 2006, 3, [cit. 2010-05-17]. Dostupný z WWW: <http://www.atpjournalsk/casopisy/atp_06/pdf/online37.pdf>.
- [14] MARTIN, Patrik, et al. *EKODOMY* [online]. 2007 [cit. 2010-05-17]. Dom a slnko. Dostupné z WWW: <<http://www.ekodomy.sk/>>.
- [15] ISOMAX [online]. 2010 [cit. 2010-05-17]. Energetický koncept ®ISOMAX. Dostupné z WWW: <<http://www.isomax.sk/technologie/www/?mod=technologie>>.
- [16] VALENTA, Vladimír. *TZB-info* [online]. 2002 [cit. 2010-05-17]. Kondenzační kotel pro každého (I). Dostupné z WWW: <<http://vytapani.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=868>>.
- [17] CIHLÁŘ, Jiří; HAZUCHA, Juraj. *MPO-efekt* [online]. 2007 [cit. 2010-05-31]. Pasivní domy, Úsporné zdroje energie. Dostupné z WWW: <http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/08_usporne_zdroje_energie.pdf>.
- [18] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *EkoWATT* [online]. 2007 [cit. 2010-05-17]. Energie prostředí, geotermální energie, tepelná čerpadla. Dostupné z WWW: <<http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-prostredi-geotermalni-energie-tepelna-cerpadla>>.
- [19] MATUŠKA, Tomáš; SCHWARGER, Jan; ŠOUREK, Bořivoj. *TZB-info* [online]. 31.10.2005 [cit. 2010-05-17]. Tepelná čerpadla - teorie a schémata (I). Dostupné z WWW: <<http://www.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2820>>.

- [20] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *I-EKIS* [online]. 2007 [cit. 2010-05-17]. Energie Slunce - sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu. Dostupné z WWW: <<http://www.i-ekis.cz/?page=slunce-teplo>>.
- [21] MATUŠKA, Tomáš; SCHWARGER, Jan; ŠOUREK, Bořivoj. *TZB-info* [online]. 15.8.2005 [cit. 2010-05-17]. Solární soustavy - teorie a schémata (II). Dostupné z WWW: <<http://energie.tzb-info.cz/t.py?t=2&i=2641>>.
- [22] TOMČIAK, Ján. *4-construction.com* [online]. 2007 [cit. 2010-05-17]. Slnečné kolektory. Dostupné z WWW: <<http://www.4-construction.com/sk/vzdelavanie-kniznica/clanok/slnečne-kolektory/>>.
- [23] BERANOVSKÝ, Jiří, et al. *EkoWATT* [online]. 2007 [cit. 2010-05-17]. Energie slunce - sluneční teplo, ohřev vody a vzduchu. Dostupné z WWW: <<http://ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-slunce---slunceni-teplo-ohrev-vody-a-vzduchu>>.
- [24] VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.HW.cz* [online]. 5.4.2005 [cit. 2010-05-28]. Sběrnice LonWorks - 1.část - Úvod. Dostupné z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005040501>>.
- [25] VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.HW.cz* [online]. 11.4.2005 [cit. 2010-05-26]. Sběrnice LonWorks - 2.část - LonTalk protokol. Dostupné z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005041101>>.
- [26] VOJÁČEK, Antonín. *Automatizace.HW.cz* [online]. 10.6.2005 [cit. 2010-05-28]. Sběrnice LonWorks - 3.část - Neuron chip & ostatní hardware. Dostupné z WWW: <<http://automatizace.hw.cz/clanek/2005061001>>.
- [27] *Introduction to the LONWORKS® System* [online]. USA : Echelon, 1999 [cit. 2010-05-28]. Dostupné z WWW: <<http://www.echelon.com/support/documentation/manuals/general/078-0183-01A.pdf>>.
- [28] *DALI Manual* [online]. Frankfurt am Main: DALI AG, 2001 [cit. 2010-06-01]. Dostupné z WWW: <http://www.dali-ag.org/c/manual_gb.pdf>.

- [29] ČSN 73 0540-2. *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 44 s.
- [30] ČSN 73 0540-3. *Tepelná ochrana budov - Část 3: Návrhové hodnoty veličin..* Praha: Český normalizační institut, 2005. 89 s.
- [31] ČSN EN 12831 . *Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu*. Praha: Český normalizační institut, 2005. 75 s.
- [32] ČSN 73 0548. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha: Český normalizační institut, 1985. 32 s.
- [33] ČSN 06 0320. *Tepelné soustavy v budovách - Příprava teplé vody - Navrhování a projektování*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 20 s.
- [34] ČSN 06 0830. *Tepelné soustavy v budovách - Zabezpečovací zařízení*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 20 s.
- [35] ČSN 33 2000-4-46 ed. 2. *Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení - Část 4: Bezpečnost - Kapitola 46: Odpojování a spínání*. Praha: Český normalizační institut, 2002. 12 s.
- [36] ČSN 33 2000-7-701 ed. . *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 7-701: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Prostory s vanou nebo sprchou*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 20 s.

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

BACnet	Building Automation and Control Network.
BCI	BatiBUS Club International.
BSB	Boiler System Bus.
CPU	Central Processing Unit.
CRC	Cyclic Redundancy Check.
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance.
DALI	Digital Addressable Lighting Interface.
EHS	European Home Systems.
EIA	Electronic Industry Association.
EIB	European Installation Bus.
GSM	Groupe Spécial Mobile.
HMI	Human Machine Interface.
ISO	International Organization for Standardization.
KNX	Konnex.
LON	Local Operating Network.
LPB	Local Process Bus.
MAC	Media Access Control.
NED	Nízkoenergetický Dom.
OSI	Open Systems Interconnection.
PD	Pasívny Dom
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition.
TÚV	Teplá Úžitková Voda.

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obr. 1. Pole tepelnej pohody pre operatívnu teplotu a relatívnu vlhkosť	15
Obr. 2. Grafické znázornenie energetického štítu obálky budovy a preukazu energetickej náročnosti budovy	23
Obr. 3. Systémy používané v nulových domoch.....	24
Obr. 4. Stena s tepelnou bariérou.....	25
Obr. 5. Dopad slnečných lúčov na rôzne orientované okenné konštrukcie	27
Obr. 6. Pasívne využitie solárnej energie a teplotné zónovanie [14].....	27
Obr. 7. Príklady nosných stien s $U < 0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$	29
Obr. 8. Tok tepla	32
Obr. 9. Rez kondenzačným kotlom.....	33
Obr. 10. Účinnosti v závislosti na zaťažení	34
Obr. 11. Princíp činnosti tepelného čerpadla	37
Obr. 12. Jednookruhová sústava	40
Obr. 13. Dvojokruhová sústava	41
Obr. 14. Príklady typov topológie siete LONWorks	47
Obr. 15. Schéma prístupu na zbernicu metódou CSMA/CA	48
Obr. 16. Štruktúra rámca protokolu LONTalk [25].....	49
Obr. 17. Funkčný profil.....	54
Obr. 18. Pôdorys navrhovaného domu.....	59
Obr. 19. Vizualizácia navrhovaného domu.....	60
Obr. 20. Rozloženie tlakov vodnej pary v konštrukcii	63
Obr. 21. Celkový stratový tepelný výkon.....	69
Obr. 22. Energetický štítok obálky budovy.....	70
Obr. 23. Bod bivalencie vykurovacieho systému.....	73
Obr. 24. Hydraulické zapojenie v zimnom období.....	75
Obr. 25. Hydraulické zapojenie v letnom období	76
Obr. 26. Hydraulické zapojenie solárneho kolektora.....	77
Obr. 27. Rez podlahou	80
Obr. 28. Medzná krivka 9K pre laminátovú podlahu	82
Obr. 29. Rozdeľovacia stanica.....	84
Obr. 30. Podlahové a radiátorové vykurovanie.....	88

Obr. 31. Graf rozdielu a predpokladaného odberu energie.....	90
Obr. 32. Napáťová sústava TNS	92
Obr. 33. Zóny v kúpeľni – pôdorys.....	94
Obr. 34. Umiestnenie zásuvky a spínača v kúpeľni.....	94
Obr. 35. Rozvádzač pre rodinný dom	96
Obr. 36. Zásuvkové a svetelné okruhy.....	97
Obr. 37. Rozmiestnenie prvkov Digidim riadiacich osvetlenie.....	100
Obr. 38. EZS a EPS Jablotron OASIS	104
Obr. 39. Topológia systému.....	105
Obr. 40. Úvodné menu.....	107
Obr. 41. Menu plánovača.....	107
Obr. 42. Menu vykurovania	108
Obr. 43. Menu osvetlenia – scény.....	108
Obr. 44. Menu osvetlenia – manuál.....	109
Obr. 45. Menu EZS	109
Obr. 46. Menu EPS	110
Obr. 47. Menu režimov	110
Obr. 48. Náklady na vykurovanie pri použití rôznych zdrojov tepla.....	112
Obr. 49. Vývoj nákladov tepelných sústav	113
Obr. 50. Vývoj nákladov tepelných sústav	113

ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1. Závislosť činiteľa A na rýchlosti prúdenia vzduchu.....	14
Tab. 2. Rozdelenie budov podľa energetickej náročnosti.....	22
Tab. 3. Klasifikácia budov podľa ČSN 73 0540-2	22
Tab. 4. Normované hodnoty súčiniteľa prechodu tepla podľa normy ČSN 73 0540-2.....	29
Tab. 5. ISO OSI model protokolu LONTalk.....	46
Tab. 6. Prenosové médiá používané v sieťach LONWorks	47
Tab. 7. Spôsobý adresovania.....	49
Tab. 8. Transceivery firmy Echelon.....	52
Tab. 9. Okrajové podmienky.....	58
Tab. 10. Legenda miestností	61
Tab. 11. Skladba obvodovej steny	61
Tab. 12. Skladba vnútornej nosnej steny	61
Tab. 13. Skladba vnútornej deliacej steny	61
Tab. 14. Skladba stropu	62
Tab. 15. Skladba podlahy s laminátovými parketami	62
Tab. 16. Skladba podlahy s keramickými dlaždicami.....	62
Tab. 17. Údaje o vykurovaných miestnostiach	64
Tab. 18. Súčiniteľ prechodu tepla stavebných konštrukcií a jeho doporučené hodnoty podľa ČSN 73 0540.....	65
Tab. 19. Tepelné straty prechodom.....	66
Tab. 20. Tepelné straty vetraním	67
Tab. 21. Vykurovací tepelný výkon	68
Tab. 22. Celkový stratový tepelný výkon.....	68
Tab. 23. Tepelné zisky počas dňa v priebehu roka vo [W].....	71
Tab. 24. Tepelné zisky počas dňa v priebehu roka vo [W] – pokračovanie	71
Tab. 25. Natočenie trubíc kolektoru	74
Tab. 26. Expanzné nádrže pre okruhy.....	79
Tab. 27. Poistné ventily	80
Tab. 28. Parametre podlahového vykurovania.....	83
Tab. 29. Parametre podlahového vykurovania – pokračovanie	83
Tab. 30. Výkony a rozmery radiátorov	87

Tab. 31. Denná spotreba TÚV	89
Tab. 32. Prierezy vodičov	91
Tab. 33. Istenia jednotlivých zásuvkových okruhov.....	93
Tab. 34. Počet zásuviek v jednotlivých miestnostiach	93
Tab. 35. Náklady na zariadenia tepelnej sústavy	112
Tab. 36. Ceny systémov inteligentnej elektroinštalácie.....	114

ZOZNAM PRÍLOH

Príloha P I Prvky tepelnej sústavy




Príloha P II Prvky systému LONWorks






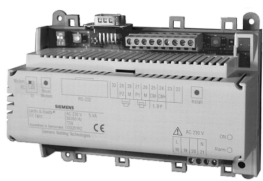
Príloha P III Prvky systému Helvar Digidim

Príloha P IV Prvky systému Jablotron OASIS




Príloha P V Situačné umiestnenie domu

PRÍLOHA P I: PRVKY TEPELNEJ SÚSTAVY









Prvok	Charakteristika
<p>Hotjet Ask 8</p> 	<p>exteriérové tepelné čerpadlo vzduch-voda výkon A7/W35: 7,8/2,04/3,8 výkon A2/W35: 7,2/2,01/3,6 výkon A7/W45: 7,4/2,46/3,0 výkon A2/W45: 6,6/2,46/2,7 napájanie: 400 V cena: 97000 Kč</p>
<p>Broetje Ecotherm Plus WBG 15</p> 	<p>plynový kondenzačný kotol výkon: 15 kW napájanie: 230 V cena: 54650 Kč</p>
<p>Hotjet Seido 8-2</p> 	<p>vákuový trubicový solárny kolektor počet trubíc: 8 plocha kolektoru: 2,25 m² absorpcia: >92% minimálna prevádzková teplota: -45°C vyťaženosť kolektoru: 836 kWh.m⁻².rok⁻¹ cena: 45000 Kč/2 ks</p>
<p>Hotjet AKU 200</p> 	<p>vyrovnávací zásobník na studenú vodu objem: 200 l maximálny pretlak: 3 bary cena: 11080 Kč</p>
<p>Hotjet SL300/2</p> 	<p>zásobník na TUV objem: 300 l maximálny pretlak: 8 barov 2 rúrkové výmenníky cena: 25900 Kč</p>
<p>Herz PS 600</p> 	<p>vyrovnávací zásobník na teplú vodu objem: 600 l maximálny pretlak: 3 bary cena: 31400 Kč</p>
<p>Hotjet 25-80</p> 	<p>obehové čerpadlo primárneho okruhu výtláčna výška: 8 m počet rýchlostí: 3 príkon: 225 W/190 W/135 W</p>

	cena: 6400 Kč/2 ks
<p>Grundfos Alpha 2 25-40</p> 	<p>obehové čerpadlo okruhu podlahového vykurovania a radiátorov výtlačná výška: 4 m počet rýchlostí: 3 príkon: 5W /8 W/22 W cena: 9500 Kč/2 ks</p>
<p>Grundfos Comfort UP15-14B</p> 	<p>obehové čerpadlo pre okruh TÚV výtlačná výška: 1,2 m cena: 2200 Kč</p>
<p>Wilo Solar Star ST 25/7</p> 	<p>obehové čerpadlo pre solárny okruh výtlačná výška: 7 m počet rýchlostí: 3 príkon: 43 W/60 W/92 W cena: 8990 Kč/čerpadlová skupina</p>
<p>Gabotherm 1-2-3</p>	<p>podlahové vykurovanie cena: 155000 Kč/110 m²</p>
<p>Korado</p>	<p>radiátory cena: 30500 Kč/7 ks</p>
<p>obehová sústava - ostatné</p>	<p>ventily, expanzné nádrže, snímače teploty cena: 38247 Kč</p>
<p>Siemens RVS 61/QAA78</p> 	<p>regulátor a HMI regulácia: tepelné čerpadlo, solárny systém, obehové čerpadlá, bivalentný zdroj rozhranie regulátora: BSB/LPB rozhranie HMI: BSB RF napájanie regulátora: 230 V napájania HMI: batéria cena: 6800 Kč</p>
<p>Siemens QAA55</p> 	<p>priestorový termostat rozhranie: BSB napájanie: pomocou BSB cena: 5970 Kč/3 ks</p>
<p>Siemens OCI 611.01</p> 	<p>komunikačná centrála pre regulátor RVS 61 rozhranie: LPB/RS 232 napájanie: 230 V cena: 8650 Kč</p>

PRÍLOHA P II: PRVKY SYSTÉMU LONWORKS

Prvok	Charakteristika
<p>TAC Xenta 511</p> 	<p>web server napájanie: 24 V rozhrania: RS 232/Ethernet 10 Base-T/TP/FT-10 cena: 37500 Kč</p>
<p>Elka SV230-24.1500 DC</p> 	<p>napájací zdroj napájanie: 230 V výstupné napätie: 24 V DC cena: 2500 Kč</p>
<p>Loytec L-Vis 3E112</p> 	<p>12,1“ dotykový LCD displej napájanie: 24 V rozlíšenie: 800x600 rozhrania: TP/FT-10/Ethernet 10 Base-T/USB cena: 28900 Kč</p>
<p>Helvar Digidim DALI 430 LONWorks Gateway</p> 	<p>Gateway pre pripojenie DALI na LONWorks rozhrania: DALI/TP/FT-10 napájanie: pomocou DALI cena: 8000 Kč</p>
<p>Echelon PSG/3</p> 	<p>Gateway pre pripojenie pomocou RS 232 rozhrania: TP/FT-10/RS-232 napájanie: 24 V cena: 8200 Kč</p>
<p>FieldServer LONWorks Gateway FS-B2011</p> 	<p>Gateway pre pripojenie pomocou Ethernetu rozhrania: TP/FT-10/Ethernet 10 Base-T napájanie: 24 V cena: 4400 Kč</p>
<p>LONWorks Terminal Unit</p> 	<p>Terminátor pre sieť TP/FT-10 cena: 2000 Kč/2 ks</p>

PRÍLOHA P III: PRVKY SYSTÉMU HELVAR DIGIDIM










Prvok	Charakteristika
<p>Digidim Router 910</p> 	<p>router pre systém Digidim napájanie: 230 V výstupné napájanie: 2x250 mA rozhranie: DALI cena: 27500 Kč</p>
<p>Digidim Thyristor Dimmer 500 W 455</p> 	<p>stmievač pre stmievanie zát'aže do 500 W napájanie: 230 V rozhranie: DALI cena: 44800 Kč/7 ks</p>
<p>Digidim 2-Channel Blinds Controller 490</p> 	<p>regulátor žalúzií napájanie: 230 V rozhranie: DALI maximálna zát'až: 550 W cena: 50050 Kč/7 ks</p>
<p>Digidim Infrared Remote 303</p> 	<p>dial'kové ovládanie napájanie: batéria cena: 3600 Kč/2 ks</p>
<p>Digidim Multisensor 312</p> 	<p>pohybový senzor, senzor intenzity svetla a prijímač signálu z dial'kového ovládania napájanie: pomocou DALI rozhranie: DALI cena: 6300 Kč/2 ks</p>
<p>Digidim Input Unit 440</p> 	<p>vstupná jednotka pre spínače ON/OFF napájanie: pomocou DALI rozhranie: DALI cena: 12800 Kč/2 ks</p>
<p>Digidim TK4 Controller 140</p> 	<p>spínač napájanie: DALI cena: 14000 Kč/7 ks</p>
<p>Digidim 4 Scene Panel 935</p> 	<p>spínač pre 4 scény napájanie: DALI cena: 9300 Kč/2 ks</p>








Digidim Minisensor2



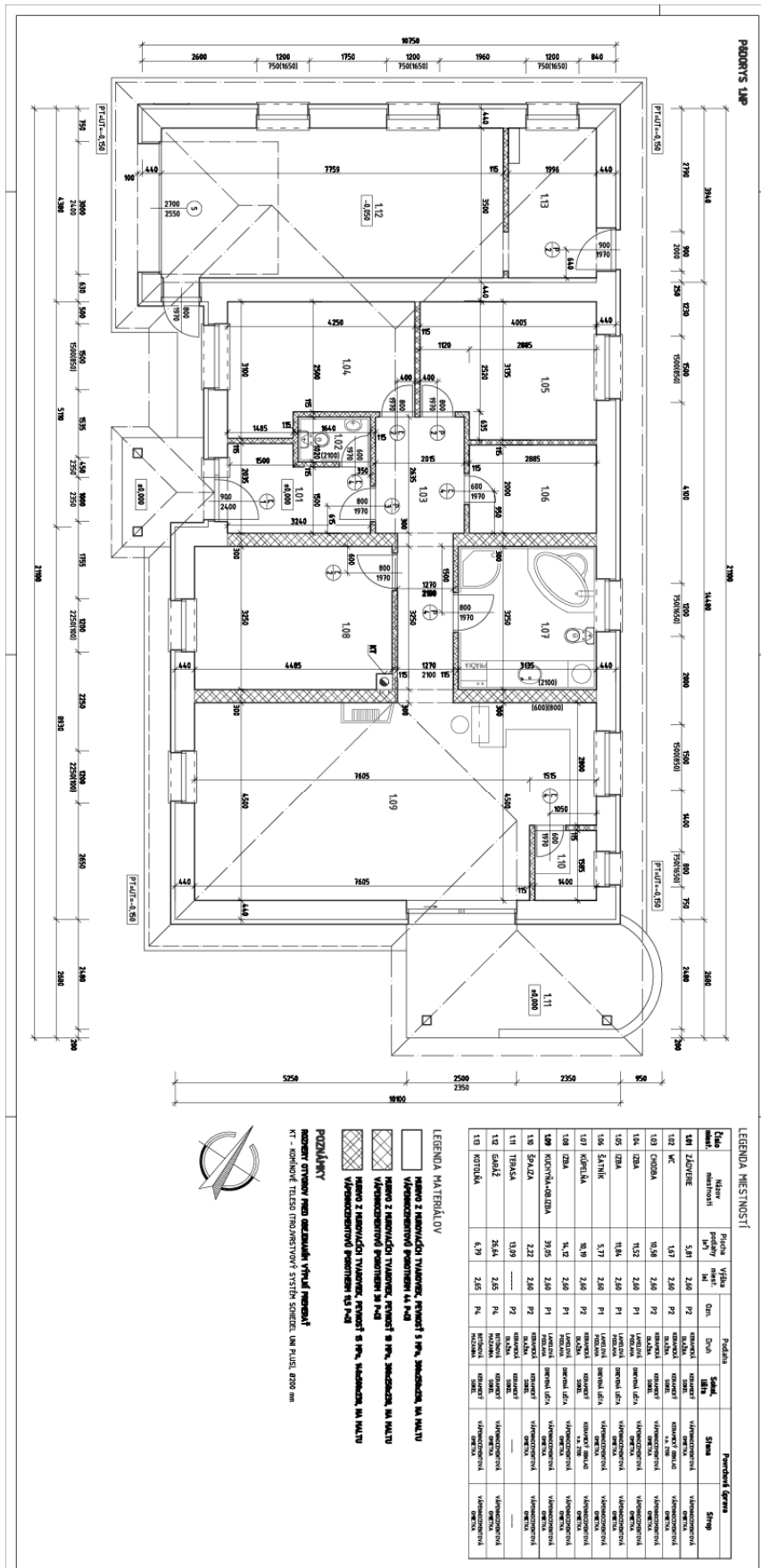
pohybový senzor, senzor intenzity svetla a prijímač
signálu z diaľkového ovládania
napájanie: pomocou DALI
rozhranie: DALI
cena: 8520 Kč/8 ks

PRÍLOHA P IV: PRVKY SYSTÉMU JABLOTRON OASIS

Prvok	Charakteristika
<p>Jablotron JA-82K</p> 	<p>ústredňa napájanie: 230 V/12 V akumulátor pracovná frekvencia: 868 MHz cena: 19320 Kč</p>
<p>Jablotron JA-80V</p> 	<p>kombinovaný komunikátor LAN + telefónna linka napájanie: 12 V rozhranie: Ethernet 10 Base-T/OASIS cena: 2880 Kč</p>
<p>Jablotron JA-80Q</p> 	<p>Modul prenosu fotiek napájanie: 5 V cena: 525 Kč</p>
<p>Jablotron JA-81F-RGB</p> 	<p>bezdrôtová klávesnica napájanie: batéria dosah: 100 m cena: 3048 Kč</p>
<p>Jablotron JA-86W</p> 	<p>kľúčienka napájanie: batéria dosah: 30 m cena: 2036 Kč/4 ks</p>
<p>Jablotron JA-84P</p> 	<p>bezdrôtový PIR detektor s kamerou napájanie: batéria rozlíšenie: 160x128 dosah: 300 m cena: 9648 Kč/3 ks</p>
<p>Jablotron JA-80S</p> 	<p>bezdrôtový požiarňy detektor napájanie: batéria cena: 4161 Kč/3 ks</p>
<p>Jablotron JA-80G</p> 	<p>bezdrôtový detektor horľavých plynov napájanie: batéria cena: 3336 Kč/2 ks</p>
<p>Jablotron JA-80L</p> 	<p>bezdrôtová interiérová siréna napájanie: 230 V dosah: 100 m cena: 1337 Kč</p>

<p>Jablotron JA-80A</p> 	<p>bezdrôtová exteriérová siréna napájanie: batéria dosah: 300 m cena: 2976 Kč</p>
<p>Jablotron JA-82M</p> 	<p>neviditeľný bezdrôtový magnetický detektor otvorenia napájanie: batéria dosah: 200 m cena: 8832 Kč/7 ks</p>
<p>Jablotron JA-81M</p> 	<p>bezdrôtový detektor otvorenia a univerzálny vysielateľ napájanie: batéria dosah: 300 m cena: 1176 Kč</p>
<p>Jablotron JA-83M</p> 	<p>bezdrôtový magnetický detektor otvorenia napájanie: batéria dosah: 300 m cena: 7042 Kč/7 ks</p>
<p>Jablotron JA-85B</p> 	<p>bezdrôtový detektor rozbitia skla napájanie: batéria dosah: 100 m cena: 8316 Kč/7 ks</p>
<p>Jablotron LD-81</p> 	<p>záplavový detektor napájanie: z obvodu JA-81M cena: 300 Kč</p>
<p>Jablotron AC-82</p> 	<p>bezdrôtový modul silových relé napájanie: 230 V cena: 1188 Kč</p>

PRÍLOHA P V: SITUÁČNÉ UMIESTNENIE DOMU



LEGENDA NIESTINOSTI

Kód	Názov miestnosti	Prírodná podoba	Prírodná farba	Prírodná hrúbka	Prírodná výška	Prírodná dĺžka	Prírodná šírka	Prírodná hĺbka	Prírodná hrúbka	Prírodná výška	Prírodná dĺžka	Prírodná šírka	Prírodná hĺbka
101	ZÁSTUPČE	5,81	2,60	P2	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
102	WC	1,47	2,60	P2	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
103	CHODBA	16,58	2,60	P2	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
104	IZBA	11,52	2,60	P1	LEKOVÁ	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
105	IZBA	16,84	2,60	P1	LEKOVÁ	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
106	SÁTNIK	16,10	2,60	P1	LEKOVÁ	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
107	IZBA	16,10	2,60	P1	LEKOVÁ	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
108	IZBA	16,10	2,60	P1	LEKOVÁ	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
109	KUCHYŇA-IZBA	31,05	2,60	P1	LEKOVÁ	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
110	SPALŇA	2,22	2,60	P2	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
111	TERASA	13,99	---	P2	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
112	GAZDÍ	36,64	2,60	P4	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK
113	KOTLIKÁ	6,19	2,60	P4	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK	BRANIK

LEGENDA MATERIÁLOV

- NÁMENNÉ Z KAMENNÝCH TVAROV, PRÍRODÝ S IPE, ZAKRMAČENIA NA PÁLI
- VÝMOKOVÉ POKRYTIE 44 P44
- NÁMENNÉ Z KAMENNÝCH TVAROV, PRÍRODÝ S IPE, ZAKRMAČENIA NA PÁLI
- VÝMOKOVÉ POKRYTIE 81 P81
- NÁMENNÉ Z KAMENNÝCH TVAROV, PRÍRODÝ S IPE, ZAKRMAČENIA NA PÁLI
- VÝMOKOVÉ POKRYTIE 113 P113

POZNÁMKY

KOŽNÝ OTVOR PŘEJDE OBEZNAČENÝ VEŠKÁ PŘEKRYTÍ
 K1 - KOPÍROVÉ TĚLESO (PŘEDNÝMÝ SYSTÉM SÍŤE) ÚM P.Ú.S. 2000 mm

